INFORME FINAL

Proyecto FIPA N° 2016-46:

"Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile"

Elaborada para:

Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura
Ministerio de Economía, Fomento y Turismo
Gobierno de Chile

Presentada por:

CENTRO DE ECOLOGIA APLICADA

15 FEBRERO 2018

COMPOSICIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO

Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura

EQUIPO CONSULTOR: CENTRO DE ECOLOGIA APLICADA

Manuel Contreras Leiva
Jefe de Proyecto
Título: Biólogo
Grado: Doctor en Ecología
Especialista en Sistemas Acuáticos Continentales y en Flora y Fauna Acuática,

Elizabeth Araya Navarrete
Especialista en Invertebrados Acuáticos
Título: Licenciada Biología
Grado: Magister Zoología

Gabriela Mancilla Garrido
Especialista en Invertebrados Acuáticos
Título: Bióloga
Grado: Doctor en. Ciencias Ambientales

Leopoldo Fuentes Benitez
Especialista en Fauna Íctica
Título: Biólogo
Grado: Magister en Ecología

Marta Martin Miner
Especialista en Calidad de Agua y sedimentos
Título: Licenciada en Ciencias Ambientales
Grado: Magister en Calidad de Aguas Continentales

Cristián Ray Badilla
Especialista en Plantas Acuáticas
Título: Biólogo
Grado: Magister (c) Ecología

EQUIPO COLABORADOR: AMAKAIK

Carolina Díaz Pardo
Coordinador de Proyecto
Lic. Ciencias Ambientales c/m Biología
Especialista en Microalgas y Bioseguridad

Flavia Salcedo D.
Especialista en Invertebrados Acuáticos
Lic. Ciencias Ambientales c/m Biología

Magaly Olivares O.
Especialista en Fitoplancton
Jefa Laboratorio AMAKAIK

Úrsula Romero
Apoyo técnico en identificación de microalgas

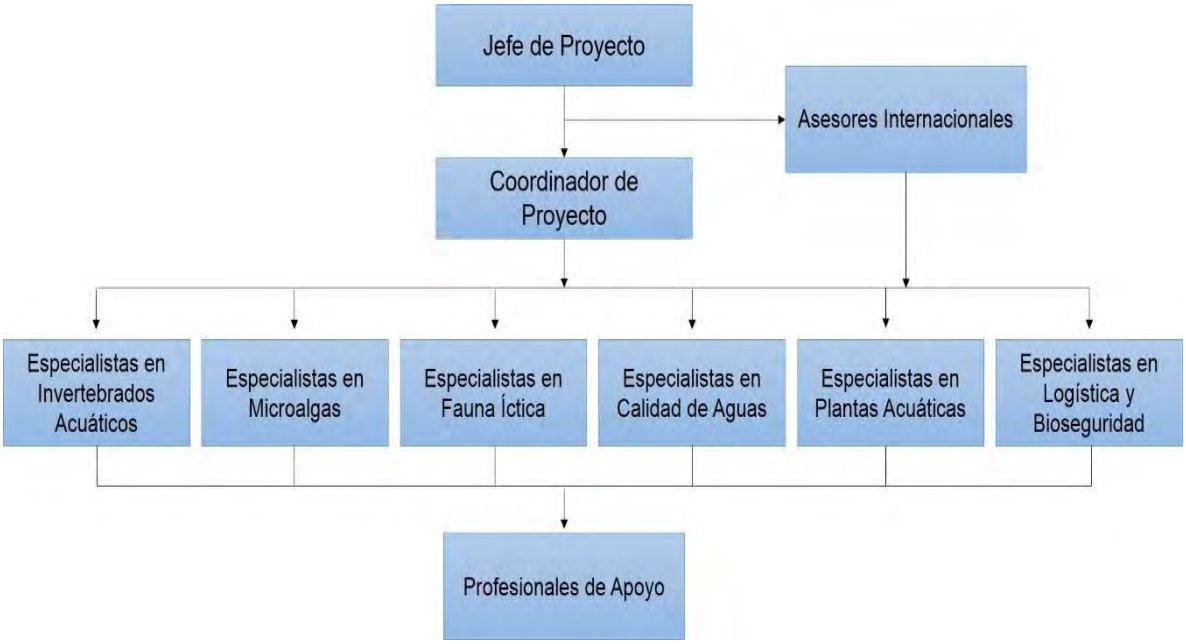
Silvia Rojas
Apoyo en Bioseguridad
Ingeniero en Biotecnología Marina y Acuicultura
Magíster en Ciencias

COLABORADOR: ASESOR INTERNACIONAL

Nora I Maidana
Asesor Internacional
Profesora Adjunta; Facultad de Cs. Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
Especialista en Diatomeas de Aguas Continentales.

Nuria Bonada
Asesor Internacional
Profesor Asociado; Universidad de Barcelona.
Especialista en biodiversidad, ecología fluvial y conservación de los ecosistemas acuáticos.

ORGANIGRAMA



RESUMEN EJECUTIVO

En Chile la Subsecretaría de Pesca ha notado la carencia de instrumentos Guía o base para la elaboración de estudios de línea base y programas de seguimiento ambiental en el caso de la flora y fauna acuática continental, situación que busca suplir el presente estudio, elaborando una Guía metodológica y protocolos de muestreo de la flora y fauna acuática de aguas continentales de Chile.

El presente informe de avance aborda el cumplimiento de los objetivos 1 y 2 del proyecto, detallando las diferentes actividades que fueron llevadas a cabo para dar cumplimiento a la ejecución de la Guía. Para el caso del objetivo 1 “Definir criterios para delimitar áreas de influencia y establecer diseños de muestreo”, se realizó una revisión de todo tipo de información disponible en formato digital, papel u otro medio de visualización, de origen nacional o internacional, mientras que para el objetivo 2 “Determinar el equipamiento mínimo, medidas de seguridad y características del grupo de trabajo que deben implementar este tipo de procesos de muestreo”, se revisó normas, estándares y protocolos existentes en relación a equipamiento, seguridad y características del grupo humano necesarios para llevar a cabo estudios limnológicos. Para ambos objetivos se consideró además el juicio de expertos del equipo consultor.

A partir de la revisión de la información bibliográfica disponible, se encuentra en desarrollo una base de datos con las principales publicaciones encontradas. Dicha base de datos será entregada como producto del desarrollo de la Guía Metodológica en el informe final del presente proyecto, dado que esta será alimentada durante todo el desarrollo de éste.

Se realizaron reuniones periódicas de discusión, de modo de consensuar y ajustar los conceptos plasmados en la Guía, desarrollando como primera actividad la elaboración del índice de la Guía, incluyendo como principales tópicos los aspectos relacionados a los alcances y marco conceptual, los procedimientos para el levantamiento de la información y los requerimientos normativos y legales.

Para dar cumplimiento a los objetivos específicos 1, 2, 3 y 4 del proyecto, el índice propuesto de la Guía fue desarrollado hasta el ítem 2.3, cubriendo los contenidos previos al desarrollo de las metodologías y protocolos propiamente tales.

El capítulo 1 de la Guía referido principalmente al marco conceptual presenta la definición y principales características de sistemas acuáticos y componentes bióticos que aborda el documento. En tanto el capítulo 2 de la Guía considera los procedimientos para el levantamiento de la información en los sistemas y componentes anteriormente señalados, abordando hasta el momento la “Descripción del sistema acuático” (acápite 2.1), “Diseño de muestreo” (acápite 2.2) y “Logística de muestreo” (acápite 2.3). El capítulo 3 consta de la especificación de los protocolos de muestreo para distintos taxa de ecosistemas acuáticos continentales y el capítulo 4 la normativa legal vigente y permisos a considerar a la hora de realizar este tipo de muestreos. El Anexo 1 del presente documento presenta el desarrollo de la Guía para los capítulos y acápites señalados.

INDICE GENERAL

COMPOSICIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO 2

ORGANIGRAMA 4

RESUMEN EJECUTIVO 5

1 OBJETIVOS 8

1.1 Objetivo general 8
1.2 Objetivos específicos 8
1.3 Objetivos adicionales 8

2 ANTECEDENTES 9

3 METODOLOGIAS DE TRABAJO 11

3.1 Objetivo específico 1: Definir criterios para delimitar áreas de influencia y establecer diseños de muestreo. 13
3.2 Objetivo específico 2: determinar el equipamiento mínimo, medidas de seguridad y características del grupo de trabajo que deben implementar este tipo de procesos de muestreo. 14

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 15

4.1 Recopilación y revisión sistemática de la información 15
4.2 Elaboración y desarrollo del Índice de la Guía Metodológica 16
4.3 Marco Conceptual (Capítulo 1 de la Guía) 21
4.4 Procedimientos para el levantamiento de la información (Capítulo 2 de la Guía). 21

5 CONCLUSIONES 23

6 REFERENCIAS 24

7 ANEXOS 24

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fechas de Entrega 12
Figura 2. Carta Gantt del Proyecto 13
Figura 3. Índice de la Guía propuesto. Parte 1. 19
Figura 4. Índice de la Guía propuesto. Parte 2 20

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: “Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile.” 24
Anexo 2: Personal participante por actividad 25

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Elaborar una Guía metodológica y protocolos de muestreo de la flora y fauna acuática de aguas continentales de Chile.

1.2 Objetivos específicos

1. Definir criterios para delimitar áreas de influencia y establecer diseños de muestreo.
2. Determinar el equipamiento mínimo, medidas de seguridad y características del grupo de trabajo que deben implementar este tipo de procesos de muestreo.
3. Establecer procedimientos de muestreo, identificación taxonómica, manejo y preservación de muestras de flora y fauna dulceacuícola.
4. Sistematizar los requerimientos de orden normativo y legal (permisos, certificaciones) para la realización de las labores de muestreo de biota acuática dulceacuícola.

1.3 Objetivos adicionales

5. Realizar un taller de difusión de los productos generados, para las unidades técnicas vinculadas a temáticas ambientales.
6. Generar un video para la capacitación en relación a la Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile.

2 ANTECEDENTES

En Chile, uno de los principales instrumentos para prevenir el deterioro ambiental es el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Este instrumento permite introducir la dimensión ambiental en el diseño y la ejecución de los proyectos y actividades que se realizan en el país; a través de él se evalúa y certifica que las iniciativas, tanto del sector público como del sector privado, se encuentran en condiciones de cumplir con los requisitos ambientales que les son aplicables. En este sentido, todo proyecto o actividad susceptible de causar impacto ambiental, incluidas sus modificaciones, sólo se puede ejecutar o modificar previa evaluación de su impacto ambiental. Esta evaluación se realizará mediante la presentación de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), según corresponda.

En la gestión de los recursos hidrobiológicos, la conservación de los mismos es uno de los aspectos más importantes que se tiene en cuenta para los diferentes usos establecidos en el territorio nacional. Como entidad a cargo de estos recursos, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSP) busca conservar y proteger la calidad y biodiversidad de las aguas continentales de los efectos de las fuentes contaminantes, con la finalidad de establecer un equilibrio del ecosistema acuático. Entre los recursos hidrobiológicos de competencia de la SSP se encuentran todas aquellas especies vegetales y animales que habitan ecosistemas acuáticos continentales. Estos componentes bióticos incluyen las especies que componen el microalgas planctónicas, zooplancton, microalgas bentónicas, zoobentos, plantas vasculares acuáticas y fauna íctica. Esta biota acuática es altamente diversa a lo largo del país, y se caracteriza por su alto grado de endemismo y, en algunos casos, su precario estado de conservación.

Para evaluar el posible impacto ambiental producto de las actividades propias de un proyecto de inversión, es imprescindible contar con estudios de línea base y programas de monitoreo de ecosistemas acuáticos continentales que efectivamente den cuenta de las características de estos sistemas, y de su variabilidad espacial y temporal. Estos estudios deben incluir la descripción y análisis de las principales comunidades acuáticas del sistema a estudiar, detallando su identificación taxonómica, distribución, localización, riqueza, diversidad y abundancia. Además, según sea el caso, se debe especificar la

categoría de conservación de especies que estén sujetas a esta clasificación. Finalmente, es necesario el estudio y descripción de todos aquellos factores abióticos propios del ecosistema acuático monitoreado.

La SSP observa que los estudios de línea base y los programas de seguimiento y monitoreo de la flora y fauna acuática continental propuestos por titulares de proyectos a través del SEIA carecen de un instrumento Guía o base, que les permita identificar los requerimientos mínimos necesarios para lograr describir el estado y dinámica real de la biodiversidad acuática continental de Chile en áreas de influencia de proyectos de inversión y además diseñar programas de monitoreo ambiental *ad hoc* a los impactos ambientales que provocan los proyectos de inversión.

Por consiguiente, la estandarización de protocolos de muestreo y análisis de la información derivada de tales estudios es la manera apropiada de contar con información ambiental de calidad, validada y comparable.

Este estudio busca contar con una Guía y protocolos de muestreo estandarizados de la flora y fauna de ecosistemas acuáticos continentales de Chile, la que podrá ser utilizada a nivel nacional, desde la XV Región de Arica y Parinacota, hasta la XII Región de Magallanes. Esta Guía debe permitir identificar criterios mínimos a considerar en cuerpos y cursos de agua de distinto orden y complejidad, como son los ríos, lagos y humedales, todos adaptados a las distintas tipologías de proyectos, tanto para la elaboración de la línea base, como para el diseño del plan de monitoreo y seguimiento. Cabe señalar que, esta Guía excluye los ecosistemas estuarinos.

A continuación se presenta el informe de avance que aborda el cumplimiento de los objetivos 1 y 2 de la Guía, donde se detallan las diferentes actividades que fueron llevadas a cabo para dar cumplimiento a la ejecución a la Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna en aguas continentales de Chile.

3 METODOLOGIAS DE TRABAJO

A continuación en la Figura 1 se presentan las semanas de cada una de las actividades planificadas para la correcta ejecución del servicio elaboración "**Guía Metodológica y Protocolos de Muestreo de Flora y Fauna Acuática en Aguas Continentales de Chile"**. La Carta Gantt presentada a continuación resume los meses de ejecución de las distintas actividades (Figura 2). La semana de entrega podría variar de la presente propuesta, no el compromiso del mes, estipulado en las bases técnicas de la presente licitación.

A la fecha se han realizado según el Plan de Trabajo las siguientes actividades:

4.1 Entregable 1: Plan de Actividades

Fue enviado en documento Word a Subpesca (Marcelo García) el 8 de agosto 2016; complementariamente fue realizada la presentación del Plan de Actividades en Oficinas de Subpesca en Valparaíso, junto a profesionales de Subpesca y FIPA.

4.2 Entregable 2: Informe de Avance 1

Corresponde a la entrega del documento; para el cumplimiento de los objetivos 1 y 2.

4.3 Entregable 3: Pre Informe Final

Corresponde a la entrega del actual documento; para el cumplimiento de los objetivos 1 y 2, 3 y 4.

ACTIVIDADES	FECHAS DE ENTREGA
1. ADJUDICACION CONTRATO	JUNIO 2016
2. ORDEN DE PROCEDER	JULIO 2016
3. ENTREGABLE 1	AGOSTO 2016
3.1 Enviar Plan de Actividades	1 SEMANA, AGOSTO 2016
3.2 Presentación Plan de Actividades	2 SEMANA, AGOSTO 2016
3.3 Observaciones FIPA	AGOSTO 2016
3.4 Correcciones CEA	AGOSTO 2016
3.5 Plan de Actividades Aprobado	AGOSTO 2016
4. ENTREGABLE 2	
4.1 Desarrollo Objetivo específico 1	CUARTA SEMANA, DICIEMBRE 2017
4.2 Desarrollo Objetivo específico 2	PRIMERA SEMANA, ENERO 2017
4.3 Entrega Informe de Avance 1	07 ENERO 2017
4.4 Observaciones FIPA	CUARTA SEMANA ENERO 2017
4.5 Correcciones CEA	SEGUNDA SEMANA, FEBRERO 2017
4.6 Informe de Avance 1 aprobado	MARZO 2017
5.- ENTREGABLE 3	MAYO 2017
5.1 Desarrollo Objetivo específico 3	2 SEMANA, ABRIL 2017
5.2 Desarrollo Objetivo específico 4	3 SEMANA, ABRIL 2017
5.3 Entrega Pre-Informe Final	07 MAYO 2017
5.4 Observaciones FIPA	3 SEMANA, MAYO 2017
5.5 Correcciones CEA	4 SEMANA, MAYO 2017
5.6 Pre-Informe Final Aprobado	JUNIO 2017
6.- ENTREGABLE 4	
Desarrollo y entrega Informe Final	07 JULIO 2017
Observaciones FIPA	2 SEMANA, JULIO 2017
Informe Final	4 SEMANA, JULIO 2017
7.- ENTREGABLE 5	
Presentación Informe Final (Difusión)	07 SEPTIEMBRE 2017
8.- ENTREGABLE 6	
Entrega DVD Capacitación Guía Metodológica	22 SEPTIEMBRE 2017

Figura 1. Fechas de Entrega

ACTIVIDAD	2016						2017								
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1.- ADJUDICACION DEL CONTRATO															
2.- ORDEN DE PROCEDER															
3.- ENTREGABLE 1															
Documento Plan de Actividades															
Presentación Plan de Actividades															
4.- ENTREGABLE 2															
Objetivo específico 1															
Objetivo específico 2															
Informe de Avance 1															
5.- ENTREGABLE 3															
Objetivo específico 3															
Objetivo específico 4															
Pre-Informe Final															
6.- ENTREGABLE 4															
Informe Final															
7.- ENTREGABLE 5															
Observaciones															
Presentación Informe Final (Difusión)															
8.- ENTREGABLE 6															
DVD Capacitación Guía Metodológica															

Figura 2. Carta Gantt del Proyecto

3.1 Objetivo específico 1: Definir criterios para delimitar áreas de influencia y establecer diseños de muestreo.

Para el cumplimiento de este objetivo, el trabajo se basó fundamentalmente en la información disponible como en el juicio de expertos del equipo consultor. Se realizó una exhaustiva revisión de todo tipo de información disponible en formato digital, papel u otro medio de visualización, de origen nacional o internacional. Las principales fuentes de información que fueron consultadas incluyen artículos científicos de la especialidad, normativa ambiental vigente, base de datos del SEIA (www.sea.gob.cl) y otras guías de protocolos utilizadas en el marco del SEIA. Un aspecto relevante para cumplir con este objetivo fue considerar la naturaleza dinámica de las comunidades acuática (espacial y temporal), la diversidad de ecosistemas acuáticos continentales, la diversidad de proyectos que afectan a la biota acuática, de modo de disponer de criterios mínimos para llevar a cabo la delimitación de áreas de influencia y diseños de muestreo.

3.2 Objetivo específico 2: determinar el equipamiento mínimo, medidas de seguridad y características del grupo de trabajo que deben implementar este tipo de procesos de muestreo.

Para el cumplimiento de este objetivo, se revisó normas, estándares y protocolos existentes en relación a equipamiento, seguridad y características del grupo humano necesarios para llevar a cabo estudios limnológicos. Se consideró además el juicio de expertos del equipo consultor. Respecto a normas y estándares, se realizó una revisión de documentos legales vigentes a nivel nacional, así como también la normativa internacional; particularmente, la de países pioneros en legislación ambiental, como Estados Unidos, Unión Europea, Chile, Australia, Nueva Zelanda y Sudáfrica.

En el desarrollo del acápite referido a las “Metodologías de Muestreo” de la Guía y como parte del objetivo específico 3 se definirá el equipamiento mínimo, medidas de seguridad y características del grupo de trabajo de acuerdo al componente biótico y tipo de ecosistema acuático evaluado. Destacando dentro de las medidas de seguridad aspectos de bioseguridad, en particular referidas al control de la plaga Didymo, describiendo la metodología apropiada para el muestreo de Didymo (Inspección visual del sitio de muestreo, estimación de la cobertura de biomasa de Didymo, y obtención de muestras de microalgas planctónicas).

3.3 Objetivo específico 3: Establecer procedimientos de muestreo, identificación taxonómica, manejo y preservación de muestras de flora y fauna dulceacuícola.

Con el objetivo de establecer los procedimientos de muestreo, identificación taxonómica, manejo y preservación de muestras de flora y fauna dulceacuícola se procedió a realizar una exhaustiva revisión de todo tipo de información disponible en formato digital, papel u otro medio de visualización, de origen nacional o internacional, de protocolos de muestreo de distintos taxa bajo los más altos estándares.

De este modo el presente objetivo de esta guía contribuye a la identificación del nivel taxonómico de resolución en la que se encuentran los distintos componentes de los ecosistemas acuáticos continentales, así como los procedimientos de muestreo,

identificación taxonómica, manejo y preservación de muestras de flora y fauna dulceacuícola, y la elaboración de fichas de metodologías de muestreo por componente y ecosistema, considerando documentos estatales o instituciones con reconocidos altos niveles o estándares de trabajo.

3.4 Objetivo específico 4. Sistematizar los 4.5 requerimientos de orden normativo y legal (permisos, certificaciones) para la realización de las labores de muestreo de biota acuática dulceacuícola.

A objeto de sistematizar los requerimientos de orden normativo y legal (permisos, certificaciones) para la realización de las labores de muestreo de biota acuática dulceacuícola, se realizó una búsqueda y sistematización de todos los requerimientos normativos y legales asociados a procesos de muestreo de biota acuática dulceacuícola necesarios en Chile. En términos generales se presentaron las instituciones gubernamentales y normativas públicas del gobierno de Chile, que se encuentran relacionadas y/o rigen la realización de las labores de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Recopilación y revisión sistemática de la información

A partir de la revisión sistemática de la información bibliográfica disponible, se encuentra en desarrollo una base de datos con las principales publicaciones encontradas en revistas científicas nacionales e internacionales, de preferencia indexadas, además de informes técnicos, libros, guías de procedimientos y normativa y reglamentos pertinentes, con la finalidad de elaborar una revisión robusta y validada de la información. Se utilizaron también términos claves de búsqueda en las plataformas digitales de redes universitarias, revistas científicas, ISI Web, Google Academic y similares. Dicha base de datos será entregada como producto del desarrollo de la Guía Metodológica en el informe final del presente proyecto, dado que esta será alimentada durante todo el desarrollo de éste.

4.2 Elaboración y desarrollo del Índice de la Guía Metodológica

Sumado a la búsqueda y revisión de antecedentes, el equipo de especialistas, realizó periódicas reuniones de discusión, de modo de consensuar y ajustar los conceptos plasmados en la Guía.

Como primera actividad se planteó la elaboración del índice de la Guía, incluyendo como principales tópicos los aspectos relacionados a los alcances y marco conceptual, los procedimientos para el levantamiento de la información y los requerimientos normativos y legales (

INDICE

1 INTRODUCCION 1-3
1.1 Alcances generales 1-3
1.2 Alcance de la guía 1-4
1.3 Marco conceptual 1-5
1.3.1 Ecosistemas acuáticos continentales 1-5
1.3.1.1 Clasificación de Ecosistemas Acuáticos Continentales 1-7
1.3.1.2 Comunidades acuáticas 1-13
2 PROCEDIMIENTO PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN 2-21
2.1 Descripción del ecosistema acuático 2-21
2.1.1 Recopilación de antecedentes del ecosistema acuático objetivo 2-22
2.1.1.1 Caracterización hidrológica 2-22
2.1.1.2 Caracterización morfológica 2-22
2.1.1.3 Caracterización física y química 2-23
2.1.1.4 Caracterización ecológica 2-23
2.1.1.5 Caracterización antrópica 2-23
2.1.1.6 Proyectos de Inversión y áreas de Influencia 2-24
2.1.1.7 Criterios para la delimitación del área de influencia 2-29
2.1.1.8 Otras Áreas dentro del Ecosistema Acuático Continental 2-33
2.1.1.9 Áreas protegidas 2-33
2.2 Diseño de muestreo 2-34
2.2.1 Tipos de muestreo 2-37
2.2.2 Diseño muestral 2-38
2.2.3 Frecuencia de muestreo 2-40
2.3 Logística del Muestreo 2-41
2.3.1 Generación Cartografía con puntos de muestreo probables 2-43
2.3.2 Revisión de vías de acceso a los diferentes sectores del cuerpo acuático y al área de estudio 2-44
2.3.3 Elaboración de un programa de trabajo 2-44
2.3.4 Coordinación del equipo de profesionales en terreno 2-45
2.3.5 Logística de la campaña de terreno 2-46
2.3.6 Documentos relevantes 2-46
2.3.7 Medidas de seguridad 2-47
3 REFERENCIAS 3-48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1Tipos de mesohábitat en ecosistemas ríos 1-10
Tabla 2-1: Descripción de los tipos de proyectos de inversión categorizados por sector ... 2-25

Figura 3 y **Figura 4**).

Para dar cumplimiento a los objetivos específicos 1, 2, 3 y 4 del proyecto, el índice propuesto de la Guía fue desarrollado hasta el ítem 2.3, cubriendo los contenidos previos al desarrollo de las metodologías y protocolos propiamente tales.

INDICE

1 INTRODUCCION 1-3
1.1 Alcances generales 1-3
1.2 Alcance de la guía 1-4
1.3 Marco conceptual 1-5
1.3.1 Ecosistemas acuáticos continentales 1-5
1.3.1.1 Clasificación de Ecosistemas Acuáticos Continentales 1-7
1.3.1.2 Comunidades acuáticas 1-13
2 PROCEDIMIENTO PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN 2-21
2.1 Descripción del ecosistema acuático 2-21
2.1.1 Recopilación de antecedentes del ecosistema acuático objetivo 2-22
2.1.1.1 Caracterización hidrológica 2-22
2.1.1.2 Caracterización morfológica 2-22
2.1.1.3 Caracterización física y química 2-23
2.1.1.4 Caracterización ecológica 2-23
2.1.1.5 Caracterización antrópica 2-23
2.1.1.6 Proyectos de Inversión y áreas de Influencia 2-24
2.1.1.7 Criterios para la delimitación del área de influencia 2-29
2.1.1.8 Otras Áreas dentro del Ecosistema Acuático Continental 2-33
2.1.1.9 Áreas protegidas 2-33
2.2 Diseño de muestreo 2-34
2.2.1 Tipos de muestreo 2-37
2.2.2 Diseño muestral 2-38
2.2.3 Frecuencia de muestreo 2-40
2.3 Logística del Muestreo 2-41
2.3.1 Generación Cartografía con puntos de muestreo probables 2-43
2.3.2 Revisión de vías de acceso a los diferentes sectores del cuerpo acuático y al área de estudio 2-44
2.3.3 Elaboración de un programa de trabajo 2-44
2.3.4 Coordinación del equipo de profesionales en terreno 2-45
2.3.5 Logística de la campaña de terreno 2-46
2.3.6 Documentos relevantes 2-46
2.3.7 Medidas de seguridad 2-47
3 REFERENCIAS 3-48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1Tipos de mesohábitat en ecosistemas ríos 1-10
Tabla 2-1: Descripción de los tipos de proyectos de inversión categorizados por sector ... 2-25

Figura 3. Índice de la Guía propuesto. Parte 1.

Tabla 2-2 Criterios para la delimitación del área de influencia según proyecto de inversión, por ecosistema acuático y taxa involucrados 2-31

Tabla 2-3 Estamentos o instituciones internacionales que cuentan con guías metodológicas o manuales 2-41

Tabla 2-4 Equipamiento de muestreo para los distintos taxa estudiados en los ecosistemas acuáticos continentales en Chile. 2-42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: A) Clasificación de ecosistemas acuáticos continentales establecido para Chile y cuerpos de agua representativos para cada categoría. B) Número de cuerpos de agua continentales distribuídos por región en Chile. Datos cuantitativos extraídos de la guía CONAMA-CEA, 2006. C) Distribución de los ecosistemas acuáticos continentales agrupados por región. 1-6

Figura 1-2. Fluviogramas de ríos con distinto régimen de caudal. a) régimen glacial, b) régimen nival, c) régimen pluvial y d) régimen mixto. 1-9

Figura 1-3 Descripción de la presencia de rápido, pozón y aguas corrientes en ríos 1-11

Figura 1-4. Principales zonas que se distinguen en un cuerpo de agua lacustre 1-12

Figura 2-1. Métodos gráficos para estimar el tamaño de la muestra. a) Para valores medios de una variable dada. b) Para la riqueza de especies en una comunidad de organismos. La flecha indica el tamaño apropiado para el ejemplo. 2-36

Figura 2-2. Tipos de muestreo. a: aleatorio, b: regular, c: estratificado 2-38

Figura 2-3. Ejemplo hipotético del diseño BACI 2-40

Figura 2-4. Ejemplo hipotético del diseño BACI con efectos acumulativos en el tiempo en la zona de impacto 2-40

Figura 2-5. Ejemplo de registro de actividades de terreno 2-45

Figura 4. Índice de la Guía propuesto. Parte 2

4.3 Marco Conceptual (Capítulo 1 de la Guía)

El desarrollo del marco conceptual consideró para cada componente o grupo los siguientes alcances:

- Definición
- Distribución y hábitat
- Aspectos taxonómicos generales
- Categoría de Conservación

Respecto de la definición de cada componente biológico, se discute, según sea pertinente para los grupos que poseen diversidad de conceptos operacionales, la utilización de los más adecuados en términos teóricos (ej: perifiton/fitobentos/microalgas bentónicas). Además, se evalúa la inclusión de ciertos grupos taxonómicos/funcional dentro de un componente biológico determinado (ej: plantas vasculares/macrófitas; helófitas/hidrófitas).

Cabe destacar que en este capítulo se incorporaron otros grupos biológicos de importancia limnológica (anfibios, mamíferos y aves, entre otros), que se encuentran dentro de las competencias sectoriales de otros servicios del Estado (Ej: SAG, DGA y CONAF). Esto impone una limitación respecto del desarrollo de las metodologías para estos grupos, como propuesta consideramos importante dejarlos en esta Guía, e indicar que los procedimientos y metodologías de muestreo se deben basar según sus Guías específicas.

El desarrollo completo de este tópico se encuentra *in extenso* en el Anexo 1 del presente informe “Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile”.

4.4 Procedimientos para el levantamiento de la información (Capítulo 2 de la Guía).

Este capítulo considera 6 tópicos relevantes: 2.1. Descripción del sistema acuático; 2.2. Diseño de muestreo; 2.3. Logística de muestreo; 2.4. Metodologías de muestreo; 2.5. Bioseguridad; 2.6. Análisis de la información. De estos, los tres primeros fueron desarrollados como parte de este informe. Estos corresponden al levantamiento de la Información previo a las metodologías de muestreo propiamente tales (Ítem 2.4, Anexo 1).

Cabe destacar que el capítulo 2 es el que concentra la información esencial de la Guía para dar cumplimiento al objetivo general del proyecto. El ítem 2.1 plantea un desafío para el equipo técnico, dado que considera conceptos que son tratados de manera ambigua o no tratados debidamente, tanto en la legislación chilena como en la literatura especializada, como son los conceptos de “área de Influencia directa e indirecta” y “proyecto de inversión”. Este carácter conceptual genera un espacio de discusión entre la autoridad y el equipo de especialistas, de modo que en consenso surjan los lineamientos y el marco regulatorio en los que se sitúen los procedimientos y protocolos de muestreo y análisis de los distintos componentes limnológicos.

En el Anexo 1 del presente informe “Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile”, se desarrollan los tópicos señalados para este capítulo.

4.5 Metodologías de muestreo (Capítulo 3 de la Guía).

Para establecer los procedimientos de muestreo, identificación taxonómica, manejo y

Preservación de muestras de flora y fauna dulceacuícola, se elaboraron fichas de metodologías de muestreo por componente y ecosistema, considerando loos documentos estatales o instituciones que presenten el más alto nivel o los más altos estándares de trabajo.

4.6 Normativa legal vigente para Chile (Capítulo 4 de la Guía).

Para el correcto desarrollo de las distintas metodologías de muestreo detalladas en esta guía es necesario contar con el conocimiento de los requerimientos de orden normativo y legal. En términos generales el diagrama presentado a continuación muestra las instituciones gubernamentales y normativas públicas del gobierno de Chile, que se encuentran relacionadas y/o rigen la realización de las labores de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile.

5 CONCLUSIONES

- De la recopilación de antecedentes y revisión bibliográfica de literatura nacional e internacional realizada se generó un índice de la Guía metodológica, que considera los aspectos conceptuales y metodológicos asociados al estudio de la flora y fauna acuática continental de Chile.
- Este informe de avance incluye el desarrollo de la Guía, formada por el marco conceptual (ecosistemas acuáticos continentales y comunidades acuáticas), procedimientos para el levantamiento de la información (descripción del sistema acuático, diseño de muestreo y logística de muestreo), metodologías de muestreo de los componentes taxonómicos para distintos ecosistemas acuáticos continentes y capítulo 4 de los requerimientos normativos y legales.
- Para efectos prácticos de esta Guía se propone utilizar para los distintos grupos biológicos determinados conceptos, dada la diversidad de estos, discutiendo la terminología más apropiada, precisa y pertinente para abordar cada componente.
- Algunos de los conceptos discutidos no se encuentran debidamente definidos tanto en la normativa chilena como en la literatura especializada. Se plantea un llegar a un consenso con la autoridad de modo de llegar a definiciones operacionales para efectos de esta Guía.

6 REFERENCIAS

Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder, and J.B. Stribling. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.

Bonar, S. A., W. Hubert, D. Willis, M. Brouder, and A. Iles. 2009. Standard sampling methods for North American freshwater fishes: Averages and standards for commonly used fisheries indices. Desert Fishes Council, Cuatro Cienegas, Coahuila, Mexico, November 16-20, 2005.

Downing, J.A. and F.H. Rigler (eds.). 1984. *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters.* Blackwell Scientific Publications. Oxford, England
Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H.-R., and Huntley, M. (Eds.): ICES Zooplankton Methodology Manual, Academic Press, London, 684 pp., 2000.

Hoffman, R.L., Tyler, T.J., Larson, G.L., Adams, M.J., Wente, Wendy, and Galvan, Stephanie, 2005, Sampling protocol for monitoring abiotic and biotic characteristics of mountain ponds and lakes: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 2-A2, 90 p.
Sooley, D.R. Luiker E.A., & Barnes , M.A, 1998. Standard Methods Guía for freshwater fish and fish habitat Surveys in Newfoundland and Labrador: Rivers & Streams Fisheries and Oceans , St. John´s, NF., iii-50pp.

7 ANEXOS

Anexo 1: "Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile."

El Anexo 1 se adjunta al presente documento en un archivo Word bajo el nombre de "Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile".

Anexo 2: Personal participante por actividad

Personal	Equipos	Cargo	Objetivo asociado	Tópico involucrado	Mes 1-2	Mes 3-4	Mes 5-6	Mes 7-8	Mes 9-10	Mes 11-12	Total
Manuel Contreras	CEA	Jefe de Proyecto	Actividades asociadas al cumplimiento de los objetivos específicos 1, 2, 3 y 4	Fauna íctica	40	40	40	30	30	20	**200**
Carolina Díaz	AMAKAIK	Coordinador de Proyecto			30	30	30	30	30	20	**170**
Elizabeth Araya	CEA	Especialista		Invertebrados acuáticos	50	80	60	20	20	10	**240**
Leopoldo Fuentes	CEA	Especialista		Fauna íctica	50	80	60	20	20	10	**240**
Gabriela Mancilla	CEA	Especialista	Actividades asociadas al cumplimiento de los objetivos específicos 2, 3	Invertebrados acuáticos	50	80	80	80	80		**370**
Flavia Salcedo	AMAKAIK	Especialista		Invertebrados acuáticos	50	80	80	80	80		**370**
Marta Martin	CEA	Especialista (Apoyo técnico)		Calidad de aguas	40	60	60	20	20		**200**
Cristian Ray	CEA	Especialista		Plantas acuáticas	40	60	60	20	20		**200**
Silvia Rojas	AMAKAI	Personal de Apoyo	Actividades asociadas al cumplimiento de los objetivos específicos 1, 2 y 3	Bioseguridad	40	60	60				**160**
Úrsula Romero	AMAKAIK	Personal de apoyo	Actividades asociadas al cumplimiento del objetivo específico 3	Microalgas	60	60	60				**180**
Magaly Olivares	AMAKAI	Especialista	Actividades asociadas al cumplimiento de los objetivos específicos	Microalgas	40	60	60	20	20		**200**
Nora Maidana	Universidad de Buenos	Asesor Especialista		Microalgas	4	4	4	4	12		**28**

Aires	2, 3							
Total		**494**	**694**	**654**	**324**	**332**	**60**	**2558**

Lo anterior se encuentra relacionado con los roles de cada uno de los cargos propuestos para el correcto desarrollo de la Guía Metodológica y Protocolos de Muestreo de la flora y fauna acuática continental en Chile. Los que se identifican a continuación:

Manuel Contreras:

- Responsable de la correcta ejecución de cada una de las actividades comprometidas en la presente propuesta, ya sea en los aspectos técnicos como en el cumplimiento de las fechas de entrega de cada uno de los Entregables.
- Responsable de la comunicación con el Consejo FIPA, Subsecretaría de Pesca u otra entidad pública para el aseguramiento de las actividades asociadas al actual proyecto.
- Responsable de la aprobación técnica de todos los Entregables en las fechas comprometidas.
- Expositor de las diferentes presentaciones que sean requeridas en el desarrollo de la presente guía.

Carolina Díaz:

- En conjunto con el jefe de proyecto, velar por la correcta ejecución de cada una de las actividades comprometidas en la presente propuesta, ya sea en los aspectos técnicos como en el cumplimiento de las fechas de entrega de cada uno de los Entregables.
- Responsable de coordinar el trabajo dentro del Equipo Consultor y Colaborador, para el desarrollo de cada uno de los objetivos de la presente guía.
- Responsable de la revisión de los Entregables en las fechas comprometidas.
- En caso que el jefe de proyecto se vea imposibilitado en algunas actividades propuestas, el coordinador puede reemplazarlo, principalmente en actividades como las comunicaciones con la Subsecretaría de Pesca y/o Consejo FIPA; y presentación de algunas temáticas requeridas en el desarrollo de la presente guía.

Especialistas:

- Ejecución, desarrollo y cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos.
- Revisión de cada capítulo de la Guía Metodológica

Personal de apoyo:

- Apoyo en la ejecución y cumplimento de cada uno de los objetivos específicos.

Asesor especialista:

- Contribuir en la discusión y resolución de las diferentes actividades asociadas al cumplimiento de cada uno de los objetivos propuestos.
- Contribuir y compartir el conocimiento generado en sus respectivos países para perfeccionar y mejorar la presente guía metodológica.

Proyecto FIPA N° 201646

“Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile.”

Anexo 1. Informe Final

Elaborado para:

Presentado por:

15 de diciembre de 2018

CONTROL REVISIÓN DOCUMENTOS				
Versión	**Fecha**	**Elaborado por:**	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
V0	15-02-2018	Leopoldo Fuentes Natalia Muñoz Carolina Diaz	Elizabeth Araya	Manuel Contreras

INDICE

1 Introduccion 4
1.1 Alcances generales 4
1.2 Alcance de la guía metodológica 5
1.3 Marco conceptual 6
1.3.1 Ecosistemas acuáticos continentales 6
1.3.1.1 Clasificación de Ecosistemas Acuáticos Continentales 9
1.3.1.2 Comunidades biológicas en Ecosistemas Acuáticos Continentales 15
2 Descripción del ecosistema acuático 23
1.1 Recopilación de antecedentes del ecosistema acuático objetivo 23
1.1.1 Caracterización hidrológica 23
1.1.2 Caracterización morfológica 24
1.1.3 Caracterización física y química del agua 24
1.1.4 Caracterización ecológica 24
1.1.5 Caracterización usos antrópicos 25
1.2 Proyectos de Inversión y áreas de influencia 25
1.2.1 Proyectos de Inversión 25
1.1.6 Área de Influencia 27
1.1.7 Tipos de Impactos 27
1.2.1.1 Impactos Estructurales. 28
1.2.1.2 Impactos Funcionales 28
1.1.8 Áreas de Importancia ambiental (AIA) 29
1.1.9 Criterios para la delimitación del área de influencia en ecosistemas acuáticos 29
1.2.1.3 Etapa 2 Naturaleza del Ecosistema Acuático (Receptor del Impacto) 30
1.2.1.4 Etapa 3 Identificación de la Flora y Fauna acuática posiblemente afectada por las partes, obras y acciones del Proyecto 30
1.2.1.5 Etapa 4 Identificación Área de Importancia Ecológicas (AIE) 31
1.2.1.6 Etapa 5 Delimitación espacial del Área de Influencia 31
1.1.10 Otras Áreas dentro del Ecosistema Acuático Continental 34
1.2.1.7 Área de estudio 34
1.2.1.8 Áreas protegidas 34
3 Diseño de muestreo 34
2.1 Tipos de muestreo 37
2.2 Diseño muestral 38
2.3 Frecuencia de muestreo 40
4 Metodologías de Muestreo 43
4.1 Metodología de trabajo 43
4.2 Protocolos de muestras de flora y fauna dulceacuícola 49
4.2.1 Protocolo de muestreo de Fitoplancton 54

4.2.2 Protocolo de muestreo de Zooplancton 60
4.2.3 Protocolo de muestreo de Perifiton 66
4.2.4 Protocolo de muestreo de Zoobentos 71
4.2.5 Protocolo de muestreo de Fauna íctica 79
4.2.6 Protocolo de muestreo de Macrófitas 87
4.2.7 Protocolo de muestreo de Lontra provocax (Huillín o nutria de río) 92
4.3 Logística de la campaña de terreno 95
4.3.1 Generación Cartografía con puntos de muestreo probables 95
4.3.2 Revisión de vías de acceso a los diferentes sectores del cuerpo acuático y al área de estudio 96
4.3.3 Elaboración de un programa de trabajo en terreno 97
4.3.4 Documentos relevantes 98
4.3.5 Medidas de seguridad 98
4.3.6 Características del equipo de profesionales en terreno 99
4.3.7 Equipamiento mínimo para el muestreo de distintos taxa de ecosistemas acuáticos continentales 99
5 Normativa legal vigente para chile 100
5.1 Metodología de trabajo 100
5.2 Solicitud de autorización al SHOA para efectuar estudios sobre recursos hidrobiológicos en aguas continentales 102
5.3 Solicitud de permiso de Pesca de Investigación: 103
5.3.1 Avisos de los muestreos a la autoridad 104
5.4 Avisos detección de plagas a la autoridad 105
5.4.1 Envío de base de datos a la autoridad 105
5.5 Temporadas de Veda 108
5.6 Estados de conservación 109
5.7 Laboratorios certificados 110
5.8 ETFAs e inspectores ambientales. 112
6 REFERENCIAS 113
7 ANEXOS 122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1Tipos de mesohábitat en ecosistemas ríos 12
Tabla 2-1: Descripción de los tipos de proyectos de inversión categorizados por sector 26
Tabla 2-2 Criterios para la delimitación del área de influencia según proyecto de inversión, por ecosistema acuático y taxa involucrados 32
Tabla 2-3 Organismos o instituciones internacionales que cuentan con guías metodológicas o manuales para el muestreo de flora y fauna acuática continental 44
Tabla 2-4 Equipamiento de muestreo para los distintos taxa estudiados en los ecosistemas acuáticos continentales en Chile. 122

Tabla 2-5 Equipamiento básico para muestreo de distintos taxa estudiados en los ecosistemas acuáticos continentales en Chile. T: trabajo en terreno. G: trabajo en gabinete. FP: material utilizado sólo para fitoplancton, FP: material utilizado sólo para fitobentos 123
Tabla 2-6 Instrumentos para la medición de distintos taxa estudiados en los ecosistemas acuáticos continentales en Chile. FP: material utilizado sólo para fitoplancton, FP: material utilizado sólo para fitobentos..... 123
Tabla 2-7 Elementos de protección personal y materiales para el muestreo de distintos taxa estudiados en los ecosistemas acuáticos continentales en Chile. FP: material utilizado sólo para fitoplancton, FP: material utilizado sólo para fitobentos... **¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: A) Clasificación de ecosistemas acuáticos continentales establecido para Chile y cuerpos de agua representativos para cada categoría. B) Número de cuerpos de agua continentales distribuídos por región en Chile. Datos cuantitativos extraídos de la guía CONAMA-CEA, 2006. C) Distribución de los ecosistemas acuáticos continentales agrupados por región. 8
Figura 1-2. Fluviogramas de ríos con distinto régimen de caudal. a) régimen glacial, b) régimen nival, c) régimen pluvial y d) régimen mixto. 11
Figura 1-3 Descripción de la presencia de rápido, pozón y aguas corrientes en ríos 12
Figura 1-4. Principales zonas que se distinguen en un cuerpo de agua lacustre 13
Figura 2-1. Métodos gráficos para estimar el tamaño de la muestra. a) Para valores medios de una variable dada. b) Para la riqueza de especies en una comunidad de organismos. La flecha indica el tamaño apropiado para el ejemplo. 36
Figura 2-2. Tipos de muestreo. a: aleatorio, b: regular, c: estratificado 37
Figura 2-3. Ejemplo hipotético del diseño BACI 39
Figura 2-4. Ejemplo hipotético del diseño BACI con efectos acumulativos en el tiempo en la zona de impacto 40
Figura 2-5. Ejemplo de registro de actividades de terreno 98

1 INTRODUCCION

1.1 Alcances generales

En el contexto de la Ley de Medio Ambiente N° 19.300, se establece que la Evaluación de Impacto Ambiental es el procedimiento orientado a determinar si existe impacto y si dicho impacto se ajusta o no a la normativa vigente. Tal procedimiento, debe contemplar mecanismos a través de los cuales se determine el referido impacto y su significancia, así como el cumplimiento de las normas ambientales aplicables. La Ley N° 19.300 y sus modificaciones sobre Bases Generales del Medio Ambiente, establece que dicho procedimiento está a cargo del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).

Por consiguiente, la Evaluación de Impacto Ambiental en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), se basa en el análisis de las partes, obras y acciones de un proyecto o actividad a ejecutarse y como éstas alteran los componentes del medio ambiente involucrados. Tal ejercicio se realiza previo a la ejecución del proyecto o actividad y, por lo tanto, se basa en una predicción de la evolución de los componentes del medio ambiente en los escenarios con y sin proyecto.

Para la determinación de impactos, corresponde el análisis del artículo 11 de la Ley de Medio Ambiente, donde se establece que los proyectos que se sometan al SEIA requieren la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) si generan o presentan *Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire* o, en caso contrario, sólo requieren una Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Por tanto, la evaluación de los efectos adversos significativos sobre los recursos naturales renovables es una de las exigencias que debe enfrentar todo proyecto o actividad que se somete al SEIA, ya sea para justificar su inexistencia o para establecer las medidas que los eviten, mitiguen, reparen o compensen.

Deberán describirse aquellos elementos del medio ambiente que se encuentren en el área de influencia del proyecto y que dan origen a la necesidad de presentar un EIA, en consideración a los efectos, características o circunstancias referidas en el artículo 11 de la Ley. El Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. N° 40/2012 del MMA) especifica que esta descripción incluirá, a los los *Ecosistemas Acuáticos Continentales*, los cuales abordan las características físicos y químicas de las aguas y sedimentos y también comprenderá la identificación, ubicación, distribución y abundancia de las especies de los distintos grupos biológicos que componen el ecosistema, con particular atención en aquellas especies que se encuentren en alguna categoría de conservación de conformidad a lo señalado en el artículo 37 de la Ley.

Es en este contexto que se requiere contar con una guía metodológica que tenga protocolos estandarizados, que permita elaborar una descripción detallada de la flora y fauna acuática.

Cabe mencionar que algunas de las instituciones con competencia para la revisión sectorial de los estudios de línea de base referidos a ecosistemas acuáticos continentales son la Subsecretaria de Pesca y Acuicultura (Subpesca), el Servicio Nacional de Pesca (Sernapesca), la Dirección General de Aguas (DGA), el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR), Vialidad, el Ministerio de Obras Públicas (MOP), Ministerio de Energía y municipios relacionados con el área de influencia de los proyectos. En tanto, la

fiscalización de los planes de seguimiento ambiental le corresponde a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

1.2 Alcance de la guía metodológica

En Chile existen diversos tipos de proyectos que se vinculan directa o indirectamente con ecosistemas acuáticos continentales generando impactos sobre ellos. Se reconoce que al menos los proyectos de los sectores productivos de energía, equipamiento, infraestructura hidráulica, infraestructura portuaria, infraestructura de transporte, instalaciones fabriles, minería, pesca/acuicultura, agropecuario, forestal, planificación territorial e inmobiliarios y el de saneamiento ambiental, pueden vincularse con ecosistemas acuáticos continentales, provocando alteraciones en su flora y fauna. En aquellos casos en que los proyectos ingresan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), deben elaborar una **línea de base** que represente adecuadamente el estado actual del ecosistema, así como, posteriormente deben llevar a cabo un **plan de seguimiento ambiental**, que dé cuenta de la evolución de las variables descriptoras y de las medidas de manejo adoptadas.

Lo anterior determina la necesidad de contar con lineamientos que garanticen que estas líneas de base o monitoreos se realizan bajo estándares nacionales e internacionales, es decir, que los protocolos y metodologías den cuenta de las características ambientales de cada ecosistema. Ello permite lograr el objetivo de contar con información ambiental de calidad, representativa, validada y comparable, siendo esto el objetivo central de contar con una **guía metodológica**.

Cabe mencionar que la institución responsable para proponer criterios para la conservación de los recursos hidrobiológicos en Chile es la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, siendo también la autoridad competente con opinión sectorial acerca de los proyectos sometidos al SEIA. Entre los recursos hidrobiológicos de competencia de esta Subsecretaría, se encuentra la flora y fauna acuática continental, correspondiente a especies que habitan en ecosistemas acuáticos tales como ríos, lagos y otros humedales. En términos generales, estos componentes bióticos incluyen las comunidades de microalgas planctónicas (fitoplancton) y bentónicas (fitobentos), plantas vasculares acuáticas, invertebrados planctónicos (zooplancton) y bentónicos (zoobentos), ictiofauna, anfibios, mamíferos y aves acuáticas, todos grupos altamente heterogéneos a lo largo del país, singulares por su alto grado de endemismo y, en general, amenazados en lo referente a su estado de conservación.

Considerando tales antecedentes, la presente guía tiene como objetivos específicos incluir y definir:

a) Criterios para delimitar áreas de influencia y establecer diseños de muestreo.
b) Establecer procedimientos y/o protocolos de muestreo, manejo y preservación de muestras, identificación taxonómica y análisis de flora y fauna dulceacuícola.
c) Sistematizar los requerimientos de orden normativo y legal para la realización de las labores de muestreo de flora y fauna acuática continental.
d) Determinar el equipamiento mínimo, medidas de seguridad y características del grupo de trabajo que deben implementar este tipo de procesos de muestreo.

1.3 Marco conceptual

1.3.1 Ecosistemas acuáticos continentales

Los ecosistemas acuáticos continentales son una variedad de masas de agua naturales (arroyos, ríos, llanuras inundadas, lagos, pantanos, etc.) y también formadas por el hombre (embalses, arrozales, canales de irrigación) (FAO 2001-2016).

A pesar de su gran variedad, estos ecosistemas representan sólo el 1% del total de la superficie terrestre, caracterizándose por albergar a una amplia diversidad de organismos, contabilizándose unas 100.000 especies acuáticas, por ejemplo, para los peces, con 10.000 especies, representa un 40% del total de las especies descritas a nivel mundial (FAO 2001-2016)

Múltiples han sido las definiciones de ecosistemas acuáticos tanto a nivel internacional como nacional, dependientes tanto del enfoque como de su uso. En Chile, la definición oficial establecida actualmente es la de RAMSAR para la convención sobre ecosistemas acuáticos, que define a estos últimos como: “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Ramsar 2006).

Contar con una clasificación de los ecosistemas acuáticos continentales del territorio nacional, que permita agrupar e identificar los tipos de cuerpos de agua existentes, contribuye al manejo y gestión de estos, tanto a macroescala como en aquellos cuerpos particulares. Variadas han sido las revisiones y propuestas de clasificación generadas para Chile, siendo los trabajos realizados por CONAMA-CEA (2006, CONAMA-U. de Chile (2010) y CONAMA-CEA coincidentes en su clasificación (MMA-CEA-2011).

La clasificación operativa de los ecosistemas acuáticos continentales actuales, relacionada con la relevancia ecológica de los ecosistemas y utilizada a lo largo de esta guía, clasifica a los cuerpos de agua en **tres categorías: Ríos, Lagos y Humedales** (**Figura 1-1A**). Cada una de estas categorías se encuentra formada por diversos cuerpos de agua los que son diferenciados por medio de distintos predictores o criterios y que pueden ser consultados en el documento: “Conservación de Ecosistemas acuáticos continentales y su biodiversidad, implementación de metodologías y desarrollo de herramientas para la planificación, evaluación y priorización de Ecosistemas” (MMA-CEA-2011).

Si bien los tres tipos de cuerpos de agua se encuentran presentes a lo largo del territorio nacional (**Figura 1-1B**), en general, en relación con su representatividad, cantidad y superficie, pueden ser característicos de algunas regiones (**Figura 1-1C**).

Si bien los tres tipos de cuerpos de agua se encuentran presentes a lo largo del territorio nacional (**Figura 1-1B**), en general, en relación a su representatividad, cantidad y superficie, pueden ser característicos de algunas regiones (**Figura 1-1C**).

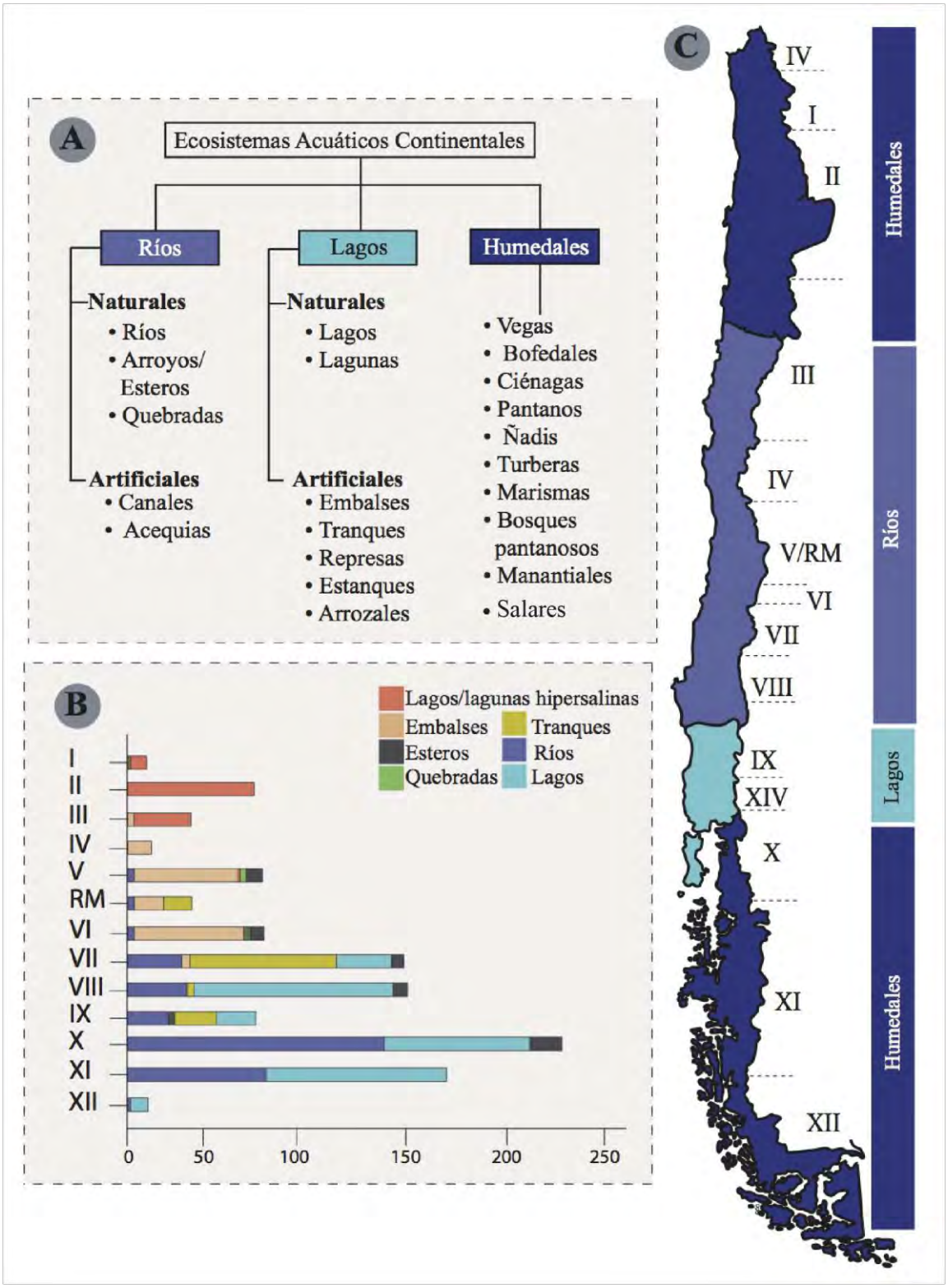


Figura 1-1: A) Clasificación de ecosistemas acuáticos continentales establecido para Chile y cuerpos de agua representativos para cada categoría. B) Número de cuerpos de agua continentales distribuidos por región en Chile. Datos cuantitativos extraídos de la guía CONAMA-CEA, 2006. C) Distribución de los ecosistemas acuáticos continentales agrupados por región.

1.3.1.1 Clasificación de Ecosistemas Acuáticos Continentales

1.3.1.1.1 Ecosistemas lóticos: Ríos

Abarca cuerpos de agua como ríos, arroyos y afloramientos, los que corresponden a sistemas acuáticos con corriente de agua. Acequias y canales construidos por el hombre también pueden incluirse dentro de este tipo de sistema (Ramírez y San Martín 2006). Los ríos se pueden considerar como corrientes de aguas que fluyen con continuidad y forman parte de la red de drenaje dentro de las cuencas hidrográficas (DGA 2016). Típicamente para los ríos a lo largo de su desarrollo longitudinal se definen dos zonas principales (Welcomme 1985):

a) **Ritrón:** Definido por Welcomme (1985) como la región que se extiende desde el origen del río (cabecera) hasta el punto donde las temperaturas medias mensuales pueden alcanzar hasta los 20°C, donde las concentraciones de oxígeno son siempre altas, el flujo es rápido y turbulento, con un lecho compuesto de rocas, piedras o grava, con parches ocasionales de arena o limo. Campos (1985) por otra parte, caracteriza a esta zona como formada por ríos de primer orden[1], con un alto gradiente que genera corrientes de gran velocidad, con aguas sobresaturadas de oxígeno, bajo caudal y sustrato de piedras o guijarros con arena.

b) **Potamón:** De acuerdo a Welcomme (1985) es la región donde las temperaturas medias mensuales sobrepasan los 20°C, puede ocurrir déficit de oxígeno, el flujo es lento y el lecho es principalmente arena o lodo. En tanto, Campos (1985) caracteriza a esta zona como formada por ríos de orden[1] 7 y 8, con velocidad de corriente lenta y flujo laminar, profundos, donde puede ocurrir extinción parcial de la luz hacia el fondo y el sedimento está formado por un sustrato de arena y lodo.

Otras características de los sistemas lóticos dicen relación con la estabilidad de la presencia de escorrentía superficial, definiendo a los ríos como “perennes” que nunca se secan, “temporales”, que se secan prácticamente todos los años y “efímeros” que sólo llevan agua ocasionalmente (Elosegui *et al.* 2009). Por otra parte, respecto de la fuente de las aguas que aportan al caudal[2] de los ríos (su “alimentación”), se definen los regímenes de estos sistemas, de acuerdo al siguiente detalle (Elosegui *et al.* 2009):

a) **Régimen Glacial:** Asociado a ríos que se caracterizan por tener pequeños caudales en invierno y crecidas de importancia en primavera y/o verano. Su alimentación proviene de los deshielos de nieves y glaciares; de allí que dependan fundamentalmente de la radiación solar. Por ser los glaciares relativamente permanentes en el tiempo, los ríos con este tipo de régimen poseen una regularidad marcada de un año a otros.

b) **Régimen Nival:** Representa a ríos que registran características similares a los anteriores, pero se distinguen por tener mayor variabilidad de un año a otro. Esto se debe a que los volúmenes de deshielo dependen en gran medida de las cantidades de nieve acumulada durante el invierno. Suelen presentar caudales máximos en primavera o verano, coincidiendo con el deshielo.

[1] Clasificación jerárquica de los ríos en su desarrollo de acuerdo a su tamaño. Ríos de orden 1 son los arroyos más pequeños con flujo permanente en la cabecera de los ríos, la unión de dos ríos de igual orden “n” da origen a un río de orden n+1, mientras que la unión de dos ríos de distinto orden da origen a un río que mantiene el orden del río mayor en la unión.

[2] Caudal: Volumen de agua expresada en m^3 que pasa por una sección del río por unidad de tiempo (segundo).

c) **Régimen Pluvial:** Se trata de ríos que tienen su alimentación fundamental en las lluvias. Las crecidas y estiajes (menor volumen de agua durante el año) están en directa relación con el régimen de precipitaciones del lugar.

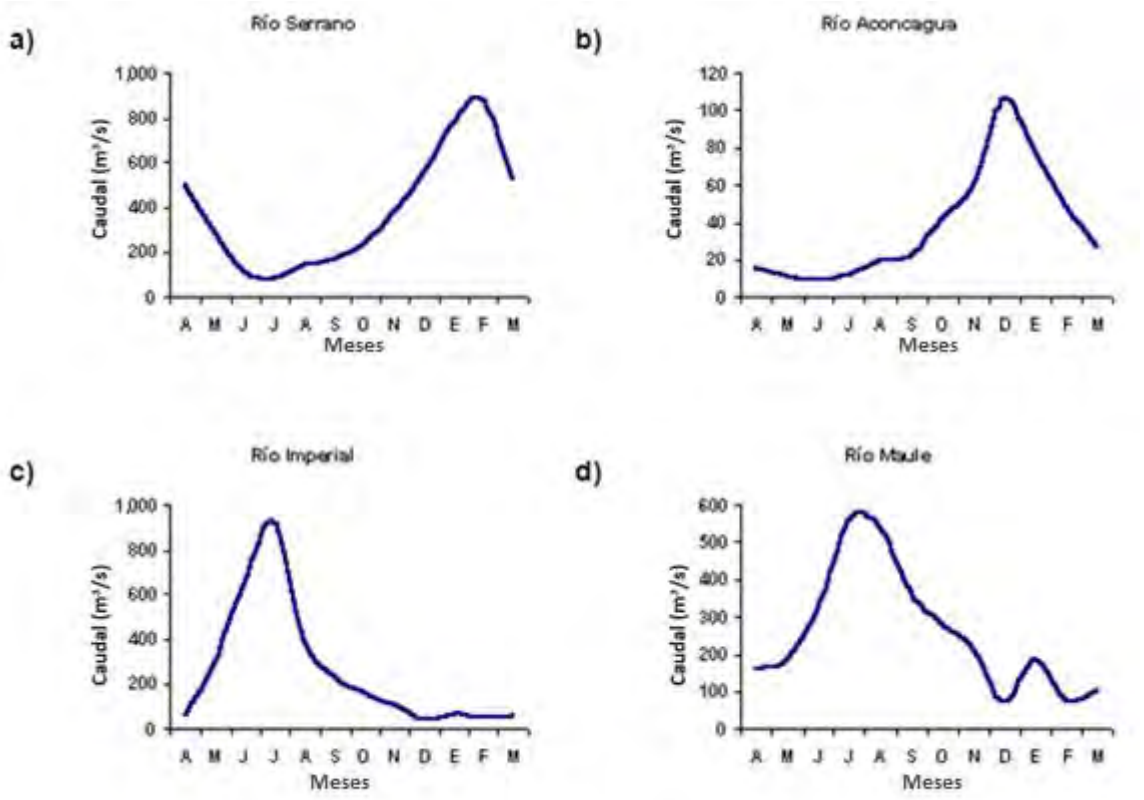
d) **Regímenes Mixtos:** Son ríos que le corresponden la superposición de dos regímenes simples, pudiéndose distinguir así los ríos de régimen nivoglacial, los de régimen nivopluvial, pluvionival y pluvioglacial.

Los diferentes regímenes tienen su expresión en fluviogramas o hidrogramas del caudal que muestran la distribución mensual del caudal por río. Esta información es de vital importancia, porque permite saber el comportamiento de los ríos en una sección específica del año, y con ello, realizar un trabajo planificado con el agua disponible, por ejemplo, definir cuantas veces al año visitar el área de estudio para caracterizar la variabilidad temporal del río en cuanto a su caudal. Además de prever situaciones extraordinarias, como las crecidas o periodos de prolongada sequía. Ejemplos de hidrogramas de ríos con diferentes regímenes de caudal se presentan en la
Figura 1-2**.**

Otro aspecto a destacar de los sistemas lóticos es la definición de sus cuencas asociadas, entendiendo por cuenca como: “la superficie terrestre dentro de la cual las aguas precipitadas son drenadas por un río o una red de cauces” (DGA 2016), donde se deben distinguir dos términos (Unesco 2012):

a) **Cuenca Hidrográfica:** Área que tiene una salida única para su escorrentía superficial, donde la divisoria de las aguas es la línea límite que separa cuencas hidrográficas adyacentes, esta última definida por la línea de las cumbres. En caso de que las aguas drenadas desemboquen en un cuerpo de agua o en el mar, la cuenca se denomina exorreica, mientras que si las aguas confluyen hacia un valle cerrado sin salida, la cuenca se denomina endorreica (DGA 2016).

b) **Cuenca Hidrogeológica:** Unidad fisiográfica que contiene un acuífero de gran extensión o varios acuíferos conectados o interrelacionados cuyas aguas fluyen hacia una misma zona de descarga. Engloba al concepto de cuenca hidrográfica incluyendo además las aguas subterráneas o acuíferos en la cuenca, de esta manera una cuenca hidrológica puede contener 1 o varias cuencas hidrográficas.



Fuente: Modificado de http://www.saladehistoria.com/geo/Cont/C022.htm

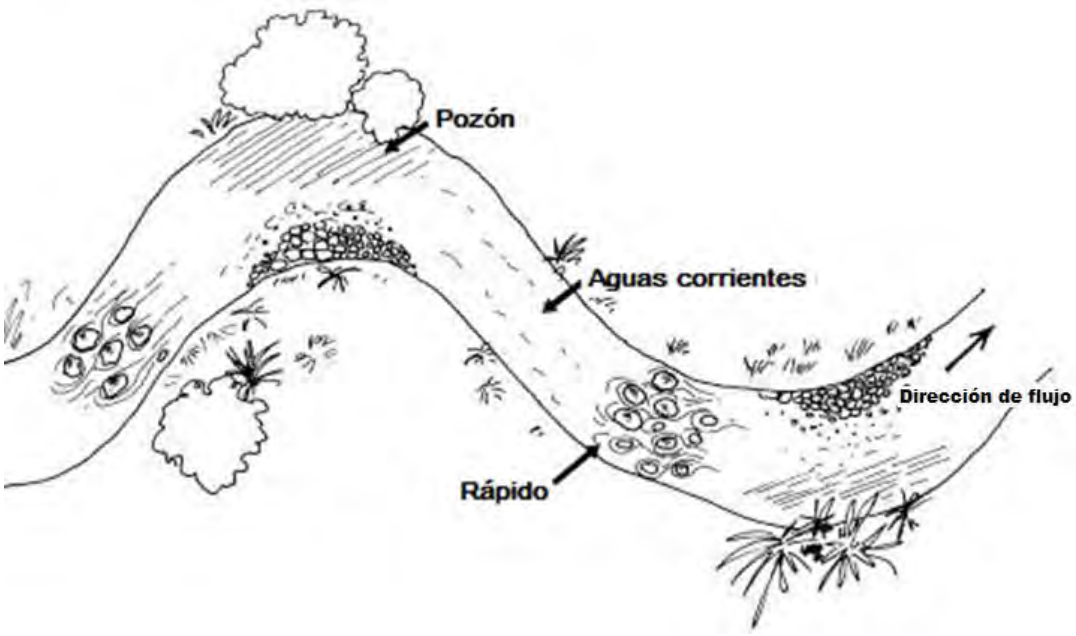
Figura 1-2. Fluviogramas de ríos con distinto régimen de caudal. a) glacial, b) nival, c) pluvial y d) mixto.

A una escala local y como parte importante de la caracterización del hábitat reófilo (río) es que se distingue la presencia de básicamente dos tipos generales de mesohábitat que se alternan en el desarrollo del río, rápidos y lentos, los que a su vez se subdividen en varios tipos específicos de mesohábitas de acuerdo al detalle que se presenta en **Tabla 1-1** un tipo común de alternancia de rápido y lento en ríos de montaña se presenta en la **Figura 1-3** lo que corresponde específicamente a una secuencia de pozas y corrientes. Otros tipos comunes de secuencia para ríos de montaña (cascadas, saltos y pozas, lecho plano, barras y dunas), son descritos originalmente por Montgomery y Buffington (1997) lo que también está resumido en la Guía metodológica para determinar caudal ambiental para centrales hidroeléctricas en el SEIA (SEA 2016).

Tabla 1-1 Tipos de mesohábitat en ecosistemas ríos

Tipo general de mesohábitat	Tipo específico de mesohábitat	Características
Rápidos	Corriente	Escurrimiento somero con velocidades moderadas. Se aprecia algo de turbulencia superficial y altas pendientes.
	Rápido	Altas pendientes con elevadas velocidades. Presencia de sustrato grueso. Mayor nivel de turbulencia en la superficie.
	Cascada	Secuencia de rápidos con pequeñas caídas de agua y muy pequeñas pozas aguas abajo de los bolones.
	Run	Cauce prismático con un *thalweg*[3] bien determinado. El lecho de fondo es plano longitudinalmente y lateralmente cóncavo.
	Riffle	Transición entre rápidos y corrientes o run.
	Fast run	Flujo rápido uniforme.
Lentos	Poza	Aguas profundas producto de una obstrucción parcial o total del cauce. Velocidades bajas y forma cóncava del lecho de fondo.
	Poza de salto	El flujo principal pasa por sobre una obstrucción provocando una socavación local aguas abajo.
	Remanso	Zonas con bajas velocidades en los márgenes del río, producidas por vórtices aguas abajo de obstrucciones.
	Tabla	Aguas someras moderadas con presencia de un flujo laminar carente de turbulencia pronunciada.
Otro	Brazo lateral	Cauces alrededor de islas, menores a la mitad del ancho del río, frecuentemente a diferente elevación que el cauce principal.
Estuarios	Aguas de transición	Aguas superficiales próximas a la desembocadura de los ríos que son parcialmente salinas como consecuencia de su proximidad a las aguas costeras, pero que reciben una importante influencia de flujos de agua dulce.

Fuente: Modificado de SEA 2016.



Fuente**:** Modificado de http://ocw.um.es/ciencias/avances-ecologicos-para-la-sostenibilidad-de-los/material-de-clase-1/presentacion-leccion-01.pdf

Figura 1-3 Descripción de la presencia de rápido, pozón y aguas corrientes en ríos

[3] *Thalweg*: Línea que sigue la parte más profunda del lecho de una corriente, cauce o valle (balance de disección).

1.3.1.1.2 Ecosistema léntico: Lagos

Considera lagos, lagunas, embalses y lagos hipersalinos, los cuales corresponden a sistemas que presentan aguas de baja corriente, detenidas o estancadas. El hombre también construye ambientes lénticos, tales como represas, tranques, embalses, lagunas, fuentes y piletas (Ramírez y San Martín 2006).

Referido a los lagos y lagunas, la principal diferencia entre ellos es que, generalmente, la laguna presenta una pequeña profundidad de las aguas y forma parte de una cuenca endorreica, es decir, la salida de agua se produce principalmente por evaporación e infiltración. En cambio, el lago presenta una mayor profundidad y posee una entrada y salida de agua superficial (DGA 2016).

Para un lago típico se describen las zonas que se presentan en la **Figura 1-4** cuya definición se presenta a continuación (Matta y Quevedo 1990):

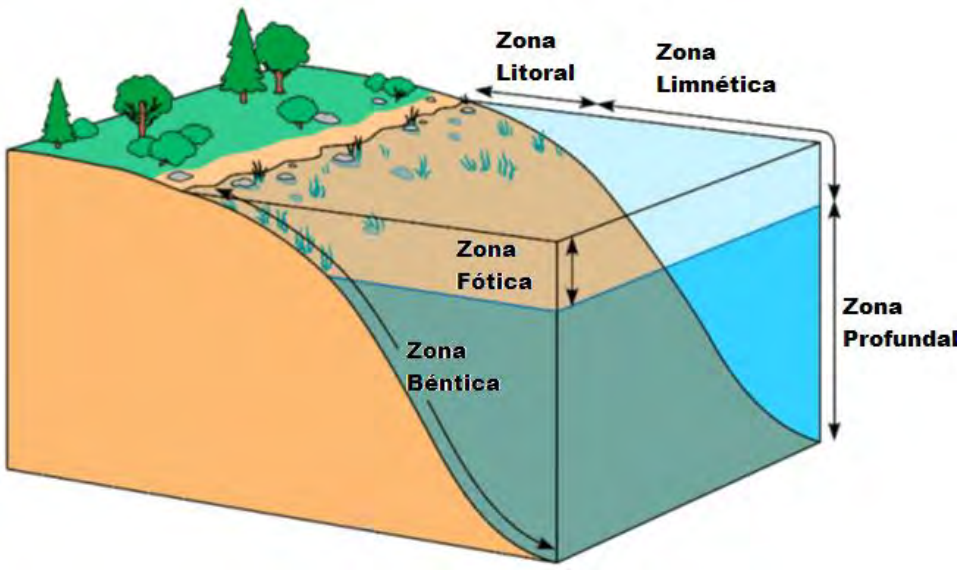
a) **Zona litoral:** Región o franja marginal de un lago que se caracteriza por tener vegetación enraizada dentro del agua. A esta zona normalmente llega suficiente luz como para el desarrollo de organismos fotosintéticos.

b) **Zona limnética:** Región lacustre más allá de la zona litoral y que se extiende hasta la región más profunda a la que llega luz.

c) **Zona fótica o eufótica:** Estrato lacustre que se extiende desde la superficie del agua hasta la profundidad donde aún penetra la luz del sol.

d) **Zona profundal (afótica o trofolítica):** Es la zona lacustre donde no penetra la luz por lo que se extiende desde su límite con la zona fótica hasta el fondo del lago.

e) **Zona béntica:** Zona en el nivel más bajo de un cuerpo lacustre, incluyendo la superficie del sedimento y de algunas capas del subsuelo. .



Fuente: Modificado de http://ocw.um.es/ciencias/avances-ecologicos-para-la-sostenibilidad-de-los/material-de-clase-1/presentacion-leccion-01.pdf

Figura 1-4. Principales zonas que se distinguen en un cuerpo de agua lacustre

1.3.1.1.3 Ecosistemas: Humedales

Los humedales son subsistemas límnicos integrados a la cuenca hidrográfica, los que incluyen pantanos, marismas, lagos, lagunas (los que pueden ser salinos o hipesalinos), vegas, bofedales, salares, turberas y estuarios. Una completa clasificación de los humedales continentales es suministrada por Scott y Jones (1995), la que involucra humedales continentales naturales y artificiales, distinguiendo en el primer caso humedales ribereños, lacustres, palustres y geotérmicos, y en el segundo caso como humedales artificiales aquellos asociados a la acuicultura, agricultura-ganadería y áreas de almacenamiento de aguas. Por otra parte, respecto de los humedales naturales, existe una amplia definición en el "Manual para el Establecimiento de Programas de Monitoreo en Humedales Insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado de Chile" desarrollado recientemente por CONAF en conjunto con la Facultad De Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad De Chile (CONAF-Universidad de Chile 2016) y así también, en la Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos (MMA-SAG-DGA Chile 2011).

Respecto al marco conceptual de los ecosistemas acuáticos, tiene que ver con la definición de humedal de acuerdo a la convención RAMSAR (Secretaría de la convención RAMSAR 2006). Esta última aplica un criterio amplio a la hora de determinar qué humedales quedan sujetos a sus disposiciones. Además, a efectos de proteger sitios coherentes, el Artículo 2.1 estipula que los humedales que se incluirán en la Lista de RAMSAR de Humedales de Importancia Internacional: "Podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal".

Dada la amplia diversidad de ambientes presentes en Chile podemos encontrar todo tipo de humedales. Desde el norte hacia el sur estos presentan características diferenciadas en cuanto a la abundancia de ellos. En el norte encontramos humedales alto andinos, los cuales incluyen sistemas como salares y bofedales. Estos mantienen una diversidad biológica única y se caracterizan por un alto nivel de endemismo, tanto de especies animales como vegetales, terrestres y acuáticas. También son refugio de zonas de reproducción de una gran variedad de especies que se encuentran en con problemas de conservación, jugando un rol vital en el desarrollo de las cuencas andinas y de los sistemas hídricos que sostienen actividades de importancia económicas y sociales. Los humedales andinos son reconocidos globalmente como los ambientes más frágiles por sus características, amenazas y alta significancia social y económicas, determinada por los servicios eco-sistémicos que prestan (MMA-SAG-DGA Chile 2011).

En la zona central son abundantes los humedales continentales, estos cuerpos de agua en forma lagunar cubren grandes extensiones. No obstante, el contacto directo con zonas urbanas ha provocado que estos pierdan diversidad producto de la incorporación de especies exóticas, principalmente peces y plantas acuáticas. Las lagunas de menor tamaño actualmente son objeto urgente de conservación producto a su amenaza por el crecimiento urbano que ha fragmentado, contaminado y secado estos sistemas acuáticos.

Más al sur los humedales costeros cubren grandes extensiones, estos cuerpos de agua poseen variadas formas (lagunas costeras, marismas y estuarios), todos estos se caracterizan por ser altamente productivos y presentar variados servicios ecosistémicos (abastecimiento, regulación, culturales, entre otros). Los humedales litorales son puntos de conectividad para aves migratorias que se mueven según en cambio de estación entre el hemisferio norte al hemisferio sur. La preferencia de estas áreas en su ruta ocurre porque son sistemas que

integran una diversidad de ambientes costero que proporcionan alimento y refugio para diversas especies. Entre estos destacan los estuarios que son sistemas fluvio-marino sometido a la influencia de las mareas y caracterizado por una entrada y una mezcla de agua marina y continental que son variables en el espacio y en el tiempo (Ibañez *et al*. 2009).

Salar: Humedal altoandino, formado por un antiguo cuerpo de agua que se encuentra en constante evaporación, producto de la formación geológica que contiene este sistema, es posible distinguir en el sustrato presencia de sal.

Estuario: Según Pritchard (1967) es un cuerpo de agua costero semi-cerrado con una libre conexión con el océano abierto, el cual es medianamente diluido por el agua dulce drenada desde el continente. Complementariamente a esta definición, durante marea alta las aguas oceánicas salan las continentales formando una zona de alta energía por la confluencia de dos cuerpos de agua creando un ambiente litoral único rico de nutrientes, hábitat y biodiversidad.

Marisma: Según Walter (1968) son formaciones vegetales asociadas al litoral marino en regiones templadas. Abundan en los estuarios de los ríos, canales, fiordos y mares interiores.

1.3.1.2 Comunidades biológicas en Ecosistemas Acuáticos Continentales

A continuación, se describen las principales comunidades biológicas presentes en los ***ecosistemas acuáticos.***

1.3.1.2.1 Microalgas planctónicas

Se define como **fitoplancton** a la comunidad de microorganismos, en su mayoría fotosintéticos, (microalgas) que viven suspendidos en la columna de agua (Wetzel 2001).
En aguas continentales este componente se encuentra mayormente representado en ecosistemas lénticos y en menor medida en ecosistemas lóticos. Cabe señalar que la comunidad planctónica recuperada en un punto de un sistema lótico no corresponde a una muestra de ese punto propiamente tal, sino a una integrada desde aguas arriba del punto determinado, pudiendo contener microalgas de zonas cercanas de río como de sistemas lacustres y lóticos localizados aguas arriba. Por esta razón, debe ser considerada esta condición para efectos del análisis posterior de la composición del fitoplancton obtenido (AMAKAIK, 2016).

Las clases de microalgas con mayor riqueza específica conocida en Chile, corresponden a las Bacillariophyceae (diatomeas), Chlorophyceae (algas verdes), Chrysophyceae (algas doradas),Cyanophyceae (algas verde azules), Dinophyceae (dinoflagelados) y Xanthophyceae (algas verde-amarillas) (Parra 2006). A su vez, de acuerdo a Bellinger y Sigee (2010), estas algas se dividen en diferentes categorías respecto al tamaño del plancton, donde de menor a mayor tamaño son: Picoplancton, 0,2-2 µm, Nanoplancton 2-20 µm, Microplancton 20-200 µm y Macroplancon >200 µm.

Por último, cabe indicar que en relación a las categorías de conservación las microalgas planctónicas no están consignadas en el Reglamento de Clasificación de Especies de Chile (DS29/2012).

1.3.1.2.2 Perifiton

Se define perifiton (o "**fitobentos**") a la capa viscosa ("biofilm" o "tapete") formada principalmente por una comunidad de microalgas bentónicas y bacterias que crecen sobre un sustrato sumergido en agua, donde penetra suficiente luz para su desarrollo (Biggs y Kilroy, 2000). Para efectos prácticos de esta guía, se hará referencia al término perifiton cuando señalemos la comunidad de microalgas bentónicas o fitobentos, ya que en este análisis a nivel limnológico los otros grupos considerados en la definición no son estudiados en monitoreos rutinarios como parte de este componente. En aguas continentales este componente se encuentra mayormente representado en ecosistemas lóticos y en menor medida en ecosistemas lénticos. En lagunas hipersalinas de cuencas endorreicas, las comunidades bacterianas extremofilas (que también forman parte del perifiton) están adquiriendo mayor relevancia en estudios científicos al ser reconocidas como fuente primaria de energía para los ecosistemas acuáticos (Farías y Contreras 2013; Farias y col 2013; 2014; Farías y col 2016; Farias y col 2017; Sanchez y col 2017).

El perifiton corresponde a los productores primarios en los sistemas acuáticos continentales, constituye parte fundamental en la trama trófica, participa como estabilizador del sustrato y forma parte del hábitat de muchos otros organismos (Stevenson y Bahl 1999; Kreuzinger-janik *et al.* 2015). Esta característica, le confiere un rol fundamental en el funcionamiento del ecosistema mediante la transferencia de energía hacia los niveles superiores de la cadena trófica (Guo *et al.* 2015).

Se consideran microalgas bentónicas aquellas de los grupos de las diatomeas (Bacillariophyceae), Clorófitas o algas verdes (Chlorophyta), Crisófitas o algas doradas (Crysophyta) y Cianófitas o algas verde azules (Cyanophyta). Todos estos grupos de microalgas pueden crecer adheridas a un sustrato duro (natural o artificial), macrófitas o partes vegetales (sección sumergida de éstas), arenas o sustrato fino (sedimento).

Respecto al orden de tamaños, estos varían entre los 10 a 200 µm. Según el tipo de sustrato al que se asocian, se distinguen las epífiticas (crecen sobre vegetación sumergida), epipélicas (crecen sobre sedimentos limoarcillosos), epilíticas (crecen sobre sustratos duros), episámicas (crecen sobre granos de arena), epizoicas (crecen sobre superficies animales) y endófitas (crecen dentro de las células o tejidos vegetales) (Parra 2006).

En relación a las categorías de conservación las microalgas bentónicas no están consignadas en el Reglamento de Clasificación de Especies de Chile (DS29/2012).

1.3.1.2.3 Zooplancton

El zooplancton es la comunidad biológica conformada por organismos microscópicos heterótrofos (componente animal del plancton) que viven y se desplazan con movilidad limitada en la columna de agua (Wetzel, 2001).

En aguas continentales, este componente se encuentra mayoritariamente representado en ambientes acuáticos lénticos (que no poseen corrientes) como lagunas, lagos, embalses, estanques y lagos hipersalinos. De manera minoritaria, se encuentran en ambientes lóticos (aguas corrientes: arroyos, ríos, canales y afloramientos).

Los integrantes del zooplancton en aguas continentales están dominados por tres grupos principales, los cuales corresponden al phylum Rotifera y a dos subclases de crustáceos, Cladócera (orden Anomopoda) y Copépoda. Los rotíferos son de tamaño considerablemente

menor (desde 10 mm hasta 4 o 5 mm) a los grupos anteriormente nombrados, siendo un nexo trófico importante entre el fitoplancton y el zooplancton. El grupo de los rotíferos miden entre entre 30 y 2000 µm, cladóceros entre 200 y 3000 µm; copépodos hasta 5 mm.

El grupo de los rotíferos, son casi exclusivamente habitantes del zooplancton de aguas dulces y dentro de estas la mayor diversidad se encuentra representada por la Clase Monogononta, especialmente por el Orden Ploima (Pennak 1989).

Los cladóceros por su parte constituyen individuos que son considerablemente más grandes que los rotíferos. Sus representantes planctónicos más frecuentes en agua dulce pertenecen a las familias Sididae (orden Ctenopoda) y las familias Daphnidae, Bosminidae y Chydoridae (orden Anomopoda), siendo la familia Chyroridae principalmente bentónica (Esteves 1988; Dumont y Negrea 2002).

En el caso de los copépodos, pertenecen a una subclase de crustáceos que componen el zooplancton, que en aguas dulces y salobres corresponden a una fracción muy importante de la biomasa, cercana al 50% del zooplancton. En ecosistemas acuáticos continentales chilenos se han descrito representantes de los órdenes Calanoida, Cyclopoida y Harpacticoida. El orden Cyclopoida, es el más representativo de los copépodos de las aguas dulces, seguido por el orden Calanoida (Margalef 1983), siendo este último más representativo en sistemas salobres.

Al igual que en las microalgas planctónicas y bentónicas, los organismos zooplanctónicos tampoco están consideradas en el Reglamento de Clasificación de Especies de Chile (DS29/2012).

CUADRO: Chile se caracteriza por presentar un marcado gradiente geográfico latitudinal y altitudinal. En este gradiente es posible encontrar diferentes cuerpos de aguas continentales, cuya diversidad se refleja en la composición de especies de crustáceos zooplanctónicos. En la zona norte se distinguen lagos y lagunas localizados en el altiplano chileno, donde es posible registrar especies endémicas, entre otros, de los géneros *Daphnia* y *Boeckella* (Bayly 1992, Villalobos 1994, Villalobos *et al.* 2003). En Chile central se localizan una serie de cuerpos acuáticos a baja altitud y normalmente de baja profundidad, los cuales, en su mayoría, poseen especies comunes. Esta zona se caracteriza por la presencia de *Diaptomus diabolicus* (*Tumeodiaptomus vivianae*) (Zúñiga 1975, Dussart 1979, Ramos *et al.* 1998, Ruiz y Bahamonde 2003). A esta latitud se encuentran también lagos de alta montaña de mayor profundidad, los que se caracterizan por la presencia de especies del género *Boeckella*, de los cuales existen escasos registros y estudios taxonómicos (Araya y Zúñiga 1985, Bayly 1992). En la zona centro sur, en los lagos denominados nahuelbutanos existen pocos registros. En la zona sur se localizan grandes lagos denominados por Thomasson (1963) como Lagos Araucanos o Nordpatagónicos, y en ellos se ha colectado la mayor cantidad información. Finalmente en la zona sur de Chile, una de las regiones más favorecidas en cuanto a riqueza de especies, se destaca la zona de Torres del Paine, con un alto endemismo.

1.3.1.2.4 Zoobentos

El zoobentos corresponde a la fauna de invertebrados que habita sobre el fondo de los sistemas acuáticos durante todo su ciclo de vida o parte de éstos (Alba-Tercedor 2005). Pueden hallarse enterrados en el fango y la arena, o adheridos a troncos, rocas y vegetación sumergida (Roldan 1996).

El término comprende a microinvertebrados y macroinverterbrados. Los primeros, corresponden a invertebrados de pequeño tamaño (<100 µm), entre los cuales se distinguen a los grupos Protozoa, Nematoda, Rotifera y Arthropoda (Branchiopoda, Ostracoda, Maxillopoda) (Alba-Tercedor 2005). El segundo grupo corresponde a invertebrados de mayor tamaño, usualmente visibles al ojo humano, con tamaños entre 200 y 500 µm (Rosenberg y Resh 1993; Oscoz *et al.* 2011) de los cuales se identifican Annelida, Arthropoda (Insecta, Arachnida y Crustacea), Coelenterata, Mollusca, Porifera, Platyhelminthes, Nematoda y Nematomorpha (Domínguez y Fernández 2009; Oscoz *et al.* 2011).

En aguas continentales este componente se encuentra mayormente representado en ecosistemas lóticos y en menor medida en ecosistemas lénticos.

Estos organismos han sido ampliamente utilizados en estudios de calidad de agua, debido a que cumplen un papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, ya que permiten la transferencia de energía desde los productores (vegetación acuática y terrestre) a los niveles tróficos superiores (peces y aves acuáticas) (Valdovinos 2008).

En Chile se conocen aproximadamente unas 1.000 especies de invertebrados dulceacuícolas. No obstante, muchos científicos concluyen que este número es aún insuficiente (Valdovinos 2008). La zona centro-sur del país cuenta con gran diversidad y endemismo de invertebrados de agua dulce constituyendo un *hotspot* de biodiversidad de los más importantes y reconocidos a nivel mundial (Myers *et al.* 2000) el cual se ubica entre los 35ºS (VII Región) y los 43ºS (XI Región). Dentro de este *hotspot*, los ríos Tucapel, Imperial y Toltén constituyen sitios prioritarios para la conservación de crustáceos aéglidos (Pérez-Losada *et al.* 2002). De estos, se encuentran en la categoría de conservación “En peligro crítico” las especies *Aegla affinis, A. denticulata lacustris,* y “En Peligro” las especies *A. bahamondei, A. concepcionensis, A. expansa, A. laevis, A. occidentalis* y *A. papudo* (También se incluyen algunos gasterópodos del género *Heleobia* con categoría “En Peligro crítico” o “En peligro”*, H. atacamensis, H. ascotanensis* y *H. transitoria (*RCE; (DS52/2014 y DS38/2015). Plantas vasculares acuáticas Las plantas vasculares acuáticas o hidrófitas vasculares, son definidas como aquellas que poseen verdaderos tejidos conductores de agua, sales minerales y alimento necesario para la vida vegetal, además su cuerpo vegetativo en algún momento de su ciclo de vida, presenta una diferenciación en tres partes fundamentales: raíz, tallo y hoja (Rodriguez y Dellarossa 1998).

Uno de los conceptos más recurrentes utilizados para referirnos a las plantas vasculares acuáticas es el término **macrófitas**, que corresponde a un grupo diverso de organismos fotosintéticos acuáticos de agua dulce y salobres, que varían enormemente en su anatomía, fisiología, ciclos de vida, y en la habilidad de tolerar agentes estresores biológicos e inorgánicos y su distribución y abundancia es influenciada por diversos factores ambientales como la luz, la radiación, la temperatura, los nutrientes entre otras (Lacoul y Freedman 2006; Chambers *et al.* 2008; Ramírez y San Martín 2006).

Otro aspecto a considerar para las plantas vasculares acuáticas es la diferenciación entre hidrófitas y helófitas desde el punto de vista del hábitat. Hidrófitas corresponderían a las plantas que viven todo su ciclo de vida dentro del agua en zonas litorales de lagos, lagunas, ríos entre otros. En tanto, la helófitas si bien son dependientes de la presencia de agua, ellas también están presentes en ambientes ribereños y terrestres (ambientes palustres), pudiendo tolerar alta desecación, es decir, sobrevivir largos periodos sin abundante agua en periodos estacionales secos (Lacoul y Freedman 2006), y encontrándose, a veces, en lugares húmedos sin estar en contacto con medios lacustres o fluviales (Rodriguez y Dellarossa 1998).

Respecto a los grupos funcionales, se clasifican como sumergidas, natantes, libre flotantes y emergidas. Los tres primeros grupos se consideran hidrófitos (plantas vasculares acuáticas) y la última helófitos (plantas palustres) (Rodriguez y Dellarossa 1998, Lacoul y Freedman 2006, Ramírez y San Martín 2006). Cabe destacar que las plantas sumergidas, natantes y emergidas se encuentran fijas al sustrato, en tanto, las plantas flotantes libres se encuentran flotando libremente sobre el cuerpo de agua (Sculthorpe (1967).

A continuación, se describen los grupos funcionales de las hidrófitas vasculares acuáticas, adoptando los sistemas de clasificación de Sculthorpe (1967), Cook (1990), Rodriguez y Dellarossa (1998), Lacoul y Freedman (2006), Ramírez y San Martín (2006).

a) **Hidrófitas natantes (hojas flotantes):** Son aquellas que se encuentran enraizadas en el sedimento, en tanto, sus hojas flotan sobre la superficie del agua;
b) **Hidrófitas sumergidas:** Son aquellas que usualmente se encuentran enraizadas en substrato de fondo, pero pueden ser libre flotantes, y su follaje está normalmente bajo el agua; se puede presentar a varias profundidades.
c) **Hidrófitas libre-flotantes:** Son aquellas que flotan en la superficie del agua pero no se encuentran enraizadas en el sedimento, sus hojas que emergen al aire funcionan como los de una planta terrestre, y se movilizan libremente con la acción del viento o las corrientes de agua.
d) **Especies emergentes:** Los helófitos (o plantas palustres), son aquellas que se encuentran enraizadas en substrato de fondo y el resto de la planta se encuentra sobre la superficie del agua; la mayor parte del tallo y las hojas emergen al aire, donde fotosintetizan como una planta terrestre.

En relación a las categorías de conservación las plantas vasculares acuáticas no están consideradas en el reglamento de clasificación de especies de Chile, sin embargo, existe la propuesta de incluirlas. Las categorías de conservación para algunas de ellas se encuentran en las publicaciones de Benoit (1989), Marticorena *y* Rodríguez (1995) y Baeza *et al.* (1998).

1.3.1.2.5 Ictiofauna

Los peces, de acuerdo a Espinosa (2014) se pueden caracterizar como cordados[4] acuáticos, poiquilotermos[5], que presentan apéndices en forma de aletas y que respiran principalmente por medio de branquias. El cuerpo en muchas de las especies está cubierto de escamas, aunque existen algunos sólo parcialmente cubiertos, o que carecen totalmente de ellas. La mayoría de las especies son gonocóricas (sexos separados), con fertilización externa y ovípara (reproducción a través de huevos).

En cuanto a su valor ecosistémico, los peces representan el eslabón trófico superior de las cadenas alimentarias de la mayoría de los sistemas fluviales (Habit *et al.* 2002). En este contexto, por una parte, las poblaciones ícticas están sujetas a las variaciones que registran los niveles tróficos inferiores y por otra, también pueden ser determinantes en regular las poblaciones de dichos niveles (Bechara1993).

Los peces constituyen el grupo más diversificado de vertebrados en el mundo, constituyendo más de la mitad de este grupo (Nelson 2006). Por contrapartida, los peces dulceacuícolas en Chile son poco numerosos en especies, pero con un alto endemismo y presencia de caracteres

[4] Cordados: Organismos con presencia de una cuerda dorsal o notocorda.
[5] Poiquilotermos: Organismos que regulan su temperatura a partir de la temperatura del ambiente.

primitivos (Habit *et al.* 2006), lo que ha sido atribuido por una parte al aislamiento geográfico y por otra a las características hidrológicas de los ríos, caracterizados en general por ser cortos, con pendiente alta, torrenciales y con flujo variable, a lo que se suma el hecho de que las diferentes cuencas no presentan conexiones en su red hidrológica (Vila *et al.* 1999, Vila y Pardo 2008). Esta particularidad en la ictiofauna chilena aumenta también su vulnerabilidad, hoy se reconocen 46 especies de peces nativos en aguas continentales, 21 de ellos son endémicos (Vila y Habit 2015) y en su mayoría presentan algún grado de problemas de conservación, el 75% de ellos se encuentran categorizados como "En Peligro y vulnerables" de acuerdo a la legislación Vigente (DS 51/2008 MINSEGPRES, DS 19/2012 MMA, DS 33/2012 MMA, DS 38/2015 MMA).

En general, la mayoría de las especies nativas de Chile concentran su dieta sobre microcrustáceos e insectos acuáticos (zooplancton y zoobentos), aunque hay antecedentes de especies ictiófagas en sus estados adultos como son la perca trucha (*Percichthys trucha*), cauque (*Odontesthes mauleanum*), puye grande (*Galaxias platei*) y farionela (*Aplochiton taeniatus*) (Arismendi y Penaluna 2009). No obstante, las especies nativas forman también parte de la dieta de peces introducidos (Vila *et al.* 1999, Habit *et al.* 2006), donde destacan las truchas arcoíris y café que se distribuyen ampliamente en el territorio nacional, especies con antecedentes de depredación sobre especies nativas de tamaño pequeño y que podrían competir por alimento con la ictiofauna nativa al consumir los mismos ítems alimentarios (Vila *et al.* 1999). Las 20 especies ícticas introducidas son hoy consideradas una amenaza para la conservación.

Respecto de los hábitats, de acuerdo a Vila y colaboradores (2006), los más utilizados por las especies nativas son las zonas fluviales y litorales lacustres, mientras que la colonización de los ambientes pelágicos (profundidad > 1 m) en lagos y pozones de los ríos ha sido descrita sólo para algunas de las especies entre los que se mencionan *Percichthys trucha* (perca) y *Odontesthes mauleanum* (cauque del Maule), y la mayor parte de los integrantes de Galaxiidae (puyes) y Aplochitonidae (farionelas).

Otros antecedentes sobre la ecología e historia de vida de los peces nativos de Chile referidos a los hábitats y estrategias reproductivas de los peces se presentan en el trabajo de Vila y colaboradores (2006), el que presenta además la distribución de las especies por regiones (aunque bajo la organización territorial anterior al 2007 con 13 regiones) y por ríos en zonas que representan las dos grandes regiones de Chile de acuerdo al régimen pluvial, la región endorreica de desierto y la exorreica[6].

1.3.1.2.6 Otros grupos

a) Anfibios

Los anfibios son organismos vertebrados cuadrúpedos y ectotermos, vale decir sus temperaturas corporales dependen fuertemente del ambiente (Lobos *et al.* 2013). Estos organismos se diferencian de otros vertebrados porque experimentan metamorfosis en su desarrollo, con una fase larval acuática con respiración branquial, similar a los peces y una fase adulta en general terrestre con respiración pulmonar (Cleveland *et al.* 2001). Además,

[6] Exorreica - Endorreica: Términos que hacen referencia a cuencas donde los sistemas acuáticos que albergan tienen o no una salida fluvial al mar. Cuencas exorreicas corresponde a la primera acepción y endorreicas a la segunda

también se diferencian de otros vertebrados porque su piel es glandular y carece de estructuras epidérmicas como escamas, pelos y plumas (Duellman y Trueb. 1994).

Actualmente existen tres grandes grupos de estos organismos, los órdenes Gymnophiona (cecilios), Caudata (salamandras) y Anura (ranas y sapos), de los cuales solo estos últimos están presentes en Chile (Veloso 2006, Lobos *et al.* 2013)

Para Chile se describen 63 especies nativas del orden Anura, de las cuales más de un 60% son endémicas de Chile, a estas especies nativas se adiciona una especie introducida que corresponde a la rana africana. La mayor riqueza de especies se concentra en los bosques templados del centro y sur de Chile, desde la región del Maule hasta la región de Aysén, donde se conjugan los ambientes más húmedos con temperaturas adecuadas para este grupo (Lobos *et al.* 2013). En tanto, en relación con la distribución altitudinal de este grupo, se establece que el mayor número de especies se observa bajo los 1000 msnm, con una notable disminución entre los 2000 y 3000 msnm, destacando *Telmatobius marmoratus* (Rana acuática jaspeada), *Pleurodema marmuratum* (Sapo de cuatro ojos del Norte) y *Rhinella spinulosa* (Sapo espinoso) sobre los 4000 msnm (Veloso 2006). Por otra parte, Sáez y (2014) además describe otras especies del género *Telmatobius* para el altiplano chileno, específicamente *T. hintoni, T. philippii*, *T. fronteriensis,* T. *huayra*, *T. zapahuirensis, T. chusmisensis*, *T. dankoi y T. vilamensis.* La mayoría de las especies descritas presenta algún grado de problemas de conservación según el RCE con 33 de ellas categorizadas como “En Peligro” o “En Peligro Crítico” de acuerdo a la legislación vigente (DS 50/2008 MINSEGPRES, DS 41/2011 MMA, DS 42/2011 MMA, DS 38/2015 MMA y DS 16/2016 MMA).

Más antecedentes sobre la ecología, reproducción, desarrollo y distribución geográfica por cuenca fluvial de los principales ríos de Chile se encuentran en el trabajo de Veloso (2006). El trabajo de Lobos y colaboradores (2013) también aporta antecedentes sobre la distribución geográfica de las especies, incluyendo un número mayor de especies reconocidas recientemente.

b) Aves acuáticas

Las aves acuáticas continentales de Chile constituyen cerca de 90 especies asociadas a cuerpos de agua y su vegetación emergente (Kramer 2015), un número que aumenta al considerar los registros frecuentes de avesmarinas en los humedales continentales, como es el caso del playero de Baird (*Calidris bairdii*), el pollito de mar tricolor (*Steganopus tricolor*) y, en menor abundancia, el pitotoy chico (*Tringa fl avipes*) (Vilina y Cofré 2008). De hecho, Victoriano y colaboradores (2006) consideran a las aves acuáticas continentales compuestas por un total de 133 especies mientras que Schlatter y Sielfeld (2006) consideran 166 especies. De acuerdo a Vilina y Cofré (2008) el orden Anseriformes (patos, gansos y cisnes) con 26 especies descritas es el más diverso dentro de las aves acuáticas continentales, mientras que bien representados se encuentran los órdenes Ciconiformes (garzas), Gruiformes (taguas, pidenes), Charadriiformes (gaviotas, chorlos) y Paseriformes (churretes, colegiales), todos estos últimos con más de 10 especies reconocidas. Aunque este grupo de aves no presenta endemismos a nivel nacional, si presentan especies con distribuciones geográficas restringidas, como es el caso de la tagua gigante que concentran parte importante de sus poblaciones en el lago Chungará y la tagua cornuda en las lagunas Miñiques y Miscanti; y el chorlo de Magallanes que se distribuye sólo en la Isla Grande de Tierra del Fuego y en la región continental del estrecho de Magallanes (Vilina y Cofré, 2008).

Vilina y Cofré en su trabajo del 2008 para la CONAMA (Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos) aportan antecedentes sobre la diversidad taxonómica, geográfica y ecológica de las aves acuáticas continentales, además de antecedentes sobre las singularidades de este grupo en Chile, en tanto Victoriano y colaboradores (2006) describen los hábitats generales y una caracterización zoogeografía de esta avifauna, mientras que Schlatter y Sielfeld (2006) describen en mayor detalle la distribución geográfica por regiones (bajo la organización territorial anterior al 2007 con 13 regiones) y los tipos de hábitat que utilizan las distintas especies regularmente y los tipos de humedales chilenos.

En comparación con los otros grupos de vertebrados, las aves acuáticas presentan una menor proporción de especies en categoría de conservación de acuerdo a la legislación vigente para este grupo de organismos (DS 53/2003 MINAGRI, DS 151/2007 MINSEGPRES, DS 50/2008 MINSEGPRES, DS 13/2013 MMA, DS 38/2015 MMA y DS 16/2016 MMA), ya que sólo 20 especies presentan una clasificación y entre estas sólo 4 se encuentran “En Peligro”, las que corresponden al canquén colorado (*Chloephaga rubidiceps*), cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*), cisne cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y cuervo de pantano (*Plegadis chihi*).

c) Mamíferos acuáticos

De acuerdo a Cofré y Vilina (2008) de las 150 especies de mamíferos nativos de Chile, aproximadamente 100 son terrestres. De estos últimos, de acuerdo a Schlatter y Sielkfeld (2006), sólo 2 especies se pueden considerar mamíferos de ecosistemas dulceacuícolas, estos son un roedor herbívoro y un mustélido carnívoro, el coipo (*Myocastor coypus*) y el gato de río o Huillín (*Lontra provocax*) respectivamente. A esta fauna nativa se adicionan 5 especies introducidas roedoras y 1 especie mustelida (Schlatter y Sielkfeld 2006), estas especies son en el castor (*Castor canadienses*), rata almizclera (*Ondatra zibethica*), rata negra (*Ratus ratus*), guaren (*Rattus norvegicus*), ratón común (*Mus musculus*), y en el caso del mustélido, el visón (*Mustela vison*).
Conforme a la legislación vigente, las dos especies de mamíferos de humedales continentales que presentan problemas de conservación son el coipo, categorizado como “Preocupación Menor” (DS 16/2016 MMA) y en el caso del Huillín en una condición más desfavorable al ser catalogado como “En Peligro” (DS 42/2011 MMA). El trabajo de Schlatter y Sielkfeld (2006) también aporta detalles acerca de la distribución de estas especies por región (bajo la organización territorial anterior al 2007 con 13 regiones) y por tipo de humedal en el país.

2 DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA ACUÁTICO

La elección de los componentes acuáticos adecuados para elaborar una Línea Base como para Seguimientos, dependerá del sistema acuático evaluado y el tipo de Proyecto a desarrollar, por lo tanto, se torna relevante la información previa que se tenga del ecosistema Estos antecedentes, entre otras cosas, pueden indicar o sugerir la presencia de patrones de variación temporal que pueden ayudar a definir la frecuencia temporal de los muestreos.
Cabe destacar que para una completa comprensión de los efectos de un proyecto sobre un ecosistema acuático, se debe considerar información a escala de cuenca, esto debido a la posibilidad de que otros proyectos puedan tener efectos sinérgicos o acumulativos.

1.1 Recopilación de antecedentes del ecosistema acuático objetivo

La recopilación de antecedentes forma parte fundamental de los estudios de impacto ambiental para la correcta evaluación y valoración de los ecosistemas que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto. Para esto se debe realizar un análisis en base a las características ecológicas de los ecosistemas (propiedades estructurales y funcionales), su relación con el medio humano y las características del proyecto. Cabe recalcar que toda la información requerida para evaluar y valorar el ecosistema debiera estar contenida en el capítulo de Línea de Base de un EIA o en los antecedentes que justifican la inexistencia de efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley N° 19.300, que prepara el titular (SEA 2016). Por lo tanto, resulta de valor la recopilación de toda información previa que pueda ser adquirida antes del estudio de Línea Base propiamente tal. Para un ecosistema acuático fluvial, en la “Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centrales hidroeléctricas” en el SEIA (SEA 2016) es considerada en la caracterización, como mínimo, los siguientes elementos:

- Caracterización hidrológica
- Caracterización morfológica
- Caracterización física y química del agua/sedimentos
- Caracterización ecológica
- Caracterización antrópica (usos antrópicos)

Esta caracterización posibilita una evaluación ambiental del área del proyecto.

1.1.1 Caracterización hidrológica

En ríos es importante contar con antecedentes sobre el hidrograma para el tramo del río en que se emplaza el proyecto, permitiendo caracterizar el régimen de alimentación del río (nival, pluvial, nivopluvial, lacustre, efímero, intermitente, glacial, etc.), además de posibles singularidades como regímenes alterados por presencia de otros proyectos aguas arriba del área de estudio, crecidas históricas, influencia de fenómenos climatológicos como El Niño, etc. En sistemas como lagos y humedales, en tanto, se debería disponer antecedentes sobre la variación temporal de la disponibilidad de agua de estos sistemas, estimada como registros de niveles hidrométricos, superficie de espejo de agua, niveles de extracción de agua, aportes regulados de agua a estos sistemas, entre otros.

1.1.2 Caracterización morfológica

Es un elemento esencial en los estudios de impacto ambiental, ya que de ella depende que se desarrollen o se mantengan los hábitats necesarios de las especies acuáticas, del mismo modo esta caracterización determina los usos antrópicos en el área de influencia. En sistemas fluviales la alteración de los de la morfología ocurre principalmente por la alteración de los caudales, lo cual afecta la disponibilidad de hábitat para la fauna acuática. Otro aspecto importante de caracterizar en la dinámica fluvial es el transporte de sedimentos, su alteración puede generar una modificación de la morfología del cauce, productor de la alteración en la dinámica natural de erosión/sedimentación. Para cuerpos de agua lacustres antecedentes sobre su batimetría junto con el área total inundada son importantes de considerar dentro de la caracterización morfológica, mientras que, en lagunas someras, como las lagunas de evaporación en salares, el antecedente más relevante es la superficie inundada (espejo de agua). Las caracterizaciones morfológicas pueden ser efectuadas a macroescala y mesoescala a través de cartografía, imágenes satelitales o fotos aéreas del área de interés, requiriendo posteriormente una validación de terreno.

1.1.3 Caracterización física y química del agua

Las propiedades físico químicas del agua influyen de manera importante en la calidad de los hábitats y diversidad de las comunidades biológicas en los sistemas acuáticos (Raven *et al.* 1998). Por lo tanto, es de valor disponer de antecedentes preliminares de la caracterización física y química del cuerpo de agua para proporcionar una descripción integrada de los factores que podría influenciar la condición biológica de los sistemas acuáticos. Estos antecedentes, siguiendo los lineamientos de SEA (2016), pueden ser utilizados para evaluar a una escala regional las características generales del río a ser intervenido, pudiendo ser clasificados de acuerdo a las Hidroecorregiones elaboradas por la DGA (DGA, 2008), el estudio de Clasificación de Cuerpos de Agua de la Conama (CONAMA, 2010) y la Clasificación Eco-Hidrológica de los ríos de Chile, REC-Chile (Peredo-Parada *et al.*, 2011). Por otra parte, SEA (2016) también aporta antecedentes sobre fuentes bibliográficas validadas para la caracterización físico-química de sistemas acuáticos, estas corresponden a los trabajos de: “Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad” (DGA - Cade Idepe, 2003), los estudios publicados en el Centro de Información de Recursos Hídricos de la DGA (http://sad.dga.cl/), datos de la Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea de la DGA (http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes).

1.1.4 Caracterización ecológica

Corresponde a la descripción de aspectos relevantes en las poblaciones y comunidades del ecosistema acuático en el área de interés. El estudio de las poblaciones implica el conocimiento de la distribución espacial de los individuos, las épocas y sitios de reproducción, la estructura de tallas de juveniles y adultos, la biomasa o su estado de condición física, entre otros. En el caso de las comunidades involucra antecedentes sobre la composición taxonómica, riqueza y abundancia. También es de valor disponer de antecedentes de las especies como grados de endemismo, estados de conservación y uso comercial de las especies.

Por otro lado, la descripción ecológica de un sistema acuático en una línea base, permite la estimación de cambios en el tiempo por medio de cambios en la composición y abundancia de organismos ampliamente utilizados como indicadores ambientales en sistemas acuáticos continentales (e.j: microalgas, macroinvertebrados, entre otros).

1.1.5 Caracterización usos antrópicos

Define si existen actividades antrópicas relevantes en el área de influencia del proyecto. Esta caracterización involucra por una parte un aspecto social humano al potencialmente afectar, positiva o negativamente, actividades comerciales tales como turismo (camping, balnearios, lodge de pesca, sitios de rafting), pesca extractiva, pisciculturas, etc. Por otra parte, afecta la valoración natural de los ecosistemas al aportar antecedentes de preexistencia de estas actividades humanas con potenciales efectos negativos sobre la biota acuática. Respecto de estas actividades antrópicas SEA (2016) se recomienda recurrir a información disponible en municipalidades y organismos estatales como SERNAPESCA, SERNATUR, SEA, CONADI, DGA, además de organizaciones de carácter local como federaciones deportivas, juntas de vecinos y organizaciones de usuarios del agua.

1.2 Proyectos de Inversión y áreas de influencia

1.2.1 Proyectos de Inversión

Los Proyectos pueden afectar directa o indirectamente los ecosistemas acuáticos continentales, generando potencialmente impactos sobre su flora y fauna acuática. En el artículo 3° del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. N° 40/2012 del MMA), se listan los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental en cualquiera de sus fases, estableciéndose también los criterios que determinan su naturaleza y alcance ver Figura 2-1Esquema Causal de los impactos sobre la flora y fauna acuática.

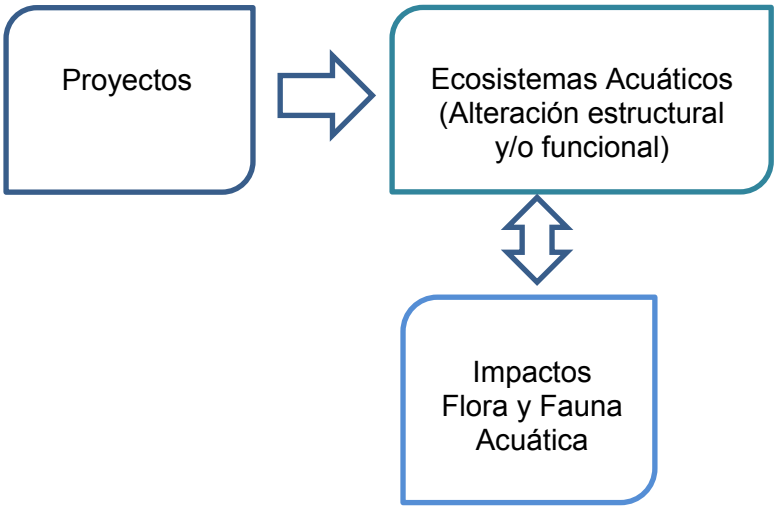


Figura 2-1Esquema Causal de los impactos sobre la flora y fauna acuática.

Proyectos de energía, equipamiento, infraestructura hidráulica, infraestructura portuaria, infraestructura de transporte, instalaciones fabriles varias, minería, pesca/acuicultura, agropecuario, planificación territorial e inmobiliaria y el sector productivo de saneamiento ambiental, pueden afectar los ecosistemas acuáticos continentales, provocando alteraciones en su flora y fauna acuática. A continuación, se especifican los Proyectos incluidos en el D.S. 40/2012 (Tabla 2-1):

Tabla 2-1: Descripción de los tipos de proyectos de inversión categorizados por sector

SECTOR	PROYECTOS
1.- Agropecuario	a.- Agroindustrias, mataderos, planteles y establos de crianza, lechería y engorda de animales, de dimensiones industriales.
2.- Energía	a-. Líneas de transmisión eléctrica. b.- Centrales hidroeléctricas de pasada c-. Centrales hidroeléctricas de embalse. d.- Centrales termoeléctricas. e.- Centrales nucleares e instalaciones relacionadas. f.- Oleoductos, gaseoductos, ductos mineros u otros análogos
3.- Equipamiento	a.- Proyectos de equipamiento que correspondan a predios y/o edificios destinados en forma permanente a salud, educación, seguridad, culto, deporte, esparcimiento, cultura, transporte, comercio o servicios.
4.- Forestal	a.- Proyectos de desarrollo de explotación forestales en suelos frágiles, en terrenos cubiertos de bosque nativo, industrias de celulosa, pasta de papel y papel, plantas astilladoras, elaboradas de madera y aserraderos, todos de dimensiones industriales.
5.- Infraestructura hidráulica	a.- Acueductos, embalses o tranques que deban someterse a la autorización establecida en el artículo 294 del código de aguas. b.- Presas y embalses
6.- Infraestructura portuaria	a.- Puertos de vías de navegación, astilleros y terminales marítimos.
7.- Infraestructura de transporte	a-. Aeropuertos, terminales de buses, camiones y ferrocarriles, vías férreas, estaciones de servicio, autopistas y los caminos públicos que puedas afectar áreas protegidas
8.- Inmobiliarios	a.- Proyecto de desarrollo turístico destinado a permanente uso habitacional y/o de equipamiento para fines turísticos o de vivienda.
9.- Instalaciones fabriles varias	a.- Instalaciones fabriles, metalurgias químicas, textiles, productoras de materiales para la construcción de equipos y productos metálicos y curtiembres de dimensiones industriales.
10.- Minería	a.- Proyectos de desarrollo minero, incluidos los de carbón, petróleo y gas, explotaciones, plantas procesadoras y disposición de residuos y estériles. Extracción industrial de áridos
11.- Pesca y Acuicultura	a.- Proyectos de explotación intensiva, cultivo y plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos. b.- Producción anual igual o superior a 35 toneladas tratándose de equinodermos, crustáceos y moluscos no filtradores, peces y otras especies a través de un sistema de producción intensivo.
12.- Planificación territorial e inmobiliarios en zonas protegidas	a.- Obras que se concesionan para construir y explotar el subsuelo de los bienes nacionales de uso público, etc. b.- Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales o áreas bajo protección oficial. c.- Proyectos de desarrollo urbano o turístico, en zonas no comprendidas en alguno de los planes evaluados en 1º bis del Título II de la Ley, en zonas declaradas latentes o saturadas. d.- Caminos públicos que puedan afectar áreas protegidas o zonas vírgenes.
13.- Saneamiento ambiental	a-. Proyectos de saneamiento ambiental, sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento, etc. b.- Producción, almacenamiento, transporte, disposición o reutilización habituales de substancias tóxicas, explosivas, radioactivas, inflamables, corrosivas o reactivas. c.- Aplicación masiva de productos químicos en áreas urbanas o zonas rurales próximas a centros poblados o a cursos o masas de agua que puedan ser afectadas. d.- Emisarios submarinos.
14.- Otros	a.- Cotos de caza, en virtud del artículo 10 de la Ley Nº19.473 que sustituye texto de la Ley Nº4.061, sobre caza. b.- Proyectos de desarrollo, cultivo o explotación en las áreas mineras agrícolas, forestales e hidrobiológicas que utilicen organismos genéticamente modificados con fines de producción y en áreas no confinadas.

1.1.6 Área de Influencia

El área de influencia se define de acuerdo al Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de nuestro país como: "*El área o espacio geográfico, cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley, o bien para justificar la inexistencia de dichos efectos, características o circunstancias*" (Ley Nº 19.300 MMA. 2011)

La determinación y descripción del área de influencia es uno de los requisitos que debe cumplir todo Proyecto de Inversión que se somete al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Criterios sobre la determinación, justificación y descripción del área de influencia, se encuentra en extenso en la Guía para la descripción del área de influencia (SEA 2017).

El criterio fundamental para definir un área de influencia es a) espacio geográfico comprendido por el emplazamiento de las partes, obras y acciones del proyecto (naturaleza del proyecto); b) espacio geográfico donde potencialmente podrían presentarse impactos ambientales significativos sobre los elementos hidrobiológicos (Figura B-2).

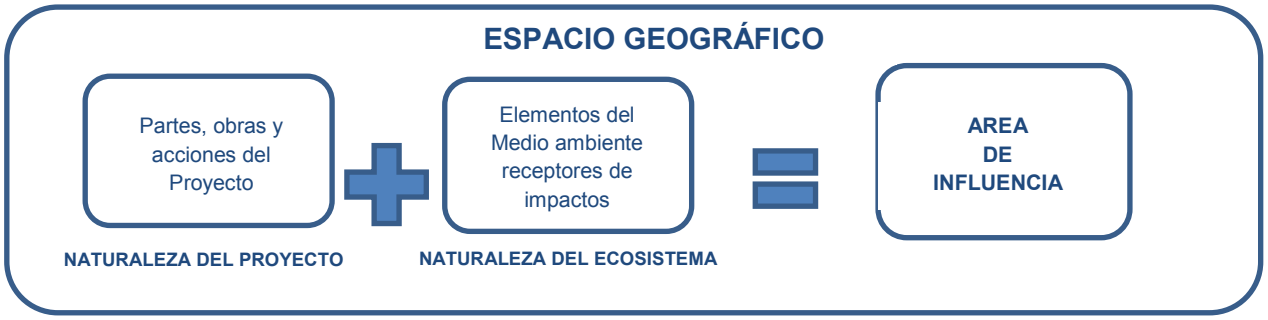


Figura 2-2 Espacio geográfico del área de influencia

1.1.7 Tipos de Impactos

En general, la Evaluación de Impacto Ambiental se basa en el análisis predictivo de como las partes, obras y acciones de un proyecto afectan los componentes del ecosistema, considerando escenarios con y sin proyecto (SEA 2015b), un análisis que dependiendo del componente o elemento afectado del ecosistema acuático determina un área de influencia específica para cada uno de ellos. El área de influencia depende también de la fase del proyecto (construcción, operación, cierre) y difiere entre los impactos directos, indirectos y acumulativos.

Una aproximación es proponer a los tipos de Proyectos como un marco de referencia para identificar los tipos de impactos (SEA 2015b). Un impacto ambiental en el contexto del SEIA

es una clase particular de relación causa-efecto, donde las causas se derivan de las acciones del Proyecto y el efecto sobre los recursos hidrobiológicos.

Al enfatizar los efectos, el análisis se centra en los posibles impactos que se requieren evaluar, además del Proyecto que lo genera. Este enfoque, basado en impactos sobre los ecosistemas acuáticos continentales, y en particular sobre la flora y fauna acuática, permite simplificar y discriminar dos tipos de impactos principales; a) Impactos directos o de carácter Estructural; b) Impactos indirectos o de carácter Funcional. Esta diferenciación permite agrupar impactos de la misma naturaleza.

1.2.1.1 Impactos Estructurales.

Los impactos de *carácter estructural* se extienden en un área física (partes y obras del Proyecto) o superficie del ecosistema acuático continental que lo afectará parcial o totalmente con las actividades del Proyecto, a uno o más de sus componentes. Por ejemplo, la fragmentación del curso fluvial por obras civiles, o por desviación del río, cambios en la morfología del cuerpo de agua cuando se forma un embalse, despejes de la vegetación riparina o alteración del ecosistema acuático para la instalación de obras o faenas o por extracción de áridos; nivelación de suelos adyacente a los ecosistemas acuático, entre otros.

1.2.1.2 Impactos Funcionales.

Los impactos *de carácter funcional* corresponden a los efectos de las actividades que alteran o eliminan las interacciones entre los componentes del ecosistema. La extensión de la superficie afectada por este tipo de impacto es indirecta y variable, ya que puede ocurrir en un espacio y tiempo diferente a donde se produjo la acción que generó el impacto. Un componente ambiental afectado funcionalmente, puede afectar a su vez a otro u otros componentes ambientales no relacionados con el proyecto (afectación zonas de alimentación y/o reproducción de algunas especies, rutas migratorias de peces.

En el caso de la entrada en operación de un embalse que regula su volumen, para la vegetación ribereña y aquella en un entorno terrestre cercano al sistema fluvial se define un área de influencia que abarca la extensión espacial del embalse formado (Impacto Estructural), mientras que para la calidad del agua, así como para componentes de la biota acuática, además del sector de inundación se puede definir un área de influencia que abarca también el sector aguas abajo del embalse por los cambios de calidad de agua transferidos desde el sector de inundación hacía aguas abajo, además de la alteración de las características hidrológicas en este sector afectando a la biota acuática (Impacto Funcional). Este tipo de impacto puede extenderse hasta su desembocadura en el mar e incluso en el mar adyacente, dado la escasez de longitud de la mayoría de los ríos de Chile.

1.1.8 Áreas de Importancia ambiental (AIA)

Un Área de Importancia Ambiental (AIA) se define como el área geográfica, donde se identifican bienes y servicios ecosistémicos[7] relevantes dentro del sistema fluvial (DGA 2011), una definición que puede ampliarse a cualquier tipo de ecosistema, y a aquellos acuáticos continentales en particular. Estas áreas de importancia pueden ser:

- Áreas de Importancia Ecológica (AIE): áreas que guardan relación con la biodiversidad que alberga.
- Áreas de Usos Antrópicos (AUA): áreas donde se identifican actividades humanas relacionadas con los ecosistemas acuáticos (servicios ecosistémicos).

SEA (2016) reconoce a las Áreas de Importancia Ecológica (AIE) como aquellos tramos de río que mantienen una heterogeneidad de hábitat en el sistema fluvial necesario para conservar la biodiversidad del ecosistema acuático, pudiendo nuevamente ampliarse esta definición para cualquier sistema acuático continental.

Las Áreas de Importancia Ecológica (AIE), pueden ser definidas por diversos atributos (DGA 2011; SEA 2016), entre los cuales se pueden indicar los siguientes:

- Presencia de especies singulares por su grado de endemismo, origen, distribución restringida o alguna otra particularidad.
- Presencia de especies con problemas de conservación, amenazadas (En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable).
- Desplazamientos de las especies hidrobiológicas amenazadas (por ejemplo, migraciones)
- Presencia de áreas que constituyen sitios de reproducción, alimentación o funciones clave de las especies acuáticas relevantes.
- Presencia de áreas que constituyen zonas de reclutamiento de juveniles.
- Presencia de áreas con especies hidrobiológicas de interés comercial.

Sobre las bases de las singularidades ecológicas identificadas en el ecosistema acuático, se elabora un mapa donde se identifica cada una de las AIE. Lo anterior servirá como base para establecer el área de influencia, potenciales impactos (estructurales y funcionales) y para el diseño de muestreo para la elaboración de estudios de línea de base.

1.1.9 Criterios para la delimitación del área de influencia en ecosistemas acuáticos

El proceso de delimitación del área de influencia consta de 5 etapas:

[7] Servicio Ecosistémico:. Los servicios ecosistémicos se definen como los componentes y procesos de los ecosistemas que son consumidos, disfrutados o que conducen a aumentar el bienestar humano tomando en cuenta la demanda de los beneficiarios, así como la dinámica de los ecosistemas (Daily 1997, Boyd y Banzhaf 2007, Luck et al. 2009, Quijas et al. 2010).

Esta etapa consiste en identificarlas características del Proyecto. La primera actividad es clasificar el Proyecto según su Tipología (Artículo 3 del Reglamento del SEIA, Tabla 2-1) e impactos que puede generar.

- Se identifica en un plano utilizando el layout del proyecto; las partes y obras estructurales (Impactos Estructurales)
- Posteriormente se identifican aquellas acciones del Proyecto que puedan alterar, modificar o eliminar algunas de las relaciones entre los componentes del ecosistema acuático (Impactos Funcionales).
- Se determina la extensión que pueda llegar a generar los impactos de tipo funcional; para así poder determinar en qué extensión espacial y a que elementos de la flora y fauna acuáticas están afectándose realiza para cada componente biológico.
- Posteriormente, se cruzan los polígonos; obteniendo como resultado final a) el proyecto descrito según especificaciones relevantes en un plano de obras y b) polígono de mayor extensión espacial; que representa el área de influencia preliminar.

1.2.1.3 Etapa 2 Naturaleza del Ecosistema Acuático (Receptor del Impacto)

Esta etapa consiste en identificar el tipo de ecosistema acuático que será afectado (ríos, lagos o humedales); y los componentes de flora y fauna acuática (fitobentos, fitoplancton, zoobentos, zooplancton, peces, plantas acuáticas, mamíferos acuáticos) que habitan en el área de influencia preliminar, descrita en la Etapa 1. La descripción básica del receptor de impacto corresponde a una etapa preliminar en el proceso de representación de los componentes de la flora y fauna acuática, y como tales, no necesariamente satisface los criterios planteados para la descripción del Área de Influencia en el marco del SEIA (SEA 2016). En los ecosistemas acuáticos lagos, lagunas y otros humedales; el área de influencia corresponderá en la mayoría de los casos, a todo el cuerpo acuático (excepto lagos profundos y extensos del sur de Chile); podrían ser considerados también, dentro del área de influencia, los tributarios afluentes y efluentes. En el caso de los ecosistemas de ríos, el área de influencia se extendería según los polígonos conformados en la Etapa 1.

Una vez identificado el ecosistema que podría verse afectado, y sus atributos; se debe considerar los impactos ambientales potencialmente significativos estos.

1.2.1.4 Etapa 3 Identificación de la Flora y Fauna acuática posiblemente afectada por las partes, obras y acciones del Proyecto.

Esta etapa consiste en identificar espacialmente la flora y fauna acuática afectadas (estructural y funcionalmente) por las partes, obras y acciones del Proyecto. Esta información debe ser traspasada a los planos del proyecto; delimitando estas áreas a través de un polígono. La extensión del polígono guardará relación con la distribución actual y potencial acorde a la movilidad de las especies.

1.2.1.5 Etapa 4 Identificación Área de Importancia Ecológicas (AIE)

Esta etapa consiste en identificar las AIE en el ecosistema acuático receptor en toda la extensión donde los impactos estructurales y funcionales afectan al ecosistema. Esta información debe ser traspasada a los planos del proyecto; delimitando estas áreas sensibles a través de un polígono. La extensión del polígono guardará relación con aquellas áreas sensibles que puedan ser afectados por el Proyecto.

1.2.1.6 Etapa 5 Delimitación espacial del Área de Influencia

El área de influencia viene a ser el resultado de un conjunto de áreas o superficies de acuerdo al alcance de los diferentes componentes que comprende el ecosistema según etapa 1, 2, 3, 4 y 5.

La **Tabla 2-2** entrega los criterios mínimos para la delimitación del área de influencia según (I) Características del Proyecto; (II) Ecosistema Acuático; III) Tipo de Impacto; IV) AIE; V) Potenciales Impactos; VI) Flora y Fauna Acuática potencialmente afectada

Tabla 2-2 Criterios para la delimitación del área de influencia según proyecto, por ecosistema acuático y especies hidrobiológicas involucrados

(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
Tipo Proyecto(TP)	**Ecosistema Acuático**	**Delimitaciones preliminares tipo impacto (Estructural/Funcional)**	**Delimitaciones preliminares Asociadas a componentes biológicos**	**Potenciales impactos Proyecto**	**Flora y Fauna potencialmente afectada**
1.-Agropecuario 2.- Energía 3.- Equipamiento 4.- Forestal 5.- Infraestructura hidráulica 6.- Infraestructura portuaria 7.- Infraestructura de transporte 8.- Inmobiliario 9.- Instalaciones fabriles varias 10.- Minería 11.- Pesca y Acuicultura 12.- Planificación territorial 13.- Saneamiento ambiental 14.- Otros	Humedales	**Área que comprende los Impactos Estructurales** a) Layout del proyecto (ubicación de las obras, partes, ya sean permanentes y/o temporales). b) Identificación de Ecosistemas acuáticos dentro del layout; o que puedan verse afectados por el Proyecto. c) Generación polígono que abarque el área geográfica más extensa en relación a la proyección de las obras permanentes y temporales sobre el ecosistema acuático. **Área que comprende los Impactos Funcionales** a) Identificación de impactos, preliminar o básico, con énfasis en la interacción que se produce entre las obras, partes y acciones del Proyecto b) Para identificar los efectos sobre ecosistemas acuáticos se requiere conocer los flujos de materiales que generan los proyectos (líquidos descargables a los cuerpos de agua y componentes) o descarga de materiales solidos o en suspensión c) Representación de la extensión geográfica de este tipo de impactos sobre la flora y fauna acuática. d) Generación polígono que abarque el área geográfica más extensa en relación a impactos de tipo funcional.	**Área que comprende la identificación de las especies de flora y fauna acuática** a) Distribución de especies de microalgas b) Distribución de especies de invertebrados c) Distribución de especies de peces d) Distribución de especies de plantas acuáticas e) Distribución de especies de anfibios f) Distribución de especies de aves acuáticas g) Distribución de especies mamíferos acuáticos **Área que comprende la identificación de Áreas de Importancia Ecológica** a) Distribución de especies con endemismo local y/o regional. b) Distribución de especies en categoría de conservación amenazada. c) Desplazamientos de las especies hidrobiológicas amenazadas (En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerables). d) Sitios de reproducción, alimentación o funciones clave de las especies acuáticas relevantes. e) Sitios con valor para la pesca recreativa o extensiva. f) Sitios de reclutamiento de juveniles. g) Sitios con especies hidrobiológicas de interés comercial.	(TP: 2,5, 7, 10, 12) Estos ecosistemas acuáticos podrían verse afectados por **impacto de carácter funcional**. Por ejemplo, afectación de napas subterráneas. La disminución de napas podría afectar vegetación azonal de los humedales; como también la flora y fauna acuática.	*Vegetación azonal *Plantas acuáticas Fitobentos Fitoplancton Zoobentos Zooplacton Peces
	Ríos			(TP:1-14) Estos ecosistemas acuáticos podrían verse afectados por impactos de carácter estructural, por ejemplo; fragmentación de los cursos de agua; modificación de los cuerpos de agua, por ejemplo loticos a lénticos; desvíos de su curso principal. Despejes y/o tala de vegetación ribereña por construcción de obras; nivelación de suelos cercanos a cuerpos acuáticos; cortes y rellenos; extracción de áridos. También podrían verse afectados por impactos de carácter funcional; por ejemplo, caudales regulados, los que podrían afectar la flora y fauna asociada. Algunas obras podrían interrumpir el desplazamiento de especies hidrobiológicas hacia zonas de reproducción; Si el Proyecto no interviene el sistema lótico, sino que se encontrará en sectores aledaños, podrían existir impactos funcionales. Por ejemplo en Líneas de Alta Tensión (LAT) los sólidos suspendidos totales podrían llegar a algún cuerpo acuático desde el sector de las obras y afectar a la flora y fauna acuática. Vertimiento de efluentes en ecosistemas acuáticos; emisiones líquidas o atmosféricas sobre la fotosíntesis de productores primarios; depresión de napas subterráneas y la hidrología superficial;	*Peces *Fitobentos Fitoplancton *Zoobentos Zooplacton Plantas acuáticas

(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
Tipo Proyecto(TP)	**Ecosistema Acuático**	**Delimitaciones preliminares tipo impacto (Estructural/Funcional)**	**Delimitaciones preliminares Asociadas a componentes biológicos**	**Potenciales impactos Proyecto**	**Flora y Fauna potencialmente afectada**
				invasión de especies sobre la estructura comunitaria de la biota acuática, procesos de especiación química por evacuación de vertidos industriales, entre otros.	
	Lagos	**<u>Determinación del Área de Influencia</u>** Generación de un polígono que abarque el área geográfica más extensa en relación a la ubicación de la distribución de la flora y fauna acuática y AIE que pudiesen verse afectados por el Proyecto.		(TP: 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14). Los Proyectosque podrían afectar este tipo de cuerpo acuático se encuentran en sectores aledaños. Los impactos serían probablemente de carácter funcional. Por ejemplo, sespejes y/o tala de vegetación ribereña	Fitobentos *Fitoplancton Zoobentos *Zooplancton *Peces *Plantas acuáticas

(*) Flora y Fauna de relevancia en el tipo de ecosistema acuático.

(TP) Tipo Proyecto.

1.1.10 Otras Áreas dentro del Ecosistema Acuático Continental

1.2.1.7 Área de estudio

Algunos Estudios de Impacto Ambiental hacen mención a áreas de influencia directas e indirectas, término no utilizado en el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental ni tampoco en las Guías Para la Descripción del Área de Influencia (SEA 2013; 2015a; 2015b, 2017). Por otra parte, el Proyecto requiere en algunos estudios, definir sectores "referenciales" o "controles" fuera del área de influencia que sirven como contraste para el seguimiento de variables de interés. Fuera del área de influencia pueden encontrarse sectores de interés como áreas protegidas, áreas de interés biológico, áreas reproductivas, áreas de interés comercial, entre otros, que podrían no verse afectados por el Proyecto, no obstante, se consideran dentro de los estudios para verificar esta no afectación. El conjunto de estas áreas de influencia y sectores referenciales se denomina Área de Estudio del Proyecto.

1.2.1.8 Áreas protegidas

A nivel nacional se define como áreas protegidas a: "porciones de territorio, delimitadas geográficamente y establecidas mediante un acto administrativo de autoridad competente, colocadas bajo protección oficial con la finalidad de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza o conservar el patrimonio ambiental" (http://areasprotegidas.mma.gob.cl/areas-protegidas/). Un completo registro actualizado de las áreas protegidas nacionales (principalmente parques y reservas) así como de otras designaciones de instrumentos de conservación *in situ* como sitios Ramsar, sitios prioritarios, etc., son resumidas en la página web del Ministerio del Medio Ambiente http://areasprotegidas.mma.gob.cl/.

En el área de estudio, se podría considerar la presencia o cercanía de ecosistemas acuáticos que se encuentren dentro de zonas bajo protección oficial (Parques Nacionales, Reservas Nacionales, Monumentos Naturales, Reservas de zonas vírgenes, Santuarios de la Naturaleza, Formaciones vegetales reguladas; Intervención de especies protegidas; Intervención del hábitat de especies protegidas, etc.) para monitorear que la flora y fauna acuática que habita estos ecosistemas no se vea afectada por el Proyecto.

3 DISEÑO DE MUESTREO

La necesidad del muestreo surge de la imposibilidad de tener acceso a poblaciones enteras o universo[8] de datos, de modo de obtener antecedentes confiables (o representativos) sobre variables de interés, esto último definido en estadística como "inferencia" y que es el principal objetivo del muestreo (Navarro 2011). De esta forma, el modo o método de muestreo es de suma importancia en la obtención de muestras representativas, lo que tiene dos aspectos prácticos, por una parte, están los instrumentos y metodologías diseñados para la toma de muestras, lo que es abordado en el punto 2.3 de esta guía (Metodologías de Muestreo), y por otro la definición del modo y número de muestras tomadas, esto último reconocido por los estadísticos como "Diseño Muestreal" (Krebs 1989).

[8] Población o Universo: En estadística se define como el grupo entero de elementos acerca de la cual se hacen deducciones (Sokal y Rohlf, 1979).

Las variables de interés sobre las cuales se necesita inferir, se clasifican de acuerdo a Maroñas y colaboradores (2010); Sokal y Rohlf (1995) como:

- Mensurables (o cuantitativas): Cuando todos los estados de la variable se pueden expresar con un número.
- Ordinales: Son variables que no pueden ser medidas, pero al menos pueden ser ordenadas o clasificadas por su magnitud.
- Atributos: También llamados caracteres cualitativos, son aquellos que no son susceptibles de medición y se expresan mediante palabras.
- Variables Derivadas: las que generalmente están basadas en dos o más variables independientes cuyas relaciones son expresadas de como razones, porcentajes, índices y tasas.

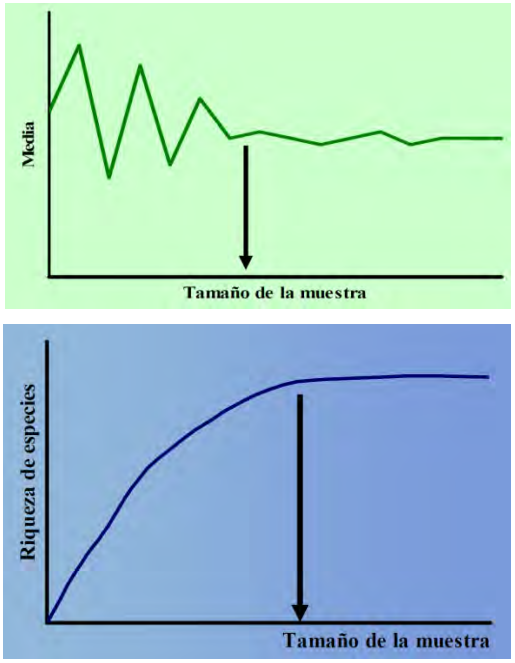
Las inferencias por muestreo usualmente son dirigidas a la *estimación* de ciertas características numéricas de la población o Inferencia estadística, tales como la media, el total o la varianza. Estas medidas descriptivas numéricas de la población se denominan *parámetros*.

Un asunto central en los muestreos es la representatividad o confiabilidad de los parámetros estimados a partir de las muestras, lo que guarda relación con el tamaño o número de muestras tomadas para las estimaciones, desde este punto de vista el número de muestras también pueden ser entendido como el número de réplicas o repeticiones de observaciones sobre una variable dada.

Para determinar el tamaño o número de muestras es necesario realizar un muestreo preliminar. Existe un método sencillo que, en forma gráfica, permite determinar el tamaño de la muestra. Por ejemplo, a partir de tomar en el campo cinco (5) unidades de muestreo o replicas y calcular con ellas la media de la variable (x). Luego se toman cinco (5) unidades más y se calcula x para las diez unidades acumuladas y así siguiendo de a pasos de a cinco. En un eje de coordenadas se representa el valor de la media de la variable considerada (número de individuos, etc.) en función del número de unidades de muestreo (**Figura 3-1a**). Inicialmente los valores pueden oscilar en forma marcada y tienden a estabilizarse a medida que aumentamos el tamaño de la muestra. En la **Figura 3-1a**, el tamaño apropiado está indicado por la flecha, y se corresponde con el valor de n (tamaño de la muestra) para el cual la media deja de fluctuar más allá de unos límites previamente establecidos. Este tipo de método gráfico también puede utilizarse cuando se trabaja en el nivel de organización de las comunidades con la riqueza de especies (**Figura 3-1b**). Se aplica sobre el concepto que a medida que aumenta el tamaño de la muestra se incrementa el número de especies halladas. Esto ocurre hasta determinado tamaño de muestra a partir del cual un mayor esfuerzo de muestreo no produce un incremento significativo en el número de especies.

a)

b)



Fuente: Modificado de Maroñas *et al.* 2010.

Figura 3-1. Métodos gráficos para estimar el tamaño de la muestra. a) Para valores medios de una variable dada. b) Para la riqueza de especies en una comunidad de organismos. La flecha indica el tamaño apropiado para el ejemplo.

La elección del tamaño muestral requiere considerar la disponibilidad de tiempo, recursos económicos, personal y los efectos sobre las poblaciones. Un número reducido de unidades de muestreo supone un incremento del error en las estimaciones, por lo que en general será necesario considerar un mínimo en función del error que se crea aceptable según el muestreo a realizar, por ejemplo, para un muestreo de macrozoobentos Maroñas y colaboradores (2010) se refieren a que el error aceptable es del 20%. Este concepto se aplica en la determinación numérica del tamaño muestral adecuado para estimar la densidad poblacional (número de individuos / unidad de área o volumen). El porcentaje de error se expresa como el error estándar de la media. La razón entre el error y la media aritmética es un índice de precisión de la estimación, al que se llama D. Si utilizamos el 10% (0,1 como proporción) que se tolera para el macrozoobentos citado con anterioridad entonces:

$$D = 0{,}1 = \frac{\text{Error Estándar}}{\text{Media Aritmetica}} = \frac{\sqrt{\frac{S^2}{n}}}{\overline{X}}$$

Por lo tanto, el número de unidades de muestreo en una muestra al azar está dado por:

$$n = \frac{S^2}{D^2\overline{X}^2} = 100\frac{S^2}{\overline{X}^2}$$

El uso de este método es a modo de ejemplo y es válido cuando los individuos que conforman la población están distribuidos al azar. Nótese que una distribución de individuos al azar se puede determinar en un muestreo preliminar si la media de su abundancia es similar a su varianza, es decir la razón Varianza/Media ≈ 1,0, para las otras distribuciones esta razón es > 1,0 en las distribuciones agregadas o contagiosas y < 1,0 en la distribución uniforme.

Para poblaciones en que los individuos tienen disposición espacial agregada, de acuerdo a Martella y colaboradores (2012), el tamaño muestral pude ser estimado por:

$$n = \frac{\frac{1}{\bar{X} + {}^{1}/_{k}}}{D^2}$$

Donde k es el parámetro de dispersión de la distribución binomial negativa (distribución probabilística consistente con el patrón espacial agregado) que se estima a través de la media y varianza muestrales:

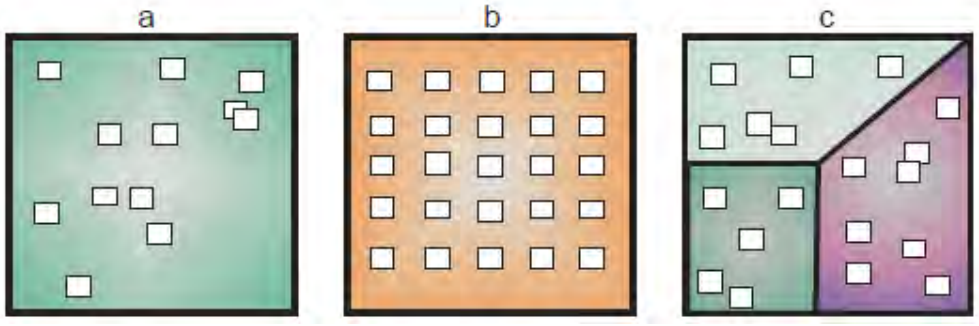
$$k = \frac{\bar{X}^2}{S^2 - \bar{X}^2}$$

Cuando menor es el k, mayor es el grado de agrupamiento y viceversa, de lo que puede desprenderse que para distribuciones homogéneas el cociente 1/k tiende a cero en la ecuación de Martella y colaboradores (2012).

2.1 Tipos de muestreo

En este acápite se hace referencia a como se sitúan las unidades de muestreo dentro del área de interés, es decir, ¿dónde ubicar el personal? (cuadrantes, draga, red, core, entre otros).

De acuerdo Maroñas y colaboradores (2010) se pueden distinguir tres tipos principales de muestreo, los que se ilustran en la **Figura 3-2**:



Fuente: Maroñas *et al* .2010.

Figura 3-2. Tipos de muestreo. a: aleatorio, b: regular, c: estratificado

- Muestreo aleatorio simple (**Figura 3-2a**): Cada unidad del universo considerado tiene igual probabilidad o “chance” de ser seleccionada y formar parte de la muestra a tomar.

- Muestreo regular o sistemático (**Figura 3-2b**): Se sitúan las unidades de muestreo a la misma distancia unas de otras. El muestreo de transectas son variantes del muestreo sistemático, y tienen gran utilidad cuando se pretende estudiar la influencia de gradientes ambientales (como por ejemplo, la altitud, la profundidad, pisos del litoral marino, entre otros). En una transecta, las unidades de muestreo se colocan a menudo

muy próximas unas a otras, lo que ocasiona generalmente la falta de independencia en los datos obtenidos.

- Muestreo aleatorio estratificado (**Figura 3-2c**): Es uno de los más utilizados. Consiste en dividir el área de estudio en sectores homogéneos o estratos con algún criterio en cuanto a sus características ambientales. Dentro de cada estrato se procede a un muestreo aleatorio o sistemático, procurando que el número de unidades de muestreo sea proporcional a la superficie de este. Con esta técnica se disminuye la variabilidad (desviación estándar) de los datos con respecto a aquellos de toda la zona sin estratificar. En un análisis posterior, los estratos no pueden ser comparados atendiendo el criterio según el cual fueron separados.

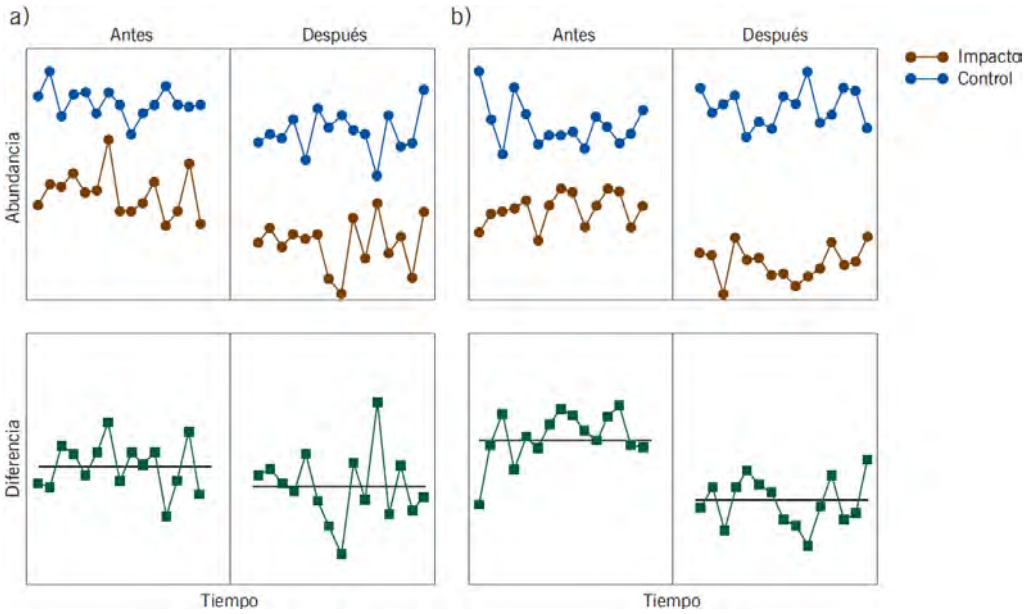
2.2 Diseño muestral

Los estudios pueden dividirse en experimentales y observacionales (García-Berthou y colaboradores 2009). En los primeros el investigador somete al material de estudio a diferentes tratamientos, mientras que en los segundos solo se observan las unidades muestrales en diferentes condiciones preestablecidas. Si bien en los estudios experimentales existe un mayor control y claridad en los resultados, en los observacionales se puede abarcar mayores escalas espaciales y temporales y existe un mayor realismo de los estudios.

Al diseño de estudios observacionales se le llama “diseño muestral” y su aplicación ha sido menos desarrollada que el diseño experimental. En este último diseño hay tres principios clásicos que son: control, replicación y aleatorización. El control es un grupo de unidades experimentales no tratadas las que se comparan con las unidades bajo tratamiento. La replicación corresponde a varias unidades experimentales que reciben el mismo tratamiento o la ausencia de estos (en el control). Por último, la aleatorización consiste en asignar al azar los tratamientos a las distintas unidades experimentales para evitar sesgos del experimentador y favorecer la independencia de los errores. Estos tres principios del diseño experimental son de fácil aplicación en el laboratorio, pero no así para la experimentación en el campo a escalas medias o grandes, o para estudios como los de impactos ambientales. Para estos últimos estudios se ha propuesto como adecuado un diseño BACI (Before-After-Control-Impact) también llamado BACIPS (BACI-Paired Series).

El diseño BACI compara las series temporales o las diferencias entre la zona tratada o impactada y el control, antes y después de la intervención o tratamiento experimental. Un ejemplo hipotético de esta aproximación se detalla en la **Figura 3-3**, donde se estudia la abundancia de un organismo en una zona control y otra zona de impacto antes y después de un determinado suceso, intervención o tratamiento experimental. El caso en la **Figura 3-3a** ilustra una situación de ausencia de efectos de la intervención o tratamiento, mientras que en la **Figura 3-3b** el caso contrario. Estos datos se pueden analizar con pruebas t de Student de las diferencias de medias o de preferencia con técnicas de regresión o series temporales si existen datos suficientes. Un ejemplo típico de aplicación de esta aproximación es el estudio del efecto de un canal efluente industrial, y así posiblemente con elementos potenciales contaminantes, sobre un río, en que la zona control se define en un sector aguas arriba donde el sentido de la corriente impide la difusión de los elementos transportados por el canal hacia este sector y la zona impactada aguas abajo de la localización del canal, importantemente y como lo ilustra la **Figura 3-3** es que pueden existir diferencias previas en la magnitud de las variables evaluadas en las zonas de impacto y control, las que deben quedar claramente definidas en estudios preliminares (la situación antes), típicamente estudios de Línea Base en evaluación de impacto ambiental, de modo de evaluar cómo cambia la magnitud de estas

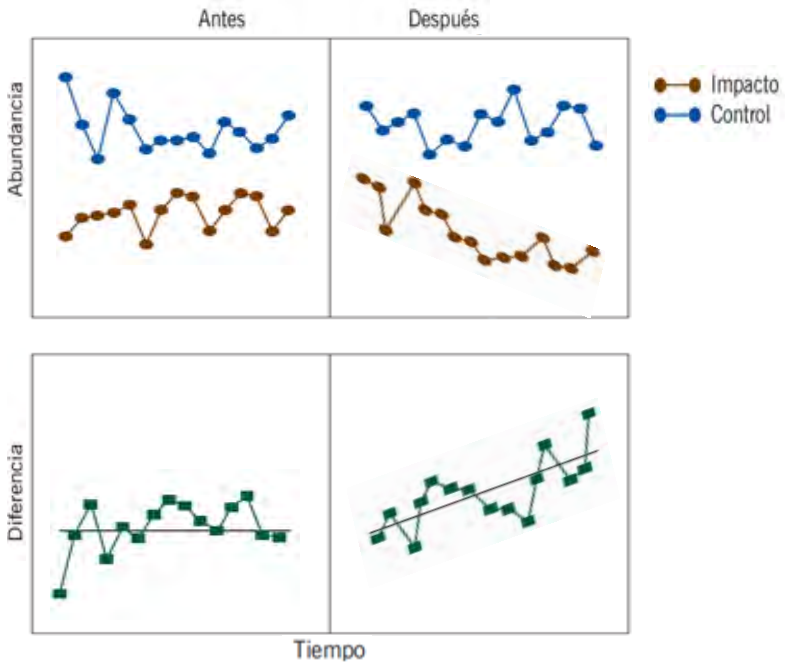
diferencias una vez implementado el funcionamiento del proyecto, del canal en este caso (la situación después), o periodo de Operación en estudios de seguimiento o monitoreo de proyectos.



Fuente: Modificado de García-Berthou *et al.* 2009

Figura 3-3. Ejemplo hipotético del diseño BACI

Una situación posible dentro de estos análisis es que la expresión de los efectos de la intervención o tratamiento experimental sea acumulativa en el tiempo, de modo que en la fase temprana de implementación no se observen mayores diferencias entre control e impacto salvo las ya establecidas en el periodo “antes”, expresándose con mayor fuerza las diferencias a medida que transcurre el tiempo, una situación que esquemáticamente se expresaría de acuerdo a la **Figura 3-4** y cuyo análisis es más adecuado de realizar a través de la serie de temporal de los datos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-4. Ejemplo hipotético del diseño BACI con efectos acumulativos en el tiempo en la zona de impacto

2.3 Frecuencia de muestreo

Aparte del tamaño de la muestra, la frecuencia de muestreo también es un factor que incide en la representatividad o confiabilidad de los parámetros estimados, en este caso específico describiendo la existencia o no de patrones de variación temporal. La frecuencia de la toma de muestras dependerá inversamente del grado de variabilidad temporal de los parámetros, si el parámetro es poco cambiante (estable), el número de muestras requeridos caracterizarlo a lo largo del tiempo es menor y viceversa. Por consiguiente, es de utilidad contar con datos o antecedentes históricos del cuerpo de aguas referidas a las variables de interés (Luna y colaboradores, 2011). Si esto no es posible, la frecuencia se establece en función del tiempo disponible para la realización del estudio, pudiéndose fraccionar de manera azarosa o dirigida. La frecuencia debe cubrir diferentes fechas a lo largo del año de modo de reflejar eventos forzantes como son la:

a) Estacionalidad climática
b) .
c) Aguas altas-aguas bajas
d) Estaciones lluviosas y secas, entre otros.

Criterios operacionales mínimos del Diseño de Muestreo, dentro del contexto del SEIA:

El diseño de muestreo se establecerá en función de los objetivos del proyecto, que pueden variar desde la caracterización general de la flora y fauna acuática en un sistema dado, hasta el seguimiento de una especie en particular, lo que implica variaciones en cuanto a donde y cuando muestrear.

Dada la diversidad de tipos de ecosistemas acuáticos (ríos, arroyos, lagos, lagunas, embalses, salares, vegas, etc.), así como la variedad de tipos (y magnitud) de proyectos a desarrollarse, es ineficiente establecer un sistema estándar de diseño de muestreo.

Si bien no existe un sistema acuático igual a otro, es posible establecer similitudes generales en base a las cuales es posible sugerir como mínimo algunas consideraciones al momento de definir el diseño de muestreo:

Se recomienda los siguientes criterios al momento de elaborar el diseño de muestreo (para todo tipo de ecosistema acuático y tipo de Proyecto):

- **Flora y fauna acuática:** El diseño de muestreo es específico para cada componente.
- **Revisión bibliográfica:** Se recomienda para determinar la existencia de antecedentes de flora y fauna acuática del sector.
- **Extensión:** Cubrirá las extensiones geográficas que abarquen los impactos estructurales y funcionales.
- **Puntos de muestreo:** Deben estar insertos en toda el área de influencia del Proyecto y área de estudio.
    - Considerar incorporar un mayor número de puntos de muestreo en el área de influencia.
    - Considerar incorporar puntos de muestreo representativos en cada uno de los mesohábitats, microhábitats
    - Considerar incorporar puntos en las Áreas de Importancia Ecológica
    - Considerar incorporar puntos de muestreo aguas arriba, aguas abajo de un afluente, efluente, obras del proyecto.
    - Considerar incorporar puntos de muestreo en ríos tributarios o cualquier curso de agua que ingrese al ecosistema.
    - Considerar incorporar puntos de muestreo en zonas de recuperación (por ejemplo, aguas abajo restitución de caudales, aguas debajo Riles; etc.)
- **Accesibilidad:** Asegurar tener acceso expedito a los diferentes puntos de muestreo definidos en diferentes épocas del año.
- **Efímeros/Permanentes:** Se sugiere estudiar ecosistemas acuáticos de régimen permanente, que permita su estudio en diferentes épocas del año.
- **Tiempo**: Considerar épocas de máximo y mínimo caudal, nivel hidrométrico, temperatura, salinidad, entre otros.
- **Frecuencia**: La duración del seguimiento dependerá, por una parte, del tipo de proyecto de magnitud y duración del impacto.
- **Número de réplicas:** El número óptimo de muestras por componente se establecerá de acuerdo a curvas de rarefacción y factibilidad técnica de ejecutarlos.

<u>Para el caso de humedales</u>

- En el caso de humedales altoandinos (altiplánicos), se sugiere establecer puntos de muestreo en cada uno de los segmentos reconocidos (vega, canal y laguna), cubriendo gradientes ambientales (salinidad, térmicos, etc.).
- Para el caso de los humedales costeros, se sugiere establecer puntos de muestreo cubriendo gradientes ambientales (por ejemplo, salinidad).

- En humedales costeros, considerar puntos de muestreo según la zonación ambiental dada por efecto de las mareas, que determina la existencia de tres zonas (salina, mezcla y dulceacuícola).
- Considerar muestreo a dos profundidades (superficie y fondo) en zona donde se compruebe efecto de cuña salina.

Para el caso de lagos y lagunas

- El diseño de muestreo debe considerar levantar información en los mesohabitats: zona litoral, zona bentónica y zona pelágica (fótica + limnética)
- Se debe considerar muestreo a distintas profundidades, lo que dependerá de distintos factores (profundidad, estratificación (zona fótica y zona béntica), tipo de circulación, morfometría del sistema lacustre, objetivo del estudio), comunidades planctónicas.

4 METODOLOGÍAS DE MUESTREO

4.1 Metodología de trabajo

Con el objetivo de establecer los procedimientos de muestreo, identificación taxonómica, manejo y preservación de muestras de flora y fauna dulceacuícola se procedió de la siguiente forma:

En cuanto a la **identificación taxonómica**, se realizó una exhaustiva revisión de todo tipo de información disponible en formato digital, papel u otro medio de visualización, de origen nacional o internacional. Las principales fuentes de información consultadas fueron las siguientes:

- Artículos científicos ISI y textos de la especialidad.

- Principales bibliotecas en red de universidades nacionales (Universidad de la Serena, Universidad de Concepción, Universidad Católica de Temuco, Universidad de la Frontera, Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Católica del Maule), solicitando información digital, en papel u otro medio de visualización de estudios en taxonomía, ya sean publicaciones científicas, tesis, seminarios de títulos, etc.

- Revisión de trabajos de expertos en taxonomía (nacionales e internacionales), entre ellos:
  - Para flora bentónica Carolina Díaz (www.amakaik.cl), Patricio Rivera (Universidad de Concepción), Oscar Parra (Universidad de Concepción), Nora Maidana (Universidad de Buenos Aires, Argentina).
  - Especialistas extranjeros en macroinvertebrados bentónicos que han realizados trabajos en nuestro país, como Eduardo Domínguez (Universidad de Tucumán), Narcis Prat (Universidad de Barcelona), Nuria Bonada (Universidad de Barcelona), Ralph Holzenthal (Universidad de Minessota), Gabriel Roldan (Universidad de Antioquía).
  - Especialistas en fauna íctica en Chile, como Irma Vila (Universidad de Chile), Victor Hugo Ruiz (Universidad de Concepción), Evelyn Habit (Universidad de Concepción), Pedro Victoriano (Universidad de Concepción), Tim Berra (Universidad Estatal de Ohio).
  - Especialistas en plantas acuáticas, como Enrique Hauenstein (Universidad Católica de Temuco); Carlos Ramírez y Cristina San Martín (Universidad Austral de Chile).

De este modo, esta guía contribuye a la identificación del nivel taxonómico de resolución en la que se encuentran los distintos componentes de los ecosistemas acuáticos continentales, resumiéndose la información obtenida en la **Tabla 4-1**. En particular, para la ictiofauna continental se indican también las principales colecciones de museos en Chile y en el exterior, además de colecciones personales (**Tabla 4-3**). Esto permite contar con la información de documentos científicos que pueden ser consultados y vía indirecta el reconocimiento de los expertos a nivel taxonómico de estos grupos en Chile.

Para establecer los procedimientos de muestreo, identificación taxonómica, manejo y preservación de muestras de flora y fauna dulceacuícola, se elaboraron fichas de metodologías de muestreo por componente y ecosistema, considerando documentos estatales o instituciones con reconocidos altos niveles o estándares de trabajo, los que se detallan en la **Tabla 4-1**.

Tabla 4-1 Estamentos o instituciones internacionales que cuentan con guías metodológicas o manuales para el muestreo de flora y fauna acuática continental. El listado de las mismas tiene relación con la similitud en flora y fauna acuática continental y en relación a la taxonomía de los grupos y sistemas acuáticos.

Continente	Países	Estamentos e instituciones gubernamentales
Oceanía	Australia	❖ New South Wales Environmental Protection Agency (EPA NSW).
	Nueva Zelanda	❖ National Institute of Water and Atmospheric Research (NIWA)
África	Sudáfrica	❖ South African National Parks (SANParks).
Europa	España	❖ Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
		❖ Directiva Marco del Agua (ML-R-FI-2015).
América	Estados Unidos	❖ Environmental Protection Agency (EPA).
	Canadá	❖ Fisheries and Ocean Canada (DFO-MPO)
	México	❖ Programa Nacional de reservas de agua (NMX-AA-159-SCFI-2012)
	Perú	❖ Ministerio del ambiente.
Asia	India	❖ Kerala State Biodiversity Board (KSBB).

Tabla 4-2 Resolución taxonómica de distintos grupos pertenecientes a los ecosistemas acuáticos continentales de Chile.

Componente	Resolución taxonómica	Artículos científicos
Fitoplancton	**Especie**	Parra, O. 2006. Estado de conocimiento de las algas dulceacuícolas de Chile (Excepto Bacillariophyceae). Gayana 70(1): 8-15.
		Parra, O. & M. González. 1977a. Catálogo de las algas dulceacuícolas de Chile: Pyrrophyta, Chrysophyta Chrysophyceae, Chrysophyta-Xantophyceae, Rhodophyta, Euglenophyta y Chlorophyta. Gayana Bot. 33: 1- 102.
		Parra, O. & M. González. 1976. Guía bibliográfica y distribución de las cianófitas de Chile (excluyendo el Continente Antártico). Gayana Bot. 32: 1-55.
		Rivera, P. 2006. Estado de conocimiento de las diatomeas dulceacuícolas de Chile. Gayana 70(1): 1-7.
		Rivera, P., M. Gebauer & H.L. Barrales. 1990. A Guide for References and Distribution for the Class Bacillariophyceae in Chile between 18º28'S and 58ºS. Part II. Data from 1982 to 1988. Gayana Botanica 46: 155-198.
		Rivera, P., O. Parra, M. González, V. Dellarossa & M. Orellana. 1982. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales. IV. Bacillariophyceae. Editorial Universidad de Concepción, 97 pp., 15 Láms.
		Parra, O., M. González, V. Dellarossa, P. Rivera & M. Orellana. 1982-1983. Manual Taxonómico del Fitoplancton de Aguas Continentales; con especial referencia al fitoplancton de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción Vol. 1, Cyanophyceae, 1982; Vol. 2, Chrysophyceae-Xanthophyceae, 1982; Vol. 3, Cryptophyceae, Dinophyceae y Euglenophyceae, 1982 ; Vol. 4, Bacillariophyceae, 1982; Vol. 5 (partes 1 y 2), Chlorophyceae, 1983.

Componente	Resolución taxonómica	Artículos científicos
		Parra, O.; Basualto, S.; Urrutia, R.; Valdovinos, C. 1999. Estudio comparativo de la diversidad fitoplanctónica de cinco lagos de diferentes niveles tróficos. Gayana 56(2): 25-40.
Zooplancton	**Especie/Familia**	Villalobos, L. 2006. Estado de conocimiento de los crustáceos zooplanctónicos dulceacuícolas de Chile. Gayana 70(1): 31-39.
		Araya, J.M. & L. Zúñiga. 1985. Manual taxonómico del zooplancton lacustre de Chile. Boletín Informativo Limnológico, Chile 8 :1-110.
		Soto, D. & L. Zúñiga, 1991. Zooplankton assemblages of Chilean temperate lakes: a comparison with North American counterparts. Rev. Chilena Hist. nat., 64: 569-581.
		De los Ríos, P. & D. Soto, 2006. Structure of the zooplanktonic crustaceous Chilean lacustre assamblages: role of the trophic status and protection resources. Crustaceana, 79(1): 23-32.
		De Los Ríos, P. & M. Romero-Mieres, 2009. Littoral crustaceans in lakes of Conguillío National Park (38° S, Araucanía Region, Chile). Crustaceana, 82(1): 117-119.
Fitobentos	**Especie**	Parra O & C Bicudo (1996) Algas de Aguas Continentales: Introducción a la Biología y Sistemática. Ediciones Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
		Díaz CA, Molina X & V Montecino (2012) Manual para el monitoreo e identificación de la microalga bentónica *Didymosphenia geminata.* Producido por POCHUniversidad de Chile y financiado por la Subsecretaría de Pesca.
		Parra, O., S. Basualto, R. Urrutia, D. Aviles & P. Rivera. 1993. Composición taxonómica del fitoplancton y fitobentos del Río Bio-Bío, Concepción, Chile. En: Evaluación de la calidad del agua y ecología del sistema limnético y fluvial del Río Bio-Bío. (Eds. Faranda, F. & O. Parra), Serie Monografías Científicas EULA, Vol. 12, pp.189-216.
		Rivera, P. 2000. Indice bibliográfico de las diatomeas (Bacillariophyceae) de Chile. Gayana Botanica 57: 19-27.
Zoobentos	**Especie/Familia**	Figueroa R, Valdovinos C, Araya E y Parra O. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 76: 275-285.
		Miserendino, M.L. 2001. Macroinvertebrate assem-blages in Andean Patagonian rivers and streams: environmental relationships. Hydrobiologia 444: 147 - 158.
		Parada, E. & S. Peredo. 2017. Estado actual de la taxonomía de bivalvos dulceacuícolas chilenos: progresos y conflictos. Revista Chilena de Historia Natural. (en prensa).
Plecópteros	**Especie**	Palma A. 2013. Importancia de las regiones mediterránea, templada y patagónica en la diversidad de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera: implicancias de futuros cambios ambientales en sus distribuciones. Boletín de Biodiversidad de Chile 8: 37-47.
		Palma A. & R. Figueroa. 2008. Latitudinal diversity of Plecoptera (Insecta) on local and global scales. Illiesia 4 (8): 81-90.
		Vera A y Camousseight A. 2006. Estado de conocimiento de los plecopteros de Chile. Gayana 70(1): 57-64
Crustáceos decápodos	**Especie**	Retamal, M. 2007. Biodiversidad de los Decapoda y Stomatopoda en los fiordos orientales del área Guafo a estero elefantes. Cienc. y Téc. del Mar. Vol. 30
		Jara, C. G. 1996. Taxonomía, sistemática y zoogeografía de las especies chilenas del género Aegla(Crustacea: Decapoda: Anomura: Aeglidae). Tesis, Escuela de Graduados, Universidad de Concepción. 180 pp.
		Jara, Carlos G; Rudolph, Erich H; González, Exequiel R. 2006. Estado de conocimiento de los malacostráceos dulceacuícolas de Chile. Gayana 70(1): 40-49.

Componente	Resolución taxonómica	Artículos científicos
		Bahamonde, N. & M.T. López. 1963. Decápodos de aguas continentales en Chile. Investigaciones Zoológicas Chilenas 10: 123-149.
		Lara, G., Parada, E., & Peredo, S.2002. Alimentación y Conducta de la almeja de agua dulce Diplodon chilensis (Bivalvia:Hyriidae). Gayana (Concepción), 66:2 107-112
Peces	**Especie**	Habit E., P. Victoriano & A. Rodriguez-Ruiz. 2003. Variaciones espaciotemporales del ensamble de peces de un sistema fluvial de bajo orden del centro sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 76: 3-14.
		Habit, E. & P. Victoriano. 2005. Peces de agua dulce de la Cordillera de la Costa. En: Historia, Biodiversidad y Ecología de la Cordillera de la Costa de Chile (Eds. C. Smith-Ramírez, J. Armesto & C. Valdovinos), pp. 392-406. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
		C Valdovinos, E Habit, A Jara, P Piedra, J González, J Salvo. 2012. Dinámica espacio-temporal de 13 especies de peces nativos en un ecotono lacustre-fluvial de la Cuenca del Río Valdivia (Chile). Gayana 76, 01-09.
		Habit E, Dyer B y Vila I. 2006. Estado de conocimiento de los peces dulceacuicolas de Chile. Gayana 70(1): 100-113.
		Colin, N., P. Piedra & E. Habit. 2012. Variaciones espaciales y temporales de las comunidades ribereñas de peces en un sistema fluvial no intervenido: río San Pedro, cuenca del río Valdivia (Chile). Gayana 76 (Número Especial): 24-35.
		Vila I; Fuentes L, Contreras M. 1999. Peces límnicos de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile 48: 61-75.
		Muñoz-Ramírez, C., A. Jara, M. Beltrán-Concha, A. Zúñiga-Reinoso, P. Victoriano & E. Habit.. 2010. “Distribución de la familia Diplomystidae (Pisces: Siluriformes) en Chile: nuevos registros.” Boletín de Biodiversidad de Chile 4: 6-17.
Plantas acuáticas	**Especie**	Hauenstein, E. & L. Falcón. 2001. Clave para la determinación de plantas acuáticas y palustres del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter (Valdivia, Chile). Gestión Ambiental 7: 39-48
		Hauenstein, E., M. González, F. Peña-Cortés & A. Muñoz-Pedreros. 2002. Clasificación y caracterización de la flora y vegetación de los humedales de la costa de Toltén (IX Región, Chile). Gayana Botanica 59: 87-100.
		Hauenstein, E., M. González, F. Peña-Cortés & A. Muñoz-Pedreros. 2005b. Biodiversidad vegetal en humedales costeros de la Región de la Araucanía. En: Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile (Eds. C. Smith-Ramírez, J.J. Armesto & C. Valdovinos), pp. 197-205. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
		Palma, B., F. Saíz & C. Pizarro. 1978. Variaciones de la taxocenosis de hidrófitas en el curso del estero Limache. Anales Museo de Historia Natural de Valparaíso 11: 61-67.
		Ramírez, C., C. San Martín & J. San Martín. 1995. Estructura florística de los bosques pantanosos de Chile sur-central. En: Ecología de los bosques nativos de Chile (Eds. J.J. Armesto, C. Villagrán & M. K. Arroyo), pp. 215-234. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
		Rodríguez, R. & V. Dellarossa. 1998. Plantas vasculares acuáticas en la Región del Bío- Bío. Ediciones Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 28 pp.
		Hauenstein, E. Visión sinóptica de los macrófitos dulceacuícolas de Chile. Gayana (Concepc.) [online]. 2006, vol.70, n.1 [citado 2017-09-06], pp.16-23.
		Ramírez, C., C. San Martín & J. San Martín. 2006. Diversidad de macrófitos chilenos En Vila I, A Veloso, R Schlatter & C Ramírez (eds.) Macrofitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 21-61 pp.

Componente	Resolución taxonómica	Artículos científicos
		Solís Luffi K, J. Urrutia, C. Sánchez & G. Valdivieso. 2012. Guía de campo de la flora hidrófila de los lagos araucanos y norpatagónicos. CEDEL_ Pontificia Universidad Católica de Chile See Regional Villarrica y Ministerio del Medio Ambiente. 80 pp.
		Hauenstein, E., C. Ramírez, M. González & C. San Martín 1992. Comparación de la flora macrofítica de tres lagos del Centro-Sur deChile (Budi, Llanquihue y Cayutue). Revista Geográfica de Valparaíso 22-23:175-193
		Hauenstein, E., C. Ramírez, M. González, L. Leiva & C. San Martín 1996. Flora hidrófila del Lago Villarrica (IX Región, Chile) y su importancia como elemento indicador de contaminación. Medio Ambiente 13:88-96
		Ramírez, C. & C. San Martín 2006c. Flora acuática. En: Saball, P., M Arroyo, J.C. Castilla, C. Estades, J.M. Ladrón de Guevara, S. Larraín, C. Moreno, F. Rivas, J. Rovira, A. Sánchez & L. Sierralta (eds.). Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. pp. 364-369 Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago
		Ramírez, C., D. Contreras & J. San Martín 1986. Distribución geográfica y formas de vida en hidrófitos chilenos. Actas VIII Congreso Nacional de Geografía, Publicación Especial del Instituto Geográfico Militar de Chile 1:103-110
		Ramírez, C., C. San Martín & J. San Martín 2004. Colmatación por macrófitos del complejo lacustre Vichuquén (VII Región, Chile) y clave de determinación. Revista Geográfica de Chile Terra Australis 49:179-196
		Rodríguez, R. & V. Dellarossa 1998. Plantas vasculares acuáticas en la Región del Bio-Bío. Universidad de Concepción 38 pp
		San Martín, C. C. Ramírez & M. Álvarez 2003. Macrófitos como bioindicadores: Una propuesta metodológica para caracterizar ambientes dulciacuícolas. Revista Geográfica de Valparaíso 34:243-253

Tabla 4-3 Principales colecciones de peces de agua dulce en Chile y el exterior y museos en línea. Extraído de Habit *et al,* 2006

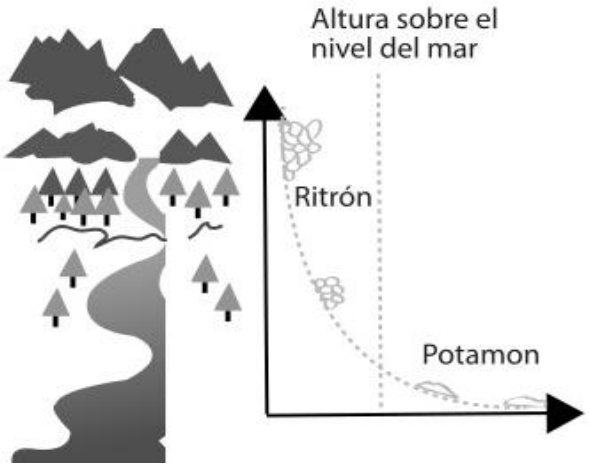
Tipo de colección	
Museo	Museo Nacional de Historia Natural, Santiago (www.mnhn.cl).
	Museo de Zoología, Universidad de Concepción, Concepción.
	Museo de Zoología, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
Museo online	American Museum of Natural History (http://research.amnh.org/ichthyology/ specimens.html)
	Academy of Natural Sciences, Philadelphia (http://data.acnatsci.org/ biodiversity_databases/fish.php)
	California Academy of Sciences, San Francisco (http://www.calacademy.org/ research/ichthyology/collection/index.asp)
	Cornell University (http://cuvc.bio.cornell.edu/cufish/index.html) FMNH Field Museum of Natural History, Chicago (http://fm1.fieldmuseum.org/collections/ search.cgi?dest=fish)
	The University of Kansas, Natural History Museum (http://nhm.ku.edu/fishes/)
	Museum of Comparative Zoology, University of Harvard (http:// collections.oeb.harvard.edu/Fish/FishSearch.htm)
	Museum National D'Histoire Naturelle, Paris (http://www.mnhn.fr/museum/foffice/ science/science/ColEtBd/bdCollections/bdCollections/catalogue.xsp?SIGLE= ichtyologie&idx=7&nav=liste)
	Swedish Museum of Natural History (http://artedi.nrm.se/nrmfish/search.php)
	Staatliches Museum fur Naturkunde Stuttgart
	Smithsonian National Museum of Natural History (http://www.nmnh.si.edu/vert/ fishes/fishcat/) http://www.nhm.org/research/fishes/
	The University of Michigan Museum of Zoology (www.ummz.lsa.umich.edu) (http://141.211.243.52/UMMZ/)
	Zoologische Museum Hamburg (http://www.rrz.uni-hamburg.de/cgi-bin/fischsearch)
	Museum für Naturkunde der Humboldt Universität, Berlin Personales
Personales	Colección Laboratorio Morfología Funcional Animal, Cecilia Cancino, Valparaíso. UCV
	Colección Universidad del Mar, Brian Dyer, Viña del Mar. UMAR
	Colección Evelyn Habit, Universidad de Concepción, Concepción. EULA

4.2 Protocolos de muestras de flora y fauna dulceacuícola

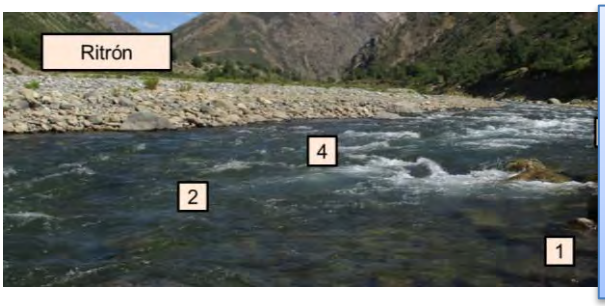
El objetivo de este capítulo es presentar las metodologías de muestreo de la flora y fauna acuática continental. A continuación, se detallan las fichas correspondientes a cada grupo y las metodologías utilizadas según distintos ecosistemas y mesohábitats allí detectados.

ECOSISTEMAS

A. ECOSISTEMAS LÓTICOS



RITRÓN	TRANSICIÓN	POTAMÓN
Mayor velocidad	Velocidad media	menor velocidad
Baja temperatura	Temperatura media	Mayor temperatura
Mayor concentración de oxígeno disuelto	Oxígeno disuelto en concentraciones medias	Menor concentración de oxígeno disuelto
Aguas transparentes	Agua transparente - turbia	Mayor turbidez
Sustrato rocoso con Hojarazca	Sedimento particulado	Sedimento fino



Mesohábitat 1 → Pozas. Profundidad frecuente <0,5 m.
Mesohábitat 2: Pozón. Profundidad frecuente >0,5 m.
Mesohábitat 3 → Aguas corrientes. Profundidad frecuente 1 m.
Mesohábitat 4 → Rápidos. Profundidad frecuente >0,5 m.

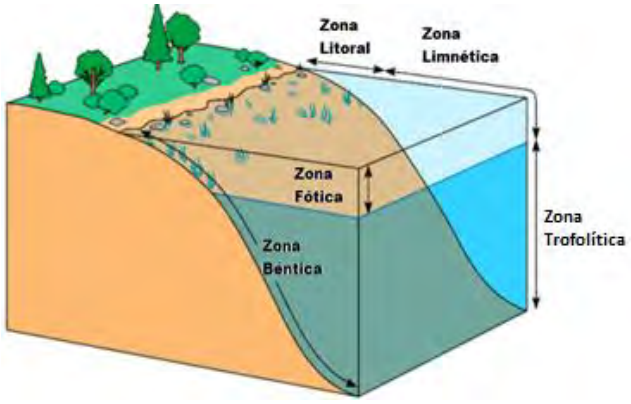
Mesohábitat 4 → Aguas de menor velocidad con presencia de bolones, piedras y guijarros. Profundidad frecuente > 0,5 m

Mesohábitat 5 → Aguas de baja velocidad de Profundidad frecuente > 0,5 m.

Mesohábitat 6 → Orillas irregulares con mayor profundidad y fondo de arena o sedimento fino. Profundidad frecuente > 0,5 m.

Mesohábitat 7 → Sector de amplitud del río, flujo laminar de poca transparencia. Profundidad frecuente > 0,5 m.

B. ECOSISTEMAS LÉNTICOS



ZONA LITORAL	ZONA FÓTICA	ZONA TROFOLITICA
Mayor temperatura	Temperatura media	Baja temperatura
Alta concentración de oxígeno disuelto	Oxígeno disuelto en concentraciones medias	Baja concentración de oxígeno disuelto
Aguas transparentes	Agua transparente - turbia	Mayor turbidez
Sustrato variable (roca, arena y/ o sedimento particulado)	Sedimento particulado-fino	Sedimento fino

Mesohábitat 1 → Presencia de vegetación. Posible oleaje. Profundidad frecuente < 1 m.

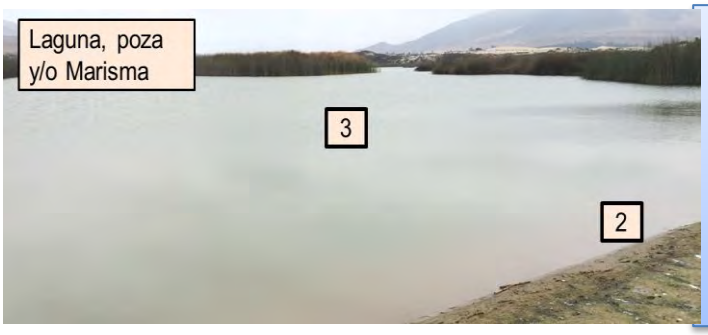
Mesohábitat 2 → Aguas de flujo laminar, menor presencia de vegetación. Profundidad frecuente >1 m.

Mesohábitat 3 profundidad: Nula presencia de luz, con baja concentración de nutrientes.

C. ECOSISTEMAS HUMEDALES (ESTUARIOS Y MARISMAS)

RÍO	LAGUNA/POZA	ZONA MEZCLA
Temperatura media	Temperatura media/baja	Menor Temperatura
Mayor concentración de Oxígeno disuelto	Concentración de oxígeno disuelto en condición media	Alta concentración de oxígeno disuelto
menor vegetación acuática	Mayor vegetación acuática	Ausencia de vegetación acuática

Mesohábitat 1 → Río en su sección potamal (ver Ecosistemas lóticos)



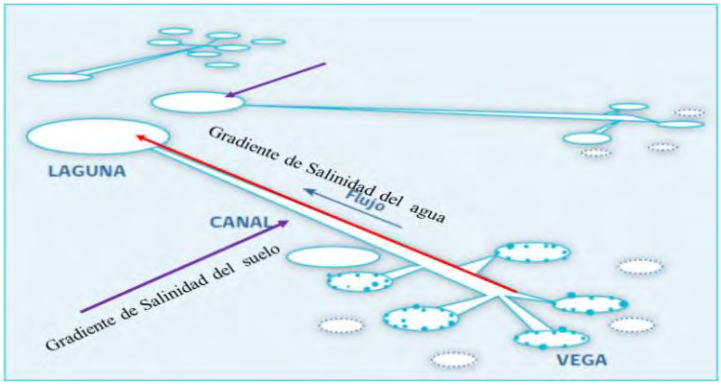
Mesohábitat 2→ Orilla con de sedimento fino y/o arena, presencia de microalgas.

Mesohábitat 3 → Zona apozada con presencia de macrófitas en caso de marismas y sin mayor abundancia de estas en estuarios. Aguas de flujo laminar. Profundidad frecuente > 1 m.

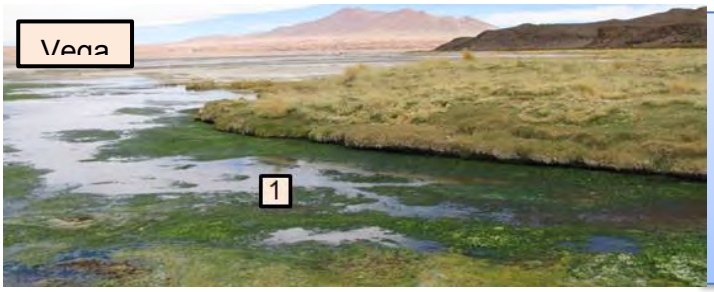
Mesohábitat 4 → Área dinámica, con sustrato de arena y aguas correntosas.

Mesohábitat 5 → Zona estuarina de alta energía. Aguas dulcesalinas, Profundidad frecuente >1 m. Sustrato arena.

D. ECOSISTEMAS HUMEDALES (SALARES)



VEGA	CANAL	LAGUNA
Menor temperatura	Temperatura media	Mayor temperatura
Mayor concentración de oxígeno disuelto	Concentración de oxígeno disuelto en condición media	Menor concentración de oxígeno disuelto
Sedimento fino con vegetación acuática	Sedimento fino sin vegetación	Sedimento fino y costra de sal
Menor salinidad	Salinidad media	Mayor salinidad



Mesohábitat 1 → Aguas de baja velocidad con abundante materia orgánica. Profundidad frecuente 0,5 m. Sustrato fangoso. Se caracteriza por presecia de plantas acuaticas y vegetación ribereña.

Mesohábitat 2 → Profundidad frecuente < 0,3 m. Sustrato fangoso.

Mesohábitat 3 → Aguas de flujo laminar de poca transparencia. Profundidad frecuente > 0,5 m

Mesohábitat 4 → Profundidad frecuente < 0,5 m. Sustrato fangoso.

Mesohábitat 5 → Aguas de flujo laminar y Profundidad frecuente 1,0 m.

4.2.1 Protocolo de muestreo de Fitoplancton

La caracterización de las comunidades del fitoplancton considera el muestreo dentro de la zona eufótica de los diferentes sistemas acuáticos (Ohio US EPA 2012, TCEQ 2014).
Para ríos se recomienda muestrear en el canal principal, evitar áreas pantanosas, entradas de agua o aguas estancadas que reflejen hábitats locales en lugar de las condiciones propias del río (APHA 2005). De este modo las pozas y pozones en un ambiente ritrónico podrían ser excluidas de este análisis salvo que se quiera caracterizar esta condición local.

Según las principales características de un ecosistema, se recomienda el uso de las siguientes metodologías para el fitoplancton, en cada uno de los ecosistemas:

A. ECOSISTEMAS LÓTICOS

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Ritrón	1	Obtención directa/Redes
	2	
	3	
	4	
Transición	5	
	6	
Potamón	7	
	8	Obtención directa /Redes/Muestreador integrado

B. ECOSISTEMAS LÉNTICOS

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Litoral	1	Redes/Botella/Muestreador integrado
Limnética Eufótica	2	
Limnética Trofolítica	3	Botella

C. ECOSISTEMAS HUMEDALES (ESTUARIOS Y MARISMAS)

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Río	1	Redes/Botellas/Muestreador integrado
Laguna/Poza	2	Redes/Botella
	3	Redes/Botella/Muestreador integrado
Zona mezcla	4	Redes
	5	Obtención directa /Botella

D. ECOSISTEMAS HUMEDALES (SALARES)

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGIA
Vega	1	Obtención directa/Redes
Canal	2	
	3	
Laguna	4	
	5	

Consideraciones Generales: Antes de comenzar, se debe considerar el uso de elementos de protección personal (EPP), materiales y reactivos para la toma de muestras. El equipamiento y materiales necesarios para la toma de muestras se detallan en cada

metodología, mientras los elementos de protección personal comunes se detallan a continuación:

Elementos de protección personal (EPP)

- ✓ Ropa idónea para el clima del área de estudio.
- ✓ Botas o vadeadores de pescador de caucho, nylon-PVC o neopreno.
- ✓ Guantes de látex o neopreno.
- ✓ Protector solar y bálsamo labial con filtro UVA/UVB.
- ✓ Lentes de seguridad con filtro UVA/UVB.
- ✓ Gorro legionario.
- ✓ Chaleco salvavidas (muestreo desde embarcación).

METODOLOGÍA: REDES

Equipamiento y materiales

- ✓ Redes fitoplancton (tipo Wisconsin (Fig. 1) o rectangular con asa para ambientes someros).
- ✓ Contenedores de vidrio de color ámbar o recubierta de papel aluminio.
- ✓ Disco de *Secchi* (en sistemas lénticos).
- ✓ Embarcación (Opcional).
- ✓ Balde > 4 litros.
- ✓ Correntómetro (en sistemas lóticos).
- ✓ Cronómetro o reloj con cronómetro.
- ✓ Piseta.
- ✓ Cuerda graduada cada 1 metro.
- ✓ Huincha o distanciómetro.

Fig. 1. Red de plancton tipo Wisconsin con cono reductor para aumentar la eficiencia del filtrado.

Los tamaños de poro en las mallas de las redes de colecta son determinantes del tamaño de los organismos retenidos. De este modo el tamaño de la red debe ser < 20 µm si se desea incluir nanoplancton (Hötzel & Croome 1999, TCEQ 2014).

El muestreo con redes de plancton se considera un muestreo cualitativo porque existe perdida de organismos menores al tamaño de poro de la red (Hötzel & Croome 1999). No obstante, para los organismos efectivamente colectados se pueden obtener estimadores de su densidad conociendo el volumen filtrado por las redes.

Muestreo vertical

Procedimiento: En sistemas lénticos, determinar la profundidad de la zona eufótica como 2 veces la profundidad del disco Secchi. Luego, bajar la red verticalmente con peso y cabo; asegurándose que la red no acumule bolsas de aire que impidan su descenso vertical. Si la zona eufótica abarca la profundidad del sistema, se debe bajar la red hasta 1 m sobre el fondo para evitar resuspensión y contaminación con sedimentos.

Luego la red debe ser izada a una velocidad entre 30 y 50 cm/s. Una vez izada la red, enjuáguela sumergiéndola en el agua, pero sin sobrepasar la boca de esta, o salpique agua por las paredes externas de la red sostenida verticalmente.

También se puede enjugar con la piseta por la pared interna, para asegurar que la muestra se concentre en el colector antes de extraer y fijar la muestra.

Fig. 2. Red de plancton para protocolo de muestreo vertical.

Muestreo horizontal

Procedimiento: Para lagunas someras (<2 m de profundidad) se recomienda un muestreo horizontal desde la orilla de cada sitio (Fig. 3). La red debe ser arrastrada por la distancia deseada a una velocidad de 0,3 a 0,5 m/s, asegurando que se encuentre totalmente sumergida en este intervalo. La recuperación y fijación de las muestras sigue los mismos lineamientos del muestreo vertical de concentración de organismos en el colector.

Fig 3. Lance o muestreo horizontal de red planctónica

- Para ambientes someros con velocidad de corriente menor a 0,5 m, sugerimos el desarrollo de un muestreador de plancton consistente en un marco metálico rectangular de 15 x 10 cm donde se adhiere la red y un asa metálica para mantener un mejor control del nivel de sumersión de las redes, y así evitar tocar accidentalmente el sustrato y contaminar la muestra. Este diseño se sugiere con el objetivo de obtener muestras de plancton al pasar la red caminando por el sistema a una distancia prefijada (generalmente 10m) medida con distanciómetro o huincha (Fig. 4).

Fig. 4 Colecta de plancton con red rectangular y asa en sistema acuático somero.

Muestreo a la deriva

Procedimiento: En sistemas lóticos, se recomienda usar redes planctónicas para la obtención de muestras cualitativas de fitoplancton. Se debe mantener la red contra la corriente por unos pocos minutos (Fig. 5), regularmente 2 minutos, reduciendo el tiempo si se observa saturación de la red por la carga de sedimento de estos sistemas.

Fig 5. Colecta de muestras de plancton en sistema reófilo.

Después del muestreo, la red debe ser enjuagada (2 a 3 veces) con agua del mismo sitio y luego lavar con agua destilada (idealmente lavar con detergente biodegradable). Antes de usar en otro sitio la red, se debe enjuagar de 2 a 3 veces con agua del nuevo sitio a muestrear.

Para obtener un estimador de la densidad en cél/L de los organismos colectados por las redes se debe conocer el volumen filtrado por estas:

- En muestreos verticales y horizontales se puede obtener con la distancia de los lances y el área de la boca de la red.
- En muestreos horizontales de ambientes someros también se debe considerar el nivel de completitud de la red en el arrastre. Estos últimos niveles predefinidos como ¼, ½, ¾.ó 1, siendo este último el caso particular de arrastre con la red completamente sumergida en el agua del sistema. Si el nivel del agua define un arrastre inferior a ¼ de la boca, se debe desestimar la obtención de muestra planctónica debido a la alta probabilidad de contaminación desde el sustrato en estas condiciones particulares.
- En el muestreo por deriva el volumen filtrado de la muestra se puede obtener conociendo la velocidad del agua mediante un flujómetro, el tiempo de colecta y área de la boca de la red.

METODOLOGÍA: BOTELLAS

Equipamiento y materiales

- ✓ Botellas hidrográficas.
- ✓ Contenedores de vidrio de color ámbar o recubierta de papel aluminio.
- ✓ Disco de *Secchi* (en sistemas lénticos).
- ✓ Cuerda graduada cada 1 m.
- ✓ Embarcación.
- ✓ Balde de >4 litros.
- ✓ Mensajero.

Procedimiento: En sistemas lénticos, se deben obtener submuestras discretas a distintas profundidades con una botella hidrográfica. Los niveles de importancia mínimos son: epilimnion, metalimnion e hipolimnion (Fig. 6).
Luego de determinar la profundidad de la zona eufótica, se definen las profundidades para el muestreo de los niveles.

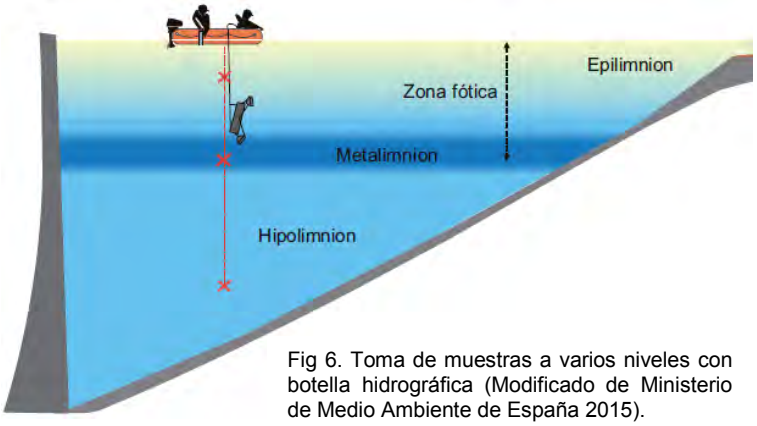


Fig 6. Toma de muestras a varios niveles con botella hidrográfica (Modificado de Ministerio de Medio Ambiente de España 2015).

La botella sujeta a la cuerda graduada, con las dos tapas sujetas en modo “abierto” (Fig. 7) se hace descender hasta la profundidad definida. A continuación, se lanza a través de la cuerda un peso metálico llamado *mensajero*, el cual golpea el dispositivo de cierre, por lo que las tapas se cierran automáticamente y la botella atrapa el agua de la profundidad requerida. Luego de izada la botella una submuestra de volumen definido (generalmente 1 L) debe ser depositada en el balde contenedor a la espera de las otras submuestras de los otros niveles para componer una muestra integrada de la cual se extrae 1 L de agua para su posterior identificación y recuento de fitoplancton.

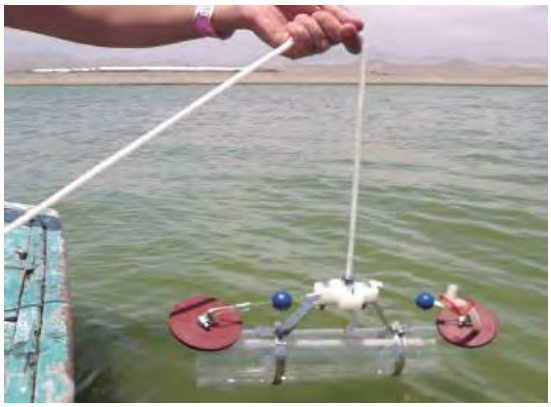


Fig 7. Muestreo con botella hidrográfica

Si la zona eufótica abarca la profundidad del sistema, el muestreo se restringe al epilimnion.

METODOLOGÍA: MUESTREADORES INTEGRADOS

Equipamiento y materiales

- ✓ Muestreador integrado de plancton (rígido o flexible) **(Fig.8).**
- ✓ Balde de >4 L.
- ✓ Disco Secchi.
- ✓ Cuerda graduada cada 1 m.
- ✓ Embarcación.

Procedimiento: Lavar el muestreador abierto en el agua del sistema 3 veces. Si la zona eufótica, es mayor a 2 m, tomar una muestra de los 2 primeros metros de la columna de agua. Por el contrario, muestrear hasta la profundidad de la zona eufótica. Repetir el muestreo las veces necesarias hasta completar 4 L de muestra, la que se debe acumular en un contenedor de al menos 4L de capacidad. Finalmente mezcle bien la muestra para obtener 1 L de muestra compuesta para análisis posterior.

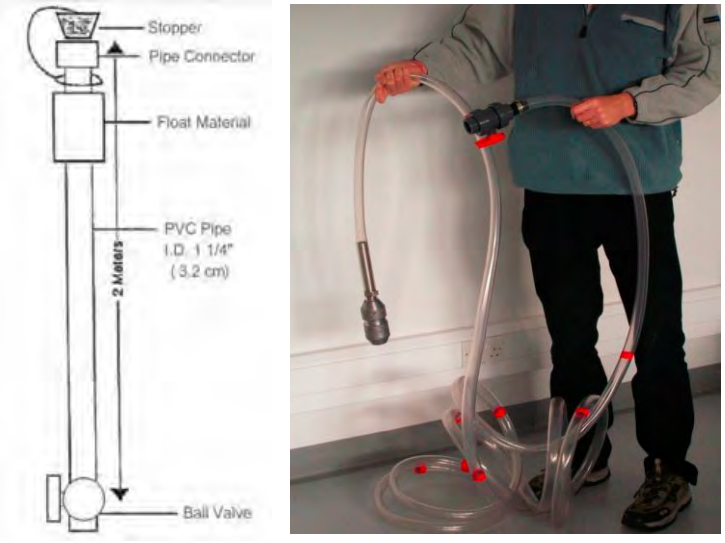


Fig 8. Muestreadores integrados de agua. A la izquierda diseño rígido (Ohio US EPA 2012, TCEQ 2014). A la derecha diseño flexible (SAMS 2012).

Esta metodología se acepta en masas de agua no muy profundas, y para perfiles bastante homogéneos (Ministerio de Medio Ambiente de España 2015).

Para todas las metodologías de muestreo de Fitoplancton, el lugol es el fijador más recomendado. Se debe adicionar entre 0,5 a 1ml por cada 100 ml de muestra, 10 gotas de un gotario (TCEQ 2014).

METODOLOGÍA: OBTENCIÓN DIRECTA

Equipamiento y materiales

- ✓ Balde > 4L.
- ✓ Varilla agitadora.
- ✓ Jeringas.

Procedimiento: Para sistemas bien mezclados vertical y horizontalmente (lo que acontece principalmente sistemas fluviales o lóticos), se consideran como representativas muestras subsuperficiales, las que pueden ser obtenidas directamente mediante el contenedor final de 1 L (generalmente).
En ríos con flujo lento, donde es probable una mezcla incompleta de sus aguas, se sugiere la toma de muestras de cada orilla

Fig. 9. Colecta de muestra de agua para filtrado de fitoplancton en sistema acuático somero.

Estas muestras se deben acumular en un balde para posteriormente recoger de esta mezcla 1 L de muestra compuesta para el análisis.

Para sistemas someros de menos de 0,5 m de profundidad (ausencia de protocolo estándar internacional o nacional) siguiendo la metodología de análisis cuantitativo descrita en los acápites previos, sugerimos que la toma de muestras sea subsuperficial con jarros de 1 L o jeringas de 60 en caso de profundidades menores a 5 cm (Fig. 9). La muestra debe ser tomada en la zona más profunda del sistema, o donde exista flujo de agua. Se debe acopiar 4 L de agua, homogenizar y guardar una submuestra de 1 L para análisis posterior

Referencias

- APHA 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st edn. American Public Health Association.
- Ministerio de Medio Ambiente de España. 2015. Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Capítulo 1: Protocolos de muestreo y análisis para fitoplancton. Pág.23-62.
- Hötzel G. and R. Croome 1999. A Phytoplankton Methods Manual for Australian Freshwaters', LWRRDC Occasional Paper 22/99
- Ministerio del Ambiente de Perú. 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú.
- Ohio Environmental Protection Agency (Ohio US EPA) 2012. Inland Lakes Monitoring. 76 pp.
- Scottish Association for Marine Science (SAMS). 2012. Guidelines on Collection of Water Samples for Phytoplankton Analysis. 22 pp.
- Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ). 2014. Surface Water Quality Monitoring Procedures, Volume 2. Chapter 8. Plankton.
- Taylor JC., Harding WR., Archibalda CGM. 2007. Methods Manual for the Collection, Preparation and Analysis of Diatom Samples Version 1.0. WRC (Water Research Commission), South Africa.
- U.S. Geological Survey (USGS). 2005. Sampling Protocol for Monitoring Abiotic and Biotic Characteristics of Mountain Pond and Lakes. 100 pp.

4.2.2 Protocolo de muestreo de Zooplancton

La caracterización de las comunidades del zooplancton considera para ríos, muestrear en el canal principal, evitar áreas pantanosas, entradas de agua o aguas estancadas que reflejen hábitats locales en lugar de las condiciones propias del río (APHA 2005). De este modo las pozas y pozones en el ritrón podrían ser excluidas de este análisis salvo que se quiera caracterizar esta condición local.

Según las principales características de un ecosistema, se recomienda el uso de las siguientes metodologías para el zooplancton en cada uno de los ecosistemas:

A. ECOSISTEMAS LÓTICOS

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Ritrón	1	Obtención directa/Redes
	2	
	3	
	4	
Transición	5	
	6	
Potamón	7	
	8	Redes/Botellas

B. ECOSISTEMAS LÉNTICOS

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Litoral	1	Redes/Botellas
Eufótica	2	
Trofolítica	3 profundidad	Botellas

C. ECOSISTEMAS HUMEDALES (ESTUARIOS Y MARISMAS)

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Río	1	Redes/Botellas
Laguna/Poza	2	
	3	
Zona mezcla	4	
	5	Obtención directa/Botellas

D. ECOSISTEMAS HUMEDALES (SALARES)

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Vega	1	Obtención directa/Redes
Canal	2	
	3	
Laguna	4	
	5	

Consideraciones Generales: Antes de comenzar, se debe considerar el uso de elementos de protección personal (EPP), materiales y reactivos para la toma de muestras. El equipamiento y materiales necesarios para la toma de muestras se detallan en cada

metodología, mientras los elementos de protección personal comunes se detallan a continuación:

Elementos de protección personal (EPP)

- ✓ Ropa idónea para el clima del área de estudio.
- ✓ Botas o vadeadores de pescador de caucho, nylon-PVC o neopreno.
- ✓ Guantes de látex o neopreno.
- ✓ Protector solar y bálsamo labial con filtro UVA/UVB.
- ✓ Lentes de seguridad con filtro UVA/UVB.
- ✓ Gorro legionario.
- ✓ Chaleco salvavidas (muestreo desde embarcación).

METODOLOGÍA: REDES

Equipamiento y materiales

- ✓ Redes de tipo Wisconsin (Fig. 1) o rectangular con asa para ambientes someros.
- ✓ Contenedores de muestra.
- ✓ Embarcación (Opcional).
- ✓ Balde de >4 litros.
- ✓ Flujómetro.
- ✓ Cronómetro o reloj con cronometro.
- ✓ Piseta.
- ✓ Cuerda graduada con lastre para medir profundidad.

El tamaño de poro de la malla define el plancton objetivo a muestrear. Un ejemplo de los tamaños de poro y los organismos objetivos se resume en el siguiente cuadro:

Apertura de malla (µm)	Sistemas	Taxa objetivo
239	Estuarios y aguas costeras	copépodos adultos
158	Salares o agua dulce	copepoditos o microcrustáceos
79	-	rotíferos o nauplius

Fuente: Rossell et al. 1982

Muestreo vertical

Procedimiento: Determinar la profundidad en el punto de muestreo mediante ecosonda o alternativamente con cuerda graduada (intervalos de 0,5 m) y peso adherido. Una vez conocida la profundidad, la red debe ser bajada hasta 1 m sobre la profundidad en el punto para evitar resuspensión y contaminación de los sedimentos de fondo.
Si la profundidad del sistema es superior a 50 m tome la muestra a esta última profundidad. La red debe ser izada a aprox. 0,3 a 0,5 m/s de forma continua (sin parar). Una vez izada la red enjuáguela sumergiéndola en el agua, pero sin sobrepasar la boca de esta, o salpique agua por las paredes externas de la red sostenida verticalmente. También se puede enjugar con la piseta por la pared interna, para asegurar que la muestra se concentre en el colector antes de extraer y fijar la muestra.

Muestreo horizontal

Procedimiento: Para lagunas someras (<2 m de profundidad) se recomienda un muestreo horizontal desde la orilla de cada sitio (Fig. 10). La red debe ser arrastrada por la distancia deseada a una velocidad de 0,3 a 0,5 m/s, asegurando que se encuentre totalmente sumergida en este intervalo.

Fig 10. Lance o muestreo horizontal de red planctónica

Para ambientes someros con velocidad de corriente menor a 0,5 m, sugerimos el desarrollo de un muestreador de plancton consistente en un marco metálico rectangular de 15 x 10 cm donde se adhiere la red y un asa metálica para mantener un mejor control del nivel de sumersión de las redes, y así evitar tocar accidentalmente el sustrato y contaminar la muestra. Este diseño se sugiere con el objetivo de obtener muestras de plancton al pasar la red caminando por el sistema a una distancia prefijada (generalmente 10m) medida con distanciómetro o huincha (Fig. 11).

Fig 11. Colecta de plancton con red rectangular y asa en sistema acuático somero.

Colecta de muestras de plancton en sistema reófilo.

Previo a la **fijación** se sugiere **narcotizar** a los organismos en un contenedor independiente de 500 ml llenado a ¾ de su capacidad con agua del sistema y tableta antiácida (USGS 2005, Ohio US EPA 2012, TCEQ 2014) o con bicarbonato de sodio (USGS 2005), lo que relaja al zooplancton facilitando su identificación posterior. Una vez traspasados los organismos a este contenedor se debe esperar 1 min hasta que el movimiento de los organismos cese.

La muestra narcotizada se debe verter en frascos finales de muestra cuidando de enjuagar las paredes internas del contenedor con agua destilada para asegurar que todos los organismos sean traspasados al frasco de muestra, este último no debe ser llenado hasta más de 1/3 para conseguir la adecuada fijación con etanol a 95% que se adiciona hasta llenar el frasco

Muestreo a la deriva

Procedimiento: Para sistemas de ríos, corrientes o arroyos, disponer la red contra la corriente (en posición horizontal) procurando que tanto la boca como la cola (o receptor de la muestra) de la red se mantengan sumergidas bajo el agua. Luego de 2 minutos extraer la red del agua (procurando mantener siempre en dirección contra la corriente). Este tiempo se puede reducir si se observa saturación de la red debido a la carga de sedimento que arrastra la corriente de estos sistemas.
En ríos de flujo lento y con poca turbulencia, donde es probable una mezcla incompleta de sus aguas, se sugiere la toma de muestras de cada orilla y del medio del río mezclando estas muestras en un contenedor mayor, esta muestra puede ser recogida en su totalidad o concentrada con tamiz del mismo tamaño de poro de las redes antes de disponerla en los contenedores de muestra.

Para obtener un estimador de la densidad en ind/L de los organismos colectados por las redes se debe conocer el volumen filtrado por estas:

- En muestreos verticales y horizontales se puede obtener con la distancia de los lances y el área de la boca de la red.
- En muestreos horizontales de ambientes someros también se debe considerar el nivel de completitud de la red en el arrastre Estos últimos niveles predefinidos como ¼, ½, ¾.ó 1, siendo este último el caso particular de arrastre con la red completamente sumergida en el agua del sistema. Si el nivel del agua define un arrastre inferior a ¼ de la boca, se debe desestimar la obtención de muestra planctónica debido a la alta probabilidad de contaminación desde el sustrato en estas condiciones particulares.
- En el muestreo por deriva el volumen filtrado de la muestra se puede obtener conociendo la velocidad del agua mediante un flujómetro, el tiempo de colecta y área de la boca de la red.
- Después del muestreo, la red debe ser enjuagada (2 a 3 veces) con agua del mismo sitio y luego lavar con agua destilada (idealmente lavar con detergente biodegradable). Antes de usar en otro sitio la red, se debe enjuagar de 2 a 3 veces con agua del nuevo sitio a muestrear.

METODOLOGÍA: BOTELLAS

Equipamiento y materiales

- ✓ Botellas hidrográficas.
- ✓ Contenedores de muestra.
- ✓ Cuerda graduada cada 1 m.
- ✓ Embarcación.
- ✓ Balde de >4 litros.
- ✓ Varilla agitadora.
- ✓ Mensajero.

Procedimiento: El uso de botellas se limita principalmente a la colecta de microzooplancton (20 – 200 µm) en sistemas lacustres o lénticos y en el potamón de ríos. Botellas de 5 a 10 L (Fig. 12) son las adecuadas para este tipo de organismos dado su abundancia, aunque se recomienda muestras compuestas en profundidad.
A continuación, se lanza a través de la cuerda un peso metálico llamado *mensajero*, el cual golpea el dispositivo de cierre, por lo que las tapas se cierran automáticamente y la botella atrapa el agua de la profundidad requerida. Luego de izada la botella una submuestra de volumen definido (generalmente 1 L) debe ser depositada en el balde contenedor a la espera de las otras submuestras de los otros niveles para componer una muestra integrada de la cual se extrae 1 L de agua para posterior identificación y recuento de zooplancton.

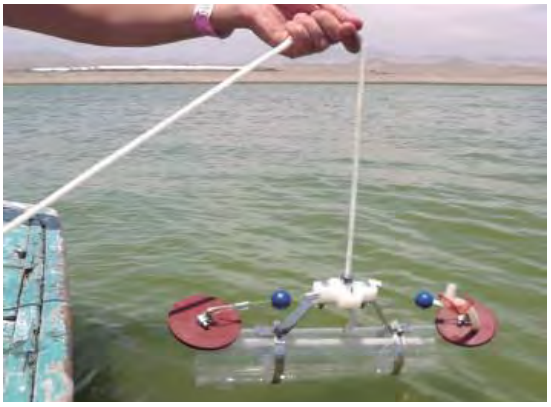


Fig 12. Muestreo de plancton con botella hidrográfica.

METODOLOGÍA: OBTENCIÓN DIRECTA

Equipamiento y materiales

- ✓ Balde (≥ 10 L de capacidad)
- ✓ Jarro 500 o 1000 ml
- ✓ Jeringa 60 ml
- ✓ Red planctónica rectangular con asa
- ✓ Huincha o Distanciómetro
- ✓ Tamiz para filtrado de muestras.

Fig. 13. Colecta de muestra de agua para filtrado de zooplancton en sistema acuático somero.

Procedimiento: Para ríos, donde el arrastre de material particulado por la corriente genera con frecuencia problemas en la obstrucción de las redes, y así problemas para determinar con precisión los volúmenes filtrados, se recomienda la colecta de agua superficial mediante cubeta o balde, filtrándola a través de un tamiz del tamaño elegido de acuerdo al tamaño del zooplancton objetivo. Si el tamiz se obstruye debido al material particulado en suspensión, recupere la muestra concentrada hasta el momento, lave el tamiz con agua destilada y continue con la filtración de los litros definidos para la muestra. Se recomienda considerar un filtrado de 50 L de agua para el análisis de zooplancton (D'ambrosio, 2014).

Para sistemas someros de menos de 0,5 m de profundidad (ausencia de protocolo estándar internacional o nacional) siguiendo la metodología de análisis cuantitativo, sugerimos que la toma de muestras sea con jarros de 500 ml o 1 L. La muestra debe ser tomada en la zona más profunda del sistema, o donde exista flujo de agua, juntando agua en baldes (Fig. 13), la que posteriormente es filtrada en un tamiz del tamaño elegido de acuerdo con el tamaño del zooplancton objetivo. Este proceso se debe repetir hasta alcanzar el volumen filtrado predefinido como adecuado al sistema evaluado. Se recomienda considerar un filtrado de 30 L de agua para el análisis de zooplancton en lagunas y bañados (D'ambrosio, 2014).

Referencias

- APHA (2005) Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st edn. American Public Health Association,
- D'Ambrosio S. 2014. Reconstrucción paleolimnológica de la Laguna Llancanelo (Mendoza, Argentina) a través del estudio de ostrácodos del Cuaternario. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, 181 pp.
- Hötzel G. and R. Croome 1999. A Phytoplankton Methods Manual for Australian Freshwaters', LWRRDC Occasional Paper 22/99
- Ohio Environmental Protection Agency (Ohio US EPA) 2012. Inland Lakes Monitoring. 76 pp.
- Rossell A, J Gonzalez, J Del Torno & M Galvan 1982. Manual de técnicas de muestreo y análisis de plancton y perifiton. Tercera edición. Instituto Nacional de Ecología, México. 228pp.
- Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ). 2014. Surface Water Quality Monitoring Procedures, Volume 2. Chapter 8. Plankton.
- U.S. Geological Survey (USGS). 2005. Sampling Protocol for Monitoring Abiotic and Biotic Characteristics of Mountain Pond and Lakes. 100 pp.

4.2.3 Protocolo de muestreo de Perifiton

La metodología de colecta del perifiton depende principalmente del sustrato que predomine en el área o los puntos de muestreo. En estudios comparativos y con el objetivo de reducir la variabilidad debido a diferencias entre hábitat en diferentes ríos (u otro sistema acuático), se debe colectar perifiton de una combinación única de sustrato/hábitat o hábitat específico que caracteriza al área de estudio (US EPA 2012, Ministerio del Ambiente de Perú 2014). Estudios de este tipo permiten definir con mayor probabilidad las metodologías a utilizar, que además de la composición permiten cuantificar la abundancia de las diatomeas.

Según las principales características de un ecosistema, se recomienda el uso de las siguientes metodologías para el perifiton en cada uno de los ecosistemas.

A. ECOSISTEMAS LÓTICOS

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Ritrón	1	Perifitómetro / Raspado con bisturí o cepillo
	2	
	3	
	4	
Transición	5	Perifitómetro / Raspado con bisturí o cepillo / Microcore / Placa de petri
	6	
Potamón	7	Microcore / Placa de petri
	8	

B. ECOSISTEMAS LÉNTICOS

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Litoral	1	Perifitómetro / Raspado con bisturí o cepillo / Microcore / Placa de petri
Eufótica	2	N/A*
Trofolítica	3 Profundidad	N/A*

C. ECOSISTEMAS HUMEDALES (ESTUARIOS Y MARISMAS)

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Río	1	Microcore / Placa de petri
Laguna/Poza	2	
	3	
Zona mezcla	4	
	5	

D. ECOSISTEMAS HUMEDALES (SALARES)

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Vega	1	Microcore / Placa de petri
Canal	2	
	3	
Laguna	4	
	5	

*N/A: No aplica. En ambientes trofolíticos de zonas profundas con baja o nula disponibilidad lumínica no hay presencia de perifiton.

Consideraciones Generales: Antes de comenzar, se debe considerar el uso de elementos de protección personal (EPP), materiales y reactivos para la toma de muestras. El equipamiento y materiales necesarios para la toma de muestras se detallan en cada metodología, mientras los elementos de protección personal comunes se detallan a continuación:

Elementos de protección personal (EPP)

- ✓ Ropa idónea para el clima del área de estudio
- ✓ Botas o vadeadores de pescador de caucho, nylon-PVC o neopreno
- ✓ Guantes de látex o neopreno
- ✓ Protector solar y bálsamo labial con filtro UVA/UVB
- ✓ Lentes de seguridad con filtro UVA/UVB
- ✓ Gorro legionario
- ✓ Chaleco salvavidas
- ✓ Casco de aguas bravas*

*Aplica para toma de muestra en ríos y lagos.

Previo al inicio de las actividades y de la selección del punto de muestreo se deben considerar las siguientes indicaciones generales para la colecta de perifiton en ríos, lagos y humedales:

- Evitar tomar muestras de sustratos procedentes de zonas muy sombreadas, a no ser que esta sea la característica distintiva del punto a evaluar.
- Evitar tomar muestras en áreas inundadas recientemente (4 a 6 semanas) (no aplica a embalses y ríos regulados dado que el muestreo debería reflejar esta inestabilidad del sistema).
- En ríos obtener las muestras preferentemente del punto medio en zona de corriente.
- Evitar zonas bajo puentes o recientemente afectadas por obras de ingeniería y/o de alteración del lecho fluvial, a menos que el estudio pretenda demostrar el efecto de estas obras o alteraciones.
- En ríos evitar las pozas o tramos de escasa corriente en las que suele haber deposición de limos y de detritos que inhiben la colonización de diatomeas epilíticas; tampoco son recomendables zonas de excesiva corriente (rápidos).
- En lagos el muestreo debe ser sólo en la porción litoral-fótica del sistema.

A objeto de maximizar la diversidad de diatomeas registradas en la muestra de perifiton, se sugiere seleccionar tramos con una amplia variedad de sustratos, de modo tal que se incluyan diatomeas epilíticas, epidéndricas, epipélicas, epifíticas, episámicas e incluso epizóicas (sobre caparazones de animales) (Hauer y Lamberti 2007, US EPA 2012). Dado que algunos de los sustratos asociados a estos tipos de diatomeas no presentan hasta el momento técnicas cuantitativas de análisis, esta recomendación se restringiría a estudios cuyo objetivo principal es la riqueza de diatomeas.

METODOLOGÍA: MICROCORE/PLACA DE PETRI

En el caso de existir un predominio de sustratos blandos (>90% de arena, lodo o limo) se recomienda realizar el muestreo de perifiton empleando un microcore (tubo transparente de Perspex o jeringa) o una placa de Petri.

Equipamiento y materiales

- ✓ Microcore de tubo transparente de Perspex con 20 mm de diámetro y 50 cm de longitud o jeringa de 5 o 10 ml de capacidad con corte en extremo distal (punta) y 1,5 mm de diámetro.
- ✓ Placa de Petri de 4,7 cm de diámetro.
- ✓ Espátula.
- ✓ Contenedores de muestras (tubos graduados de polipropileno).
- ✓ Marcador permanente

Se recomienda utilizar soluciones tamponadas de formaldehido 20% o Etanol 95% para la mantención y preservación de las muestras

Tubo de Perspex

Procedimiento: En el sustrato blando insertar un microcore o tubo transparente de Perspex a 1 cm de profundidad, trasvasijando la muestra colectada de sedimento en un contendor de muestra (Taylor *et al.* 2007). *Esta metodología se considera equivalente a la toma de muestra con jeringa de 5 o 10 mL sin extremo distal: En el sustrato blando extraer 1 mL de sedimento con la jeringa (Fig. 14 A) y trasvasijar la muestra colectada en un contendor de muestra (Fig. 14 B).

Placa Petri

Procedimiento: En el sustrato blando insertar la placa de Petri entre 0,5 a 0,7 cm de profundidad, colectando la muestra de sedimentos en un contenedor de muestra, de ser necesario emplear una espátula para facilitar la toma de la muestra (Biggs & Kilroy 2000, US EPA 2012). Trasvasijar la muestra colectada en un contendor de muestra.

Figura 54 (A) Toma de muestra con microcore de perifiton hecho con jeringa de 5 o 10 mL para el muestreo en sustratos blandos y (B) trasvasije de muestra en contenedor.

METODOLOGÍA: PERIFITÓMETRO O MUESTREADOR SUBACUÁTICO

Procedimiento: En el caso de existir un predominio de sustrato duro (>90% de piedras y bolones) se recomienda realizar el muestreo empleando un perifitómetro o muestreador subacuático[9] (Fig. 15 A). Esta metodología es análoga al raspado con busturí o cepillo de dientes, sin embargo, se sugiere el uso del perifitómetro o muestreador subacuático en ambientes con presencia de piedras, bolones y roca madre no extraíbles.

[9] Consta de 2 jeringas de 60 ml, una de ellas con un anillo de una gruesa goma suave o neopreno en la parte inferior para sellar contra el sustrato. La cabeza de un cepillo de dientes se une al émbolo y esto se utiliza para cepillar el perifiton dentro de un área definida por la base de la jeringa. Una segunda jeringa se usa para que aspire la suspensión que contiene el perifiton erosionado desde dentro de la base de la primera jeringa, esto a través de un tubo flexible unido a la base de la primera jeringa bajo el primer cm de altura.

Equipamiento y materiales

- ✓ Perifitómetro o muestreador subacuático.
- ✓ Contenedores de muestras (tubos graduados de polipropileno).
- ✓ Marcador permanente

Procedimiento: Seleccione un tramo de al menos 10 m de longitud donde se pueda acceder a un sustrato idóneo, de inundación permanente, soleado y con aguas corrientes, si las hay. Utilice los guantes de látex o neopreno y seleccione el sustrato rocoso cubierto de algas, elimine la contaminación adherida a la superficie (como detritus). Se recomienda evitar la selección de piedras con presencia de algas filamentosas.
Sostenga ambas jeringas con una mano y asegúrese de presionar firmemente contra el sustrato la jeringa con cepillo y base de goma, con la otra mano raspe la zona dando 3 giros a cada lado con el émbolo, luego permita el ingreso de agua elevando el embolo 1 cm y recoja la suspensión con la otra jeringa hasta 60 mL (Fig. 15 B) (Biggs & Kilroy 2000, US EPA 2012). El área a muestrear va a estar definida por la base de la jeringa.

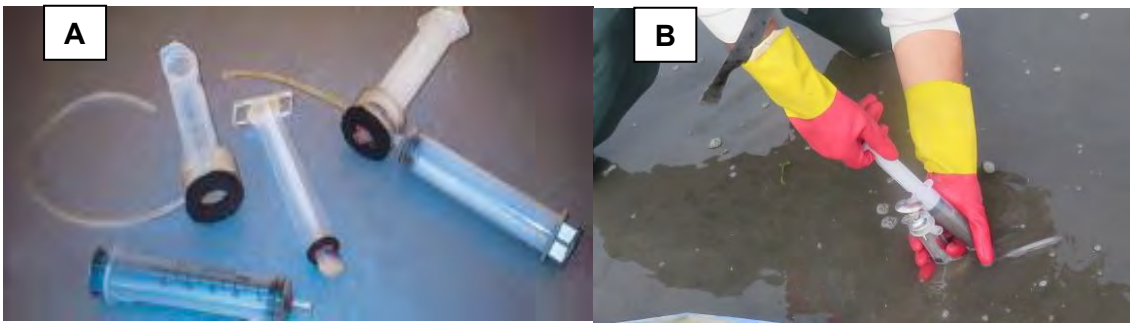


Fig. 15 (A) Perifitómetro (muestreador subacuático) para toma de muestra de perifiton y (B) ejemplo de muestreo de perifiton con perifitómetro.

METODOLOGÍA: RASPADO CON BISTURÍ O CEPILLO

En el caso de existir un predominio de sustrato duro (>90% de piedras y bolones) con piedras de menor tamaño se recomienda realizar un raspado con bisturí o cepillado con un cepillo de dientes en un área determinada. Esta metodología es análoga al uso de perifitómetro, sin embargo, se sugiere realizar un procedimiento de raspado cuando sea posible remover del sustrato las piedras, dejándolas descubiertas.

Equipamiento y materiales

- ✓ Bisturí o cepillo de dientes.
- ✓ Placa flexible con recorte de cuadrado del área de preferencia
- ✓ Contenedores de muestras (tubos graduados de polipropileno).
- ✓ Marcador permanente

Procedimiento: Al igual que en el procedimiento para el uso del perifitómetro se debe seleccionar un tramo de al menos 10 m de longitud, donde exista sustrato idóneo, de inundación permanente, soleado y con aguas corrientes si las hay. Situarse en el punto de máxima corriente (en el caso que haya) y recorrer el sitio (si se está en un río caminar contra la corriente a modo de seleccionar las piedras minimizando la contaminación de las muestras)[10]. Se debe tener mayor cuidado en ecosistemas lóticos donde la corriente es fuerte.

[10] La metodología propuesta por Ministerio del Ambiente de Nueva Zelanda (Biggs & Kilroy 2000) sugiere el muestreo en transectos perpendiculares a la línea de ribera, de modo de atravesar el río a su ancho, tomando 10 muestras (piedras)

Utilice guantes de látex o neopreno y seleccione 5 bolones o 10 piedras de tamaño pequeño por punto de muestreo. Eliminar contaminación adherida, detritus por ejemplo, limpiando las piedras en la corriente de agua, si la hay. Cepille o raspe con bisturí la superficie superior de los sustratos (aquella expuesta a la corriente en su posición original en el río), limpiar como mínimo 10 cm^2 por piedra (20 cm^2 si se tomaron 5 bolones grandes) (Fig. 16). En la práctica para "fijar" el área a muestrear en las piedras se puede utilizar una placa flexible con un cuadrado recortado del área de preferencia para aumentar la precisión. Se recomienda evitar la selección de piedras con presencia de algas filamentosas.

Fig. 16: Raspado con bisturí de un área definida en una piedra escogida al azar.

Referencias

- Biggs BJF.. & C. Kilroy. 2000. Stream Periphyton Monitoring Manual. The New Zealand Ministry for the Environment (NIWA). 246 pp.
- Environmental Protection Agency (US EPA) 2012. Chapter 6: Periphyton Protocols | Bioassessment.
- Hauer F.R & Lamberti G.A. 2007. Methods in Stream Ecology.Vol 2. Elsevier Inc. 327-855pp.
- Ministerio del Ambiente de Perú. 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú.
- Ministerio de Medio Ambiente de España. 2015. Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Capítulo 2: Protocolos de muestreo y análisis para fitobentos (microalgas bentónicas). Pág.63-96.
- Taylor JC, Harding WR & CGM Archibald. 2007. A Methods Manual for the Collection, Preparation and Analysis of Diatom Samples. Water Research Commission.

equidistantes en el ancho de la sección. Este método lo desetimamos para Chile, debido a que en muchos de los sistemas fluviales su cruce a lo ancho puede representar un serio problema de seguridad.

4.2.4 Protocolo de muestreo de Zoobentos

La metodología de muestreo de zoobentos depende principalmente del sustrato que predomine en el área o puntos de muestreo a estudiar. Del mismo modo, existen métodos cuantitativos y cualitativos. En este protocolo se sugiere un tipo de muestreo para organismos en condición de deriva y una técnica específica para monitoreo de crustáceos decápodos (Aeglidae).

Según las principales características de un ecosistema, se recomienda el uso de las siguientes metodologías para el zoobentos en cada uno de los ecosistemas.

A. ECOSISTEMAS LÓTICOS

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Ritrón	1	Red: suber, pateo
	2	Red deriva/ Red salabre en profundidad
	3	Red: suber, pateo
	4	Red deriva
Transición	5	Red: suber, pateo, core
	6	Red: pateo, red deriva
Potamón	7	Red pateo, core
	8	Draga/ Red salabre en profundidad

B. ECOSISTEMAS LÉNTICOS

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Litoral	1	Red surber, core
Limnética-Fótica	2	Draga/ Red salabre en profundidad
Limnética-Trofolítica	3 Profundidad	N/A

C. ECOSISTEMAS HUMEDALES (ESTUARIOS Y MARISMAS)

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Río	1	Core, red surber, red pateo, red deriva
Laguna, Poza y/o Marisma	2	Core
	3	Draga/ Red salabre en profundidad
Zona mezcla (Estuario)	4	Core
	5	Draga

D. ECOSISTEMAS HUMEDALES (SALARES)

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Vega	1	Draga/core
Canal	2	Core
	3	
Laguna	4	
	5	

* N/A: No Aplica, organismos macrobentónicos menores a 250 µ requieren de mayor presencia de oxígeno.

Consideraciones Generales: Antes de comenzar, se debe considerar el uso de elementos de protección personal (EPP), materiales y reactivos para la toma de muestras. El equipamiento y materiales necesarios para la toma de muestras se detallan en cada metodología, mientras los elementos de protección personal comunes se detallan a continuación:

Elementos de protección personal (EPP)

- ✓ Ropa idónea para el clima del área de estudio.
- ✓ Botas o vadeadores de pescador de caucho, nylon-PVC o neopreno.
- ✓ Guantes de látex o neopreno.
- ✓ Protector solar y bálsamo labial con filtro UVA/UVB.
- ✓ Lentes de seguridad con filtro UVA/UVB.
- ✓ Gorro legionario.

Equipamiento y materiales

- ✓ Red cualitativa o cuantitativa
- ✓ Frascos o bolsas plásticas para colecta
- ✓ Embarcación (Opcional)
- ✓ Rotuladores
- ✓ Piseta

Por tratarse de organismos bentónicos, los instrumentos de muestreo guardan directa relación con el tipo de sustrato de fondo, es decir, para sustrato pedregosos, arena o sedimento aplican diferentes técnicas. Del mismo modo, existen métodos cuantitativos y cualitativos que se describen a continuación.

METODOLOGÍA: REDES DE PATEO (KICK NET). Muestreo cualitativo

Procedimiento: Las redes de pateo (Kick Net) para "barrer" pueden ser usadas en una variedad de tipos de hábitat incluso fondos fangosos para obtener información cualitativa de la composición de especies en multihabitats. Para realizar el muestreo se sugiere ir de espalda a la corriente y remover el sustrato con los pies (30-60 segundos por sitio), de este modo parte del bentos quedará en la red. Se recomienda recorrer 100 m en el sistema acuático escogido (Fig. 17).

A)

B)

C)

Tipos de redes de pateo:

A) Marco en forma de D (D-frame dip net): Las dimensiones del marco son 30 cm de ancho y 30 cm.

B) Red rectangular (Rectangular dip net): Las dimensiones del marco son de 50 cm de ancho y 30 cm de alto.

C) Red de mano estándar: De sección cuadrada (boca de 25 cm de ancho y 50 cm de largo. Todas estas están unidas a un asa larga y su red tiene forma de cono o bolsa para la captura de organismos.

Red de pateo (Kick net): Las dimensiones de la red son de 1 x 1 metro, unidas a 2 asas para su manipulación. Es más eficiente para muestrear sustratos pedregosos en rápidos y aguas corrientes, donde la velocidad de agua transporta los organismos desalojados a la red. Está diseñado para muestrear 1m^2 a la vez y se puede usar en cualquier profundidad desde unos pocos centímetros hasta justo por debajo de 1 m.

Fig. 17. Muestreo de 0,5 m de sustrato contra la corriente, utilizando red de mano estándar de 0,25 m de ancho de boca, con lo que se muestrea una superficie de 0,125 m^2 (Extraída de Pardo *et al.* 2010)

METODOLOGÍA: REDES SALABRE EN PROFUNDIDAD. Muestreo cualitativo

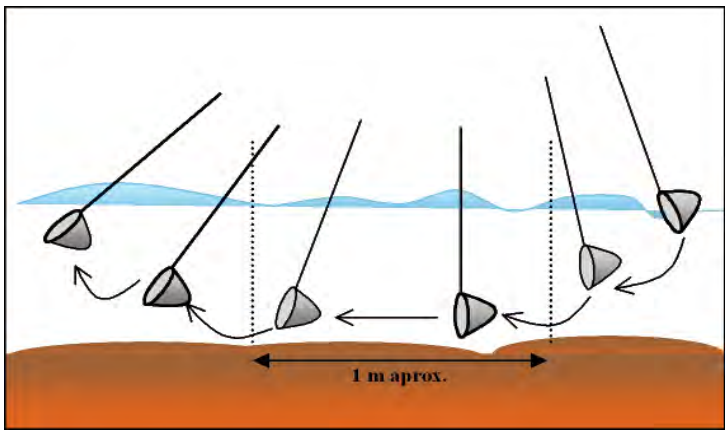


Fig. 18. Muestreo con salabre en litoral de lagos.

Procedimiento: En zonas no vadeables se puede utilizar muestreo con salabre o "diping", donde se deben realizar pasadas con una red de muestreo de 100 µm con un recorrido de bajada, seguido de un recorrido a aproximadamente 1m cerca del fondo y subiendo hasta la superficie (Fig. 18). Se debe asignar 20 muestras (pasadas) en forma proporcional a la abundancia relativa de los tipos de hábitat. Si existe predominio de sustratos pedregoso (bolones, piedras) se sugiere realizar el muestreo con red suber o red Hess.

METODOLOGÍA: RED SURBER. Muestreo cuantitativo

Procedimiento: La toma de muestras se debe realizar desde aguas abajo hacia aguas arriba en el tramo, así se evita que la toma de una muestra de invertebrados bentónicos aguas abajo afecte a las muestras que se recogen en zonas localizadas aguas arriba. Para el muestreo cuantitativo, se recomienda tomar al menos tres muestras (réplicas) por punto de muestreo, aunque esto podría ser insuficiente ya que la distribución no aleatoria de la mayoría de las poblaciones de macroinvertebrados puede requerir que se recopile un mayor número de muestras. Concretamente en el caso de la aproximación multihábitat el número de muestras se eleva hasta 20 por sector de muestreo (US EPA 1999, 2003, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España 2010, Ministerio de Medio Ambiente de España 2015).

A)

A) **Red Surber**: Dimensión del marco es de 30 cm x 30 cm, es decir, delimita un área de 0.09 m^2. Posee una sección vertical del marco con una red unida que captura los organismos desalojados del área de muestreo. Su utilización se basa en situar el área delimitada por el recuadro de la red en sentido contra corriente, las piedras que queden dentro del área delimitada deben ser lavadas con las manos, con la misma agua que ingresará a la red. De este modo, los organismos adheridos al sustrato se desprenderán y quedarán retenidos en la red. Su uso es limitado, no debe ser

utilizada a una profundidad menor de 15 cm ni a una profundidad mayor a 30 cm en sustratos pequeños, arena, grava y piedras pequeñas (< 10 cm de diámetro)[11], Se sugiere retirar los organismos retenidos en la red con una piseta con agua

Red Hess: Las dimensiones del marco son las de un cilindro de metal de aproximadamente 50 cm de diámetro y 50 cm de alto muestreando un área 0,8 m^2. Es un diseño avanzado del Surber y está destinado a prevenir el escape de organismos y contaminación por deriva. Está restringido a profundidades de menos de 50 cm.

B)

Si existe predominio de sustrato blando (sedimento o fango), el muestreo puede realizarse con core o draga. **Draga**: en zonas profundad (Lagos y embalses y también en zonas de depósito de sedimentos en ríos no vadeables). En orilla se recomienda **core**.

METODOLOGÍA: DRAGA. Muestreo cuantitativo.

Fig 19. Algunos modelos de dragas utilizados en el muestreo de sedimentos en sistemas acuáticos.

Procedimiento: Previo a la utilización de un tipo de draga (Fig.19) se recomienda conocer el área de la "mordida" para establecer si su elección es correcta respecto a la densidad de organismos que se desea colectar. Desde un bote a una profundidad mayor a 1.5 m, debe lazar la draga atada a una cuerda o cadena que impida que el instrumento se pierda en el fondo del sistema acuático. Una vez que la draga toca fondo puede ser levantada con la cuerda de amarre, esto generará el mecanismo de cierre que tomará la muestra de sedimento. Cuando la draga esté en superficie, se debe dejar unos segundos elevada para que se produzca la pérdida de agua y sólo quede dentro de ella el sedimento que deseamos colectar. Una vez abierta la draga con ayuda manual, extraer el sedimento para que no caiga del instrumento con facilidad. Si es posible tamizar la muestra en terreno, hacerlo con una red de 500 µ de abertura de trama, sumergir superficialmente en el agua y realizar

[11] Nuestra experiencia en el uso de red Surber indica su uso eficiente en profundidades menores al alto de la red (30 cm) y con sustratos extraíbles que puedan ser contenidos en el área de muestreo de este instrumento.

movimientos circulares suaves que impidan la pérdida de muestra. Luego con una piseta con agua, arrastre los organismos que queden adheridos a la malla del tamiz para luego trasvasijar a un contenedor para su posterior fijación.

METODOLOGÍA: CORE. Muestreo cuantitativo

Fig.20 Muestreo de sustrato blando utilizando un core estándar de 0,15 m de diámetro.

Procedimiento: Un core es un tubo de diferentes materiales, generalmente de PVC, su perímetro puede variar entre 15-30 cm y en uno de sus extremos posee un tope de malla con apertura de trama de 250 micras (Fig 20). Para realizar el muestreo se debe introducir el core verticalmente en el sedimento blando (arena, limo-arcilloso, areno-limoso, etc.), con profundidad de 10-15 cm. Para desenterrar, se sugiere ayudarse con las manos o con una pala. La muestra que queda en el interior del instrumento de muestreo puede ser retirado con las manos y, de ser necesario, se puede ejercer presión con el agua proveniente de una piseta para extraer organismos que queden en las paredes o en la malla tope del core. La muestra puede ser depositada directamente en un contenedor o ser tamizada en terreno con un tamiz de 250µ o 500 µ de trama. Para ello, se debe volcar el contenido de la muestra sobre el tamiz y con el agua de cuerpo de agua muestreado, retirar el sedimento con movimientos circulares suaves que impidan la pérdida de material, lo resultante del tamiz puede ser depositado en un contenedor o bolsa plástica para su posterior fijación.

MACROINVERTEBRADOS EN DERIVA

Los macroinvertebrados bentónicos también es posible muestrearlos en condición de deriva.

METODOLOGÍA: RED DE DERIVA

Fig.21. Red diseñada para muestreo de macroinvertebrados en condición de deriva, con sistema de anclaje al sustrato.

Este tipo de red tiene un área aproximada de 0.045 m^2 y una malla de 250 µm de abertura, poseen un sistema de fijación al fondo que permite dejarlas sumergidas totalmente en el agua en sentido contra corriente el tiempo que se considere pertinente según el cauce del río (Fig.21).

Procedimiento**:** Seleccionar un tramo del río con pendiente leve y determinar ciclos de muestreo (*e.g*. cada 4 horas). Anclar en el fondo la red y repetir las veces que considere necesario. Se sugiere tener al menos tres redes para anclar en diferentes ambientes a la vez, de este modo se obtendrá una réplica del muestreo.

DECÁPODOS (Aéglidos)

Entre los crustáceos decápodos presentes en Chile, destacan los Anomuros de la familia Aeglidae, que reúnen especies con un alto endemismo. De estas, más del 50 por ciento se encuentra en alguna categoría de conservación de alta preocupación (En peligro, Vulnerable o En peligro Crítico) según el Registro Nacional de Especies Silvestres (RCE). Por este motivo se sugieren aquí algunas metodologías no invasivas que permiten el muestreo de estos ejemplares. Si bien, algunas de las ya descritas pueden ser útiles, si el objetivo es la captura y registro sólo de estos decápodos es ideal realizar un barrido visual por la ribera del río y realizar una colecta manual, una segunda opción es hacerlo mediante redes que eviten la muerte de los organismos.

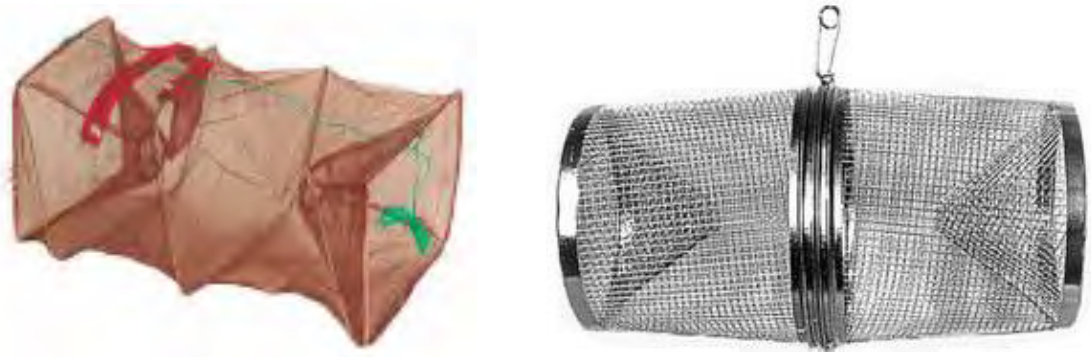


Fig 22. Trampas nasas de uso científico (http://www.dynamicaqua.com/streamsampling.html).

Procedimiento: Las trampas nasas (Fig 22), consisten por lo general, en un armazón rígido en forma de cesto o jaula, recubierto de red y provisto de una o más aberturas con forma de cono. Una vez posicionada la jaula en favor de la corriente ingresará el agua y los organismos de pequeño tamaño hacia el interior, la forma de cono facilitará la entrada, pero no la salida de esta trampa. En aguas someras un cebo colocado en el interior de la trampa ayudará en la captura de decápodos. Estas trampas regularmente se instalan durante el atardecer para retirarlas en la mañana siguiente dada la mayor actividad de los crustáceos durante la noche (Ulikowski et al. 2017). Las trampas deben estar unidas, a través de una guía, a una boya o atados a tierra para su recuperación (US EPA 2015).

Reactivos comunes a utilizar:

- Alcohol (90%)
- Formalina (10%)

Referencias

- Ministerio de Medio Ambiente de España. 2015. Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Capítulo 4: Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos. Pág. 131 – 178.
- Pardo I., García L., Delgado C., Costas N. & R Abraín. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España. 2010. Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. 68pp. NIPO 783-10-001-8
- Ulikowski D, Chybowski L, Traczuk P & E Ulikowska. 2017. A new design of crayfish traps reduces escaping and improves opportunities for long-term catching. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 17: 363-369.
- US EPA 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. 35 pp.
- US EPA 2003. Benthic Macroinvertebrate Sampling & Processing. 31 pp
- US EPA 2015. Fish Field Sampling. SESDPROC-512-R4. 11 pp.

4.2.5 Protocolo de muestreo de Fauna íctica

Según las principales características de un ecosistema, se recomienda el uso de las siguientes metodologías para el muestreo de fauna íctica, en cada uno de los ecosistemas:

A. ECOSISTEMAS LÓTICOS

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGIA
Ritrón	1	P. eléctrica/Redes/Espineles/Nasa
	2	Redes/Espineles
	3	P. eléctrica/Redes/Espineles
	4	
Transición	5	P. eléctrica/Redes/Espineles/Nasa/Buceo
	6	P. eléctrica con embarcación/Espineles/Redes/Buceo
Potamón	7	P. eléctrica/P.E. con embarcación/Espineles/Redes/Buceo
	8	P. eléctrica con embarcación/Espineles/Redes/Buceo

B. ECOSISTEMAS LÉNTICOS:

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGIA
Litoral	1	P. eléctrica/Redes/Espineles/Nasa
Eufótica	2	P. eléctrica con embarcación/Espineles/Redes
Trofólítica	3 Profundidad	Redes/Espineles en profundidad

C. ECOSISTEMAS HUMEDALES (ESTUARIOS Y MARISMAS):

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGIA
Río	1	P. eléctrica con embarcación/Espineles/Redes/Buceo
Laguna/Poza	2	P. eléctrica / Espineles/Redes/Nasa
	3	P.E. con embarcación/Espineles/Redes
Zona mezcla	4	Espineles/Redes/Nasa
	5	Espineles/Redes

D. ECOSISTEMAS HUMEDALES (SALARES):

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGIA
Vega	1	P. eléctrica/Censo Visual
Canal	2	Censo Visual
	3	
Laguna	4	No Aplica
	5	

Sólo algunos artes de pesca permiten la estimación de la abundancia en términos de densidad como ind/m^2 (Pesca eléctrica, censos visuales por ejemplo), mientras que la mayoría sólo puede ser expresado en términos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE), la que es específica a cada arte en particular, lo que impide combinar la abundancia de los peces de diferentes artes de pesca desarrollados en una localidad (Pidgeon 2004).

Consideraciones Generales: Antes de comenzar, se debe considerar el uso de elementos de protección personal (EPP), materiales y reactivos para la toma de muestras. El equipamiento y materiales necesarios para la toma de muestras se detallan en cada

metodología, mientras los elementos de protección personal comunes se detallan a continuación:

Elementos de protección personal (EPP)

- ✓ Ropa idónea para el clima del área de estudio.
- ✓ Vadeadores y botas de caucho (materiales no conductores de la electricidad).
- ✓ Casco de canotaje
- ✓ Chaleco Salvavidas (en caso de que aplique)
- ✓ Chaleco salvavidas (muestreo desde embarcación
- ✓ Botiquín de primeros auxilios
- ✓ Guantes de látex o neopreno.
- ✓ Protector solar y bálsamo labial con filtro UVA/UVB.
- ✓ Lentes de seguridad con filtro UVA/UVB.
- ✓ Gorro legionario

METODOLOGÍA: PESCA ELÉCTRICA

Equipamiento y materiales

- ✓ Equipo de pesca eléctrica con batería.
- ✓ Mochila porta equipo de pesca eléctrica.
- ✓ Bote habilitado con equipo de pesca eléctrica
- ✓ Ánodo (Quecha) con mango de material aislante, con aro de material conductor y que posea red cátodo.
- ✓ Red de mano
- ✓ Conductivímetro
- ✓ Balde plástico >10L
- ✓ Coolers contenedores > 30 L
- ✓ Contenedores de rejilla
- ✓ Ictiómetro a escala mínima de 1 mm
- ✓ Balanza a escala mínima de decimas de gramo
- ✓ Cámara fotográfica

Se debe evitar la pesca durante o inmediatamente después de eventos de lluvia, y también durante periodos de crecidas en los ríos, dado que en estos eventos los peces pueden ser desplazados del sector de estudio, o permanecer refugiados en microhábitats más favorables reduciendo el éxito de las colectas (Joy *et al.* 2013)

Los sitios seleccionados de pesca deben estar alejados al menos 100 m de puentes o vados en el camino cruzando el río, a menos que se esté evaluando la influencia de estos impactos. Si esta circunstancia es inevitable debe quedar registro de ellos en las anotaciones de terreno. También debe evitarse la presencia de barreras migratorias o confluencias tributarias en las cercanías del lugar de muestreo (150 m) (Joy *et al.* 2013).

La seguridad es de suma importancia., por lo que para la pesca eléctrica se recomienda el uso sólo de equipos de producción comercial con dispositivos de seguridad adecuados, como interruptores de inclinación, dispositivos de sobrecarga e interruptores de apagado. (TCEQ 2014).

Independiente del tipo de río, el protocolo de muestreo de peces para Nueva Zelandia indica que el muestreo continuo de 150 m en el río[1] asegura la presencia de más de un 90 % de las especies presentes en ese alcance (Joy *et al.* 2013). Por otra parte, US EPA (1999, 2003), asigna una longitud fija de 100 m para identificar la variabilidad de hábitat en los sistemas fluviales.

Procedimiento: Medir conductividad para regular el voltaje de la descarga de electricidad en el agua. Con equipo de pesca eléctrica portátil el detalle de la pesca se describe a continuación: Moverse suavemente e ir barriendo con el ánodo todos los hábitats factibles de ser muestreados (Fig.23). Otra persona debe situarse detrás del portador de la pértiga con sacaderas (quecha) y recogen los peces que aturdidos por la electricidad son

arrastrados por la corriente fluvial. Recorrer, dependiendo de las condiciones en la sección vadeable del río una longitud entre 100 y 200 metros en dirección contraria a la corriente. Depositar los peces capturados en balde plástico con agua. El agua de este contenedor debe ser renovada si se observa en los peces síntomas de carencia de oxígeno.

Si la pesca es abundante, se puede disponer de un contenedor mayor (Cooler > 30 L) en la orilla para evitar una densidad excesiva en el balde de pesca. Una vez terminada la colecta, anotar la distancia efectiva de pesca y tiempo para los posteriores cálculos de la CPUE (captura por unidad de esfuerzo).

Fig. 23. Pesca eléctrica con equipo portátil en la ribera vadeable de un río

En cuerpos de agua o porciones de este que no son vadeables puede usarse una embarcación preparada para la realización de pesca eléctrica, estas suelen ser de casco de aluminio y disponen de una plataforma en la proa de la que cuelgan dos brazos correspondientes al ánodo y cátodo (Fig. 24). La embarcación recorrerá el tramo de río no vadeable o la zona del litoral cubriendo los diferentes hábitats. En aguas con corriente es importante que la embarcación se mueva a favor de la corriente a la misma velocidad de esta, usando el motor o los remos únicamente para maniobrar. Los peces se recogen con sacaderas y se van depositando en depósitos con agua de la propia masa de agua, convenientemente oxigenada (con burbujeadores eléctricos o a batería).

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente de España 2015

Fig.24. Embarcaciones menores equipadas para la realización de pesca eléctrica

Para manipular los peces (identificar, pesar y medir) es conveniente usar un producto anestésico que los relaje. Se recomienda usar eugenol o MS-222, la dilución adecuada de este último es de 10 a 30 mg/L.

Una vez anestesiados los peces serán identificados, contabilizados anotando su peso y longitud (furcal o total) (Fig.25), además de la observación de su estado sanitario.

Aquellos peces con permiso de captura además pueden ser sacrificados para posteriores determinaciones de interés, como su dieta, estado de desarrollo gonadal, edad, acumulación de metales u otras sustancias toxicas, etc.

En caso de ejemplares con dudas de identificación, idealmente este debería ser sacrificado y conservado para su posterior análisis en mayor detalle. Alternativamente, estos ejemplares pueden ser fotografiados destacando la disposición de sus aletas, la presencia o no de una boca protráctil, presencia de barbas, o alguna otra característica notoria que se juzgue importante para su identificación posterior.

Para la recuperación de los peces de la anestesia se debe disponer de un contenedor de rejilla en la orilla del río de modo que la corriente de agua circule a su través.

Ya recuperados de la anestesia los peces serán liberados; para ello se elegirá una zona de corriente moderada cerca de la orilla y se realizará una estima de la mortandad debida al muestreo (% peces muertos).

Fig.25. Obtención de medidas morfométricas de longitud total y peso total en peces

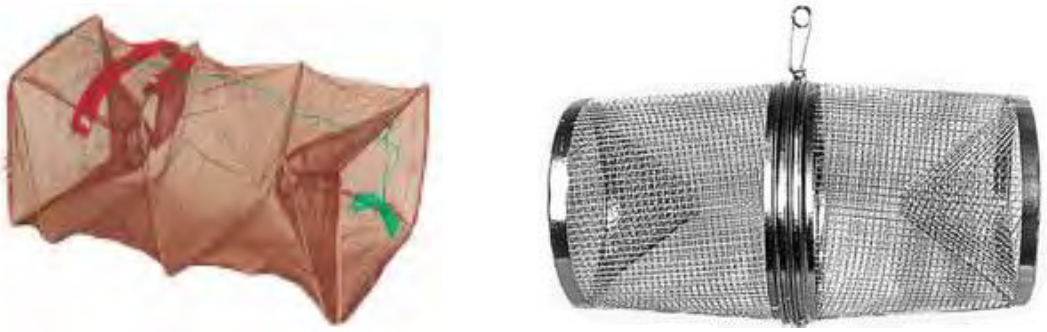
METODOLOGÍA: PESCA CON REDES

Equipamiento y materiales

- ✓ Nasas y redes trampa
- ✓ Redes Agalladeras y de enmalle (trasmallos
- ✓ Contenedores de rejilla
- ✓ Ictiómetro a escala mínima de 1 mm
- ✓ Balanza a escala mínima de decimas de gramo
- ✓ Cámara fotográfica

Para las nasas y redes trampa (Fig. 26) se escogen puntos someros del litoral y se sitúan las redes junto al fondo, entre la vegetación o en la profundidad elegida. Las nasas pueden cebarse o no. Los cebos pueden ser muy variados (pescado, hígado, maíz, queso, etc),

este tipo de red suele mantenerse unas 12 horas, en caso de mantenerlas durante un mayor periodo se deben revisar periódicamente para extraer las capturas.



Fuente:http://www.dynamicaqua.com/streamsampling.html

Fig.26. Trampas nasas de uso científico.

En tanto, las redes agalleras y trasmallos (Fig. 27) se instalan en las áreas elegidas en diferentes posiciones para aumentar la eficiencia de pesca. En general, se pueden situar algunas unidades perpendiculares al litoral, otras paralelas y otras en la masa libre de agua a diferentes profundidades. Las redes pueden estar formadas por paneles de distinto tamaño de malla (redes sugeridas: de 30, 40, 50, 60, 80, 100 mm de distancia entre nudos, disponiendo las mayores aperturas hacia la zona central profunda los menores tamaños hacia la ribera con menos profundidad) y son caladas en general por 12 horas durante la noche. Se usan boyas y anclajes para mantener la posición de las redes.

Respecto de la pesca con redes, para Chile la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (RE 4157) define que las redes utilizadas no deben superar los 25 m de largo y nunca deben cubrir todo el curso de agua. En lagos, las redes podrán alcanzar un máximo de 125 m de largo y no deben ser instaladas más de tres unidades por cuerpo de agua. Además, también señala que el calado debe ser inferior a 12 h, revisando regularmente la red a objeto de evitar la sobre captura, la captura de especies no objetivo y la mortalidad de los ejemplares atrapados.

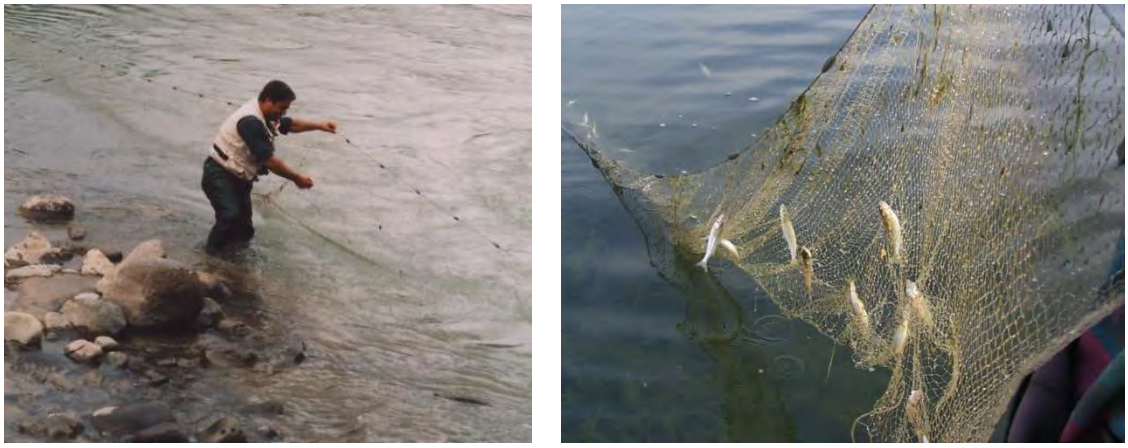


Fig 27. Utilización de redes agalleras para la captura de peces.

Una combinación del uso de los artes de pesca de redes y trampas son las llamadas redes “Fyke” las que son usadas para evaluar peces presentes en aguas someras (< 1 m), como son las riberas de ríos y lagos, las que son dispuestas perpendiculares u oblicuas a la línea de ribera (Fig. 28).

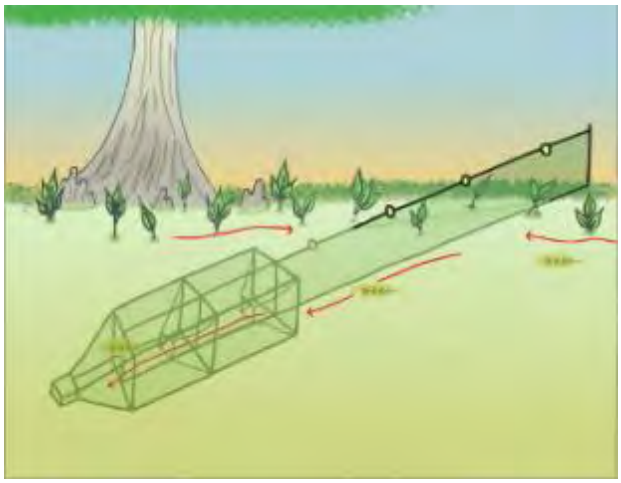


Fig. 28. Disposición de una red “Fike” en la rivera de un sistema acuático. Las flechas indican el movimiento de los peces hacia la trampa en la porción más profunda.

Transcurrido el tiempo de captura se deben extraer los peces, procediendo a la manipulación de estos del mismo modo como se ha descrito para la pesca eléctrica.

Otra forma uso de redes es para pesca de arrastre, que como su nombre lo indica requieren el arrastre de ellas en la masa de agua, lo que se puede hacer desde una embarcación, o en áreas someras directamente a mano. Dependiendo de los hábitats se sugieren distintas características de las redes de arrastre, en pozones profundos se recomienda una red de 10 m × 2 m, mientras que en rápidos, aguas corrientes y posas pequeñas un tamaño de 5 m × 1 m. Para su implementación se requieren 2 a 3 personas, localizando uno de los extremos de la red cerca de un banco o playa y disponiendo el resto de la red extendida perpendicular al banco, lo que se consigue con uno de los participantes avanzando hacia el centro del cuerpo de agua. La red se debe tirar paralela, y cerrándola hacia el banco donde una de las personas mantiene su posición fija, asegurándose de que la línea plomada de la red este siempre pegada al sustrato. Una vez alcanzada la orilla la red debe ser extraída completamente del agua para extraer los peces capturados. Con la red de 10 m de largo intente al menos seis lances para cubrir por lo menos 60 m en el sistema acuático.

METODOLOGÍA: PESCA CON ESPINELES

Equipamiento y materiales

- ✓ Espineles: Líneas con de 10 anzuelos.
- ✓ Anzuelos de tamaño 4, 6, 8 y 10 sin rebarba.

La pesca con espineles es poco mencionada en los protocolos internacionales, probablemente porque es un arte de pesca más selectivo y con una mayor tasa de mortalidad de los peces. La US EPA 2015, menciona su aplicabilidad en ríos, lagos y embalses pudiendo ser una técnica eficiente dependiendo de las especies objetivo y consistente en líneas a las que se les unen anzuelos cebados, dejándolos instalados por un tiempo determinado en el sistema acuático.

Procedimiento: Instalar en cada punto una línea de espineles con diez anzuelos sin rebarba N° 4, 6, 8 y/o 10, abarcando principalmente la porción central de los ríos o lagos. Los anzuelos deben estar dispuestos con aquellos de mayor tamaño hacia el centro más profundo y los de menor tamaño hacia la orilla con menos profundidad.

En el extremo distal, hacia el centro del sistema acuático, se debe añadir un lastre (regularmente una plomada de pesca) mientras que el otro extremo se debe amarrar en la orilla a vegetación o piedras propias del lugar, esto con el objeto de que el espinel no sea arrastrado por la corriente.

El levante de los espineles puede ser hasta un máximo de 12 horas, luego de este periodo se extraen los peces, fijándolos y almacenándolos de modo similar a como ya ha sido descrito en el protocolo de pesca eléctrica.

En Ambientes profundos se pueden instalar espineles a profundidad, donde estos son fijados al fondo con un lastre de plomo de al menos 500 gr y una boya en la superficie.

La restricción del número de líneas y tiempo de calado por punto de muestreo es una directriz definida por el permiso de pesca de investigación genérico emitido por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura de Chile (RE 4157) en los últimos años.

METODOLOGÍA: EVALUACIÓN VISUAL POR BUCEO CON SNORKEL

Equipamiento y materiales

- ✓ Máscara de buceo.
- ✓ Snorkel
- ✓ Traje de buceo incluyendo botines, guantes y capucha
- ✓ Aletas de buceo
- ✓ Pizarra de acrílico subacuática con lápiz grafito unido a ella
- ✓ Bidón con agua potable para lavado al final de la actividad
- ✓ Enjuague bucal antiséptico
- ✓ Medidor de distancia

Esta técnica visual descrita para sistemas fluviales puede ser un arte útil en condiciones de agua transparente y con agua a la altura de la cintura o más arriba y con baja velocidad de corriente. Las especies deben ser fáciles de reconocer y su número bajo. Este método subestima a los peces que habitan en espacios intersticiales dentro del sustrato y puede tener errores por conteo de los mismos ejemplares más de una vez o simplemente perder en el conteo algunos de ellos (Hauer y Lamberti 2007).

Procedimiento: Seleccione un tramo del río donde realizar la estimación visual (previo se debería verificar el estado de salubridad del río y ante la sospecha de algún foco de infección particular, como tifus, hepatitis, etc, inocularse con la vacuna adecuada previo a la actividad).

Defina el número de buzos adecuados para realizar la actividad de modo de cubrir todo el ancho de la sección en un solo evento. Esto debe considerar el ancho promedio del río en el tramo y la amplitud visual de cada buzo de acuerdo a la claridad del agua.

Los buzos deben comenzar la actividad en el extremo más aguas abajo del tramo seleccionado, moviéndose simultáneamente en paralelo hacia aguas arriba.

Los peces contados por cada buzo (especies y números) pueden ser registrados por personal en tierra, o alternativamente por los propios buzos en una pizarra subacuática

(acrílico blanco lijado donde se puede escribir con lápiz grafito y limpiar con goma de borrar para posteriores anotaciones)
Al finalizar la actividad los participantes deben lavar sus manos y rostros con abundante agua potable con especial atención a los oídos y adicionalmente realizar un enjuague bucal con solución antiséptica para estos efectos.
Se debe anotar la distancia efectiva del tramo evaluado, así como el ancho promedio visualizado para los cálculos del área prospectada y las posteriores estimaciones de densidad de las especies registradas.

En sistemas acuáticos de aguas claras de tamaño reducido y con solo una especie íctica objetivo conspicua, proponemos un protocolo de **censo visual** que considera la observación de peces desde la ribera del sistema con un tiempo de acostumbramiento de 15 minutos antes de realizar el recuento, este último sobre un campo visual en un transecto lineal de 10 m de longitud y 1 m de ancho para obtener estimadores de densidad de peces como ind/m^2.

Referencias

Hauer F.R & Lamberti G.A. 2007. Methods in Stream Ecology.Vol 2. Elsevier Inc. 327-855pp.
Mike Joy, Bruno David & Mike Lake 2013. New Zealand Freshwater Fish Sampling Protocols. Part 1. Wadeable Rivers & Streams.
Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ). 2014. Surface Water Quality Monitoring Procedures, Volume 2. Chapter 3. Freshwater fish.
Ministerio de Medio Ambiente de España. 2015. Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Capítulo 1: Protocolos de muestreo y análisis para fitoplancton. Pág.23-62.
Ministerio del Ambiente de Perú. 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú.
Pidgeon B. 2004. A review of options for monitoring freshwater fish biodiversity in the Darwin Harbour catchment. Report prepared for Water Monitoring Branch, Natural Resource Management Division, Department of Infrastructure, Planning & Environment. Australian Goverment. 28 pp.
Res. Exenta N°4157. 2017. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Autoriza a Centro de Ecología Aplicada Ltda. para realizar pesca de investigación que indica. Extracto publicado en el Diario Oficial de la República de Chile el 22 de Diciembre de 2017.
US Environmental Protection Agency (US EPA) 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish, Second Edition. Capitulo 8 Fish Protocols. 19 pp.
US Environmental Protection Agency (US EPA) 2003. Technical Standard Operating Procedure. Benthic Macroinvertebrate Sampling & Processing.
US Environmental Protection Agency (US EPA) 2009. National Rivers and Streams Assessment. Field Operations Manual. 354 pp.
US Environmental Protection Agency (US EPA) 2015. Fish Field Sampling. 11 pp.
New Zealand Government. 2013. Freshwater fish: passive nets— fyke nets
Version 1.1. 22pp.

4.2.6 Protocolo de muestreo de Macrófitas

Para la caracterización de las macrófitas o plantas acuáticas es importante tomar en cuenta la velocidad de la corriente en río puesto que este factor es un condicionante de la presencia de macrófitas, al igual que en lagos o ríos con profundidades > 2 m la turbidez, condiciona la existencia de macrófitas sumergidas por la falta de entrada de luz. En ríos >10 m se deben muestrear necesariamente ambas orillas

Según las principales características de un ecosistema, se recomienda el uso de las siguientes metodologías para el estudio de las macrófitas, en cada uno de los ecosistemas:

A. ECOSISTEMAS LÓTICOS

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Ritrón	1	Intercepto de puntos/Parcelas acuáticas
	2	
	3	
	4	
Transición	5	
	6	
Potamón	7	
	8	

B. ECOSISTEMAS LÉNTICOS

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Litoral	1	Intercepto de puntos/Parcelas acuáticas
Eufótica	2	
Trofolítica	3 Profundidad	

C. ECOSISTEMAS HUMEDALES (ESTUARIOS Y MARISMAS):

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Río	1	Intercepto de puntos/Parcelas acuáticas
Laguna/Poza	2	
	3	
Zona mezcla	4	
	5	

D. ECOSISTEMAS HUMEDALES (SALARES):

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Vega	1	Parcelas acuáticas
Canal	2	
	3	
Laguna	4	
	5	

Consideraciones Generales: Antes de comenzar, se debe considerar el uso de elementos de protección personal (EPP), materiales y reactivos para la toma de muestras. El equipamiento y materiales necesarios para la toma de muestras se detallan en cada metodología, mientras los elementos de protección personal comunes se detallan a continuación:

Elementos de protección personal (EPP)

- ✓ Ropa idónea para el clima del área de estudio.
- ✓ Botas o vadeadores de pescador de caucho, nylon-PVC o neopreno.
- ✓ Guantes de látex o neopreno.
- ✓ Protector solar y bálsamo labial con filtro UVA/UVB.
- ✓ Lentes de seguridad con filtro UVA/UVB.
- ✓ Gorro legionario.
- ✓ Chaleco salvavidas (muestreo desde embarcación)

METODOLOGÍA DE NTERCEPTO DE PUNTOS

Equipamiento y materiales

- ✓ Rastrillo con mango extensible para aguas someras.
- ✓ Draga del tipo Van Veen para aguas profundas.
- ✓ Cinta métrica lavable con plomos para marcar transectos.
- ✓ Espátula.
- ✓ Pinza.
- ✓ Prensa portátil con periódicos y almohadillas para la conservación en seco.
- ✓ Sobres de papel para guardar briófitos.
- ✓ Bandejas de plástico blanco.
- ✓ Bolsas de plástico herméticas.
- ✓ Recipientes de plástico o cristal para recolectar ejemplares pequeños.
- ✓ Claves de identificación.
- ✓ Papel vegetal.
- ✓ Lupa 10X aumento.
- ✓ Cámara fotográfica, preferentemente con objetivo macro y con filtros polarizadores.
- ✓ Cooler portátil refrigerada.
- ✓ Embarcación para al menos 2 personas.
- ✓ Boyas.

Transectos perpendiculares a la orilla

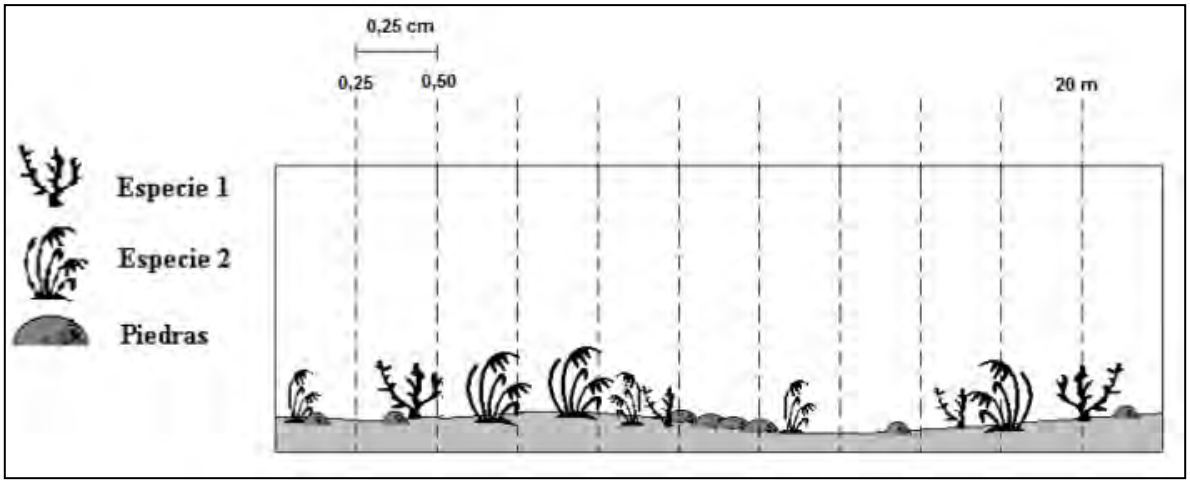
Procedimiento: Por medio de herramientas geográficas, seleccionar previamente la zona a muestrear, según la batimetría de la zona iniciar de lo más profundo y hacer transectos en zig-zag a la distancia deseada realizando colectas a cada cierto tramo equidistante (Fig. 29). En cada punto de muestreo a lo largo de transecta bajar el rastrillo y arrastrarlo por el fondo para extraer las muestras. Utilizar dragas para las zonas de máxima profundidad. Con la ayuda de la bandeja separar las muestras por especie, colectar en las bolsas o envases de colecta y preservar con el reactivo. Para muestras de macrófitas emergentes se pueden colectar y luego colocar en prensas para herbario.

continuo.

Fig. 29. Transectos perpendiculares en río (Extraída de Pardo *et al.* 2010)

Transecto paralelo a la orilla

Procedimiento: Por medio de herramientas geográficas, seleccionar previamente la zona a muestrear, realizar un trayecto paralelo a la orilla del sistema o en forma lineal al sistema. En cada punto de muestreo a lo largo de transecta utilizar rastrillo para extraer las muestras (Fig. 30). Con la ayuda de la bandeja separar las muestras por especie, colectar en las bolsas o envases de colecta y preservar con el reactivo. Para muestras de macrofitas emergentes se pueden colectar y luego colocar en prensas para herbario.



Esquema de una medición realizada mediante el método de intercepto de puntos.
Extraído de Hernández *et a*l. 2000.

Fig. 30. Transecto paralela a la orilla realizada

METODOLOGÍA: PARCELAS ACUÁTICAS

Equipamiento y materiales

- ✓ Rastrillo con mango extensible para aguas someras.
- ✓ Cinta métrica lavable con plomos para marcar transectos.
- ✓ Espátula.
- ✓ Pinza.
- ✓ Prensa portátil con periódicos y almohadillas para la conservación en seco.
- ✓ Sobres de papel para guardar briófitos.
- ✓ Bandejas de plástico blanco.
- ✓ Bolsas de plástico herméticas.
- ✓ Recipientes de plástico o cristal para recolectar ejemplares pequeños.
- ✓ Claves de identificación.
- ✓ Papel vegetal.
- ✓ Lupa 10X aumentos.
- ✓ Cámara fotográfica, preferentemente con objetivo macro y con filtros polarizadores.
- ✓ Cooler portátil refrigerada.
- ✓ Cuadrante de PVC de (preferiblemente de 0,5 m^2 con una cuadrícula de 100 puntos)

Procedimiento: Ubicar el cuadrante sobre las plantas acuáticas una sola vez en el punto de muestreo tomado con GPS y listar todas las especies (Fig. 31). Las especies no identificadas se deben recolectar para su posterior análisis en gabinete.

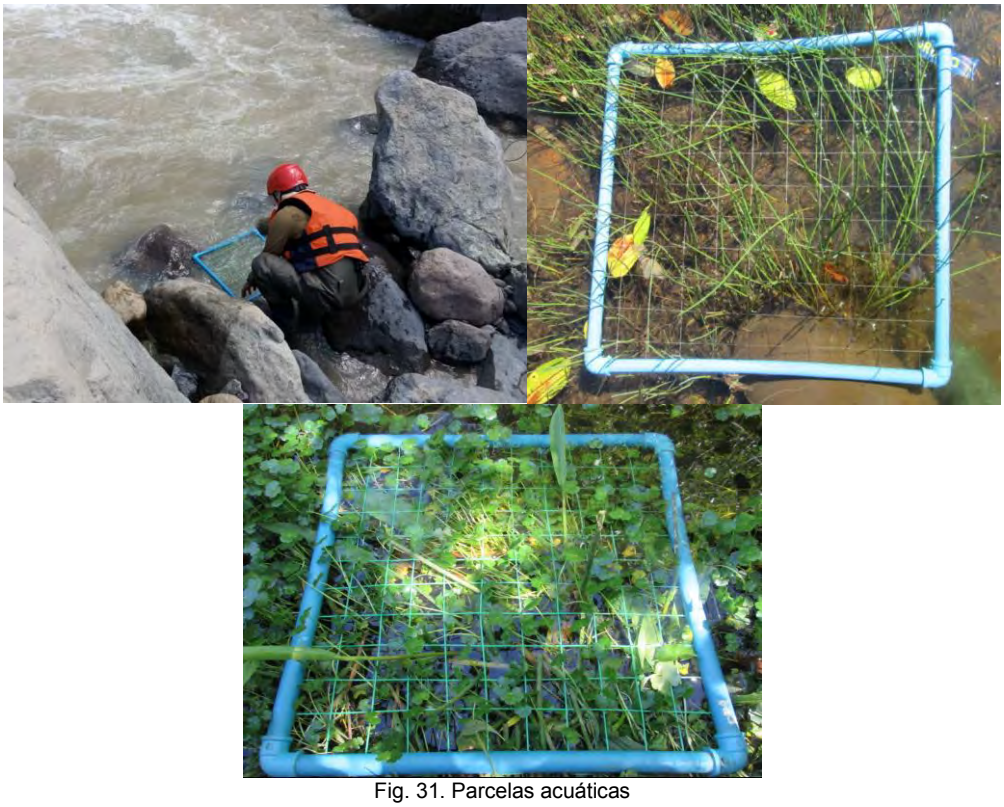


Fig. 31. Parcelas acuáticas

Referencias

- Benoit I (ed) (1989). Libro Rojo de la Flora terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal. Ministerio de Agricultura .157 pp.
- Hernández, J., M.T. Serra & L. Faúndez (2000). Manual de métodos y criterios para la evaluación y monitoreo de la flora y la vegetación. Universidad de Chile, Chile, 37 pp.
- Marticorena, C., F. Squeo, G. Arancio & M. Muñoz (2001). Catálogo de la flora vascular de la IV Región de Coquimbo. En: Squeo F, G. Arancio & J. Gutiérrez (eds) Libro Rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo. CONAF- Univ. La Serena, 372 pp.
- Mueller-Dombois D & H Ellenberg (1974). Aims and methods of Vegetation Ecology. J. Wiley & Sons, New York. 547 pp.
- The Plant List (2013). http://www.theplantlist.org/ Real Jardín Botánico y Jardín Botánico de Missouri.
- Vila I, A Veloso, R Schlatter & C Ramlrez (Eds.) (2006). Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 173 pp.
- Zuloaga F, O Morrone, M Belgrano (Eds.) (2008). Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 107, 1–3348.

4.2.7 Protocolo de muestreo de Lontra provocax (Huillín o nutria de río)

Para especies que se encuentran en alguna categoría de protección se recomienda el uso de equipos para observación remota, cuando se está en lagos o humedales de gran envergadura, lo ideal es no perturbar el ejemplar, por lo tanto, sólo se recomienda cuando las dimensiones del cuerpo de agua se presten para tal fin. Esta especie no debe ser manipulada para efectos de estudios de Línea de Base y Seguimientos Ambientales. Para estudios específicos donde se requiera su manipulación, debe ser solicitado un permiso especial.
El huillín o nutria de río está clasificado de acuerdo al Decreto Supremo N º 151/2007 del MINSEGPRES, como especie En Peligro desde la Región de O`Higgins a la Región de Los Lagos, e Insuficientemente Conocida desde Los Lagos a Magallanes.

Según las principales características de un ecosistema, se recomienda el uso de las siguientes metodologías para *Lontra provocax,* en cada uno de los ecosistemas:

A. ECOSISTEMAS LÓTICOS

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGIA
Ritrón	1	Observación directa/ Observación indirecta
	2	Observación directa/ Observación indirecta
	3	Observación directa
	4	
Transición	5	Observación directa/ Observación indirecta
	6	Observación directa
Potamón	7	Observación directa/ Observación indirecta
	8	Observación directa

B. ECOSISTEMAS LÓTICOS

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Litoral	1	Observación directa/ Observación indirecta
Eufótica	2	Observación directa
Trofolítica	3 Profundidad	N/A

C. ECOSISTEMAS HUMEDALES (ESTUARIOS Y MARISMAS)

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Río	1	Observación directa/ Observación indirecta
Laguna/Poza	2	Observación directa/ Observación indirecta
	3	Observación directa/ Observación indirecta
Zona mezcla	4	N/A
	5	N/A

D. ECOSISTEMAS HUMEDALES (SALARES)

ZONA	AMBIENTE	METODOLOGÍA
Vega	1	N/A
Canal	2	N/A
	3	N/A
Laguna	4	N/A
	5	N/A

Consideraciones Generales: Antes de comenzar, se debe considerar el uso de elementos de protección personal (EPP), materiales y reactivos para la toma de muestras. El equipamiento y materiales necesarios para la toma de muestras se detallan en cada metodología, mientras los elementos de protección personal comunes se detallan a continuación:

Elementos de protección personal (EPP)

- ✓ Ropa idónea para el clima del área de estudio.
- ✓ Zapatos de trecking
- ✓ Guantes de cabritilla.
- ✓ Protector solar y bálsamo labial con filtro UVA/UVB.
- ✓ Linterna
- ✓ GPS
- ✓ Lentes de seguridad con filtro UVA/UVB.
- ✓ Gorro legionario.
- ✓ Chaleco reflectante amarillo.
- ✓ Chaleco salvavidas (muestreo desde embarcación)
- ✓ Binoculares
- ✓ Distanciómetro.

METODOLOGÍA: OBSERVACIÓN DIRECTA

Procedimiento: Realizar caminatas empleando binoculares para observar a los individuos en su medio. Se deben emplear los binoculares o cámaras fotográficas con teleobjetivos de >300mm para su visualización o registro. Esto se puede hacer desde un bote o desde una plataforma o muelle.

Referencia foto: Toledo y Maturana, 2009. Plan Nacional de conservación del Huillín (*Lontra provocax* thomas, 1908) en Chile

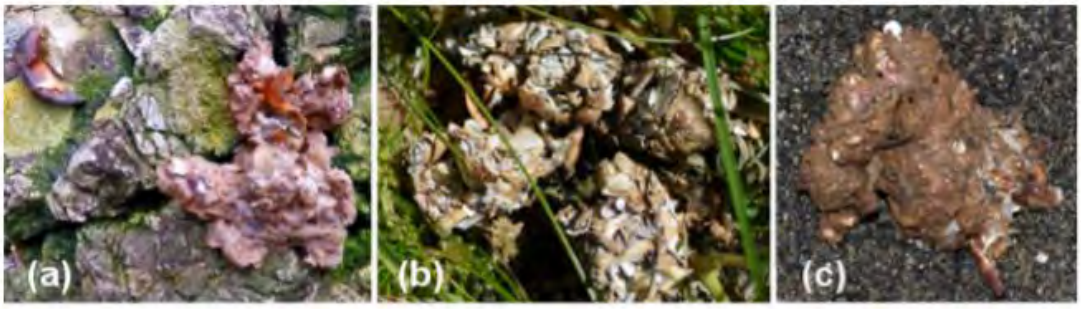
METODOLOGÍA: OBSERVACIÓN INDIRECTA (reconocimiento de comederos, Observación de madrigueras y recolección de fecas y pelos)

Equipamiento y materiales

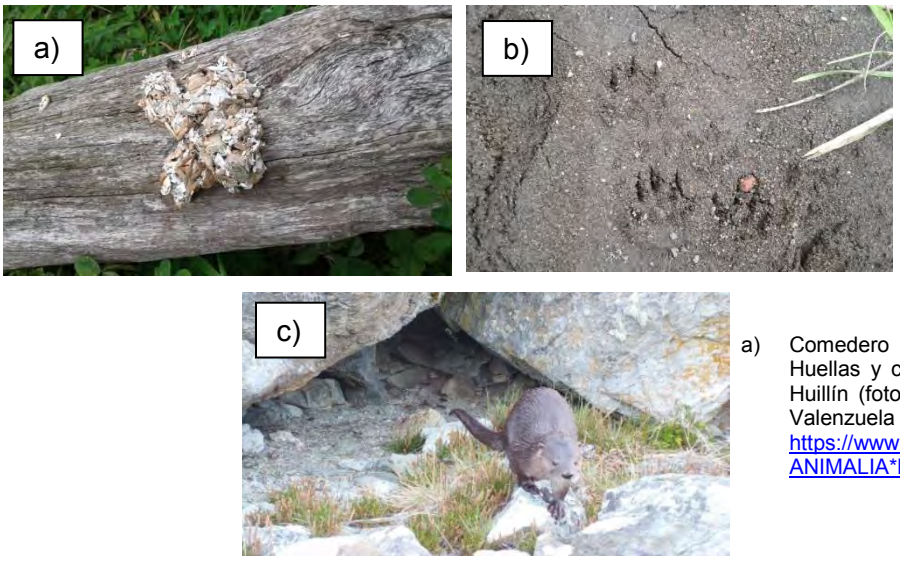
- ✓ Binoculares 25x40x.
- ✓ Distanciómetro.
- ✓ Bote (Opcional)
- ✓ Bolsas plásticas (Opcional, para recolección de fecas y pelos)
- ✓ Pinzas (Opcional, para recolección de fecas y pelos)
- ✓ Rotuladores

Procedimiento: Realizar caminatas por los bordes del cuerpo de agua para visualizar las zonas de comederos y/o “letrinas”, (superficies fuera del agua como rocas o pequeños montículos de arena o pasto para depositar sus fecas), que son características para el género *Lontra* por lo tanto es un método estandarizado en el monitoreo indirecto de estas especies. Además del reconocimiento de los comederos, se pueden realizar recolección de fecas y pelos de estos

sectores. Los pelos pueden obtenerse de tres fuentes: (1) de las heces de la misma especie, (2) del sustrato de madrigueras y (3) por trampas de pelos.



Muestras de deposiciones atribuidas a *Lontra* spp. En Reserva Añihue, Región de Aysén, Chile. A) sobre sustrato rocoso, b) sustrato vegetativo y c) sustrato arenoso (Sanino y Meza, 2016). Extraído de: ECOLOGÍA TRÓFICA Y SIMPATRÍA DE NUTRIAS (LONTRA FELINA Y LONTRA PROVOCAX) EN LA RESERVA AÑIHUÉ, PATAGONIA CHILENA. 2016. Gian Paolo Sanino & María Ignacia Meza. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile, 65: 279-289 (2016).



a) Comedero de Huillin, b) Huellas y c) madriguera de Huillín (foto c, de Alejandro Valenzuela https://www.sib.gov.ar/ficha/ANIMALIA*lontra*provocax

Referencias

- Cassini M. H. y Sepúlveda M., eds (2006). El Huillín *Lontra provocax:* Investigaciones sobre una nutria patagónica en peligro de extinción. Serie Fauna Neotropical 1, Publicación de la Organización PROFAUNA, Buenos Aires, pp. 162.
- CÉSAR ALEJANDRO GONZALEZ LAGOS. DIETA DEL HUILLÍN (*Lontra provocax*) EN EL HUMEDAL DE BOROA, IX REGIÓN, CHILE. 2006.
- Cristian Correa. Participación ciudadana, proceso de evaluación de impacto ambiental de proyecto central hidroeléctrica cuervo. Redpath Museum, Dept of Biology, McGill University 2009.
- Gonzalo Medina-Vogel and Cesar Gonzalez-Lagos. Habitat use and diet of endangered southern river otter *Lontra provocax* in a predominantly palustrine wetland in Chile. Nordic Board for Wildlife Research. 2008.
- Informe Técnico (R. Pesq.) N° 51/2009. Bases técnicas para establecer un reglamento general de observación de vertebrados marinos superiores. SUBPESCA.
- Jayat P Diaz. M. Aporte al conocimiento de la distribución de los carnívoros del noroeste de Argentina. Mastozoologia Neotropical. 1999.
- *Lontra Provocax* RED LIST. Sepulveda, M.A., Valenzuela, A.E.J., Pozzi, C., Medina-Vogel, G. & Chehebar, C. 2015.
- Marcela Franco & Giovany Guevara & Loreto Correa & Mauricio Soto-Gamboa. Trophic interactions of the endangered Southern river otter (Lontra provocax) In a Chilean Ramsar wetland inferred from prey sampling, fecal analysis, and stable isotopes. 2013.
- Vianna. J, Medina-Vogel. G, Chehébar. C, Sielfeld. W, Olavarría. C, Faugeron W. Phylogeography of the Patagonian otter Lontra provocax: adaptive divergence to marine habitat or signature of southern glacial refugia. 2011.
- Walter Sielfeld y Juan Carlos Castilla. Estado de conservación y conocimiento de las nutrias en chile scientific knowledge. 1999. Walter Sielfeld.

4.3 Logística de la campaña de terreno

Existe una serie de pasos e información que hay que manejar para la buena práctica y manejo de las campañas de muestreo (Interpol 2010). A continuación, se detallan estos pasos los cuales es recomendable que los realice personal en conocimiento de terreno:

Tabla 4-1. Identificación de pasos previos a una campaña de muestreo.

Categoría	Detalles	Observaciones
Fuentes de información	Realizar un resumen de los autores principales y los artículos que se relacionan con el área de estudio	Información área de influencia y estudio.
Plan de muestreo detallado y programa de la campaña de muestreo	Identificar el número y la ubicación de los puntos de muestreo y los tipos de análisis requeridos en cada sitio.	Plan de trabajo en terreno
Alcances	Definir el alcance de la investigación y describir la zona de impacto o área de influencia del proyecto.	Cartografia Layout del Proyecto
Legislación y permisos	Realizar una descripción de la legislación regional y local y los posibles permisos que se requieren para la campaña de muestreo.	Esta sección requiere tener conocimiento de los permisos de captura emitidos por entidades como el SAG, SUBPESCA, SHOA y CONAF.
Matriz de muestra	Describir los tipos de muestras que tienen que ser recolectados.	Biológico (microalgas, invertebrados, fauna ictica, plantas acuáticas, anfibios, aves y mamíferos acuáticos).
Método de muestreo	Numerar el equipo requerido para la campaña de muestreo	Fichas de muestreo para cada componente biológico
Contenedores de muestra, preservantes y “Holding times”	Definir el número de contenedores de muestra por sitio y el conservante a utilizar, además el transporte de estos y los requisitos para ser transportado.	La matriz biológica con los preservantes adecuados presenta holdig time hasta 3 meses. Asegurar sellado de los contenedores para no extraviar o perder muestras en el transporte.
Coordinación con laboratorios	Identificar que laboratorios están certificados para el envío de muestras.	Laboratorios con experiencia probada en identificación taxonómica matriz biológica.
Plan de salud y seguridad	Desarrollar una lista de posibles riesgos y peligros de la campaña de muestreo y sus mitigaciones y prevenciones.	Análisis de Riesgos.
Formación/entrenamiento del equipo de trabajo	Identificar si las tareas que se realizaran en la campaña de muestreo requieren que el equipo de trabajo sea entrenado para alguna actividad en particular.	Equipo de profesionales con experiencia acreditada en muestreos de componentes biológicos.
Seguridad	Identificar situaciones y actividades que requieran un soporte o equipo de seguridad especializado.	Plan de trabajo Análisis de Riesgos

Fuente: Modificado de INTERPOL, 2014.

Previo a los estudios de terreno de Linea de Base o Seguimiento Ambiental, se recomiendan algunas actividades de gabinete, para asegurar el cumplimiento de los objetivos.

4.3.1 Generación Cartografía con puntos de muestreo probables

Considerarmapas cartográficos de acuerdo a la resolución N°223 del Ministerio de Medio Ambiente (2015) referida a la elaboración de planes e informes de seguimiento ambiental. Si

bien esta Resolución es para Planes de Seguimientos, se sugiere sea utilizada desde las actividades de línea de base. Esta Resolución, indica que la georreferenciación de los puntos de muestreo se debe realizar a través del sistema de coordenadas UTM, Datum WGS84, indicando el huso correspondiente. Aquellos mapas elaborados para llevar a terreno se recomiendan un tamaño A2 (594 x 420 mm) además de su plastificación o termolaminado, de modo de poder escribir sobre él sin alterar su información original. En la etapa inicial del muestreo, estos puntos son probables, dado que aún no se ha verificado en terreno las vías de acceso a las diferentes áreas que contienen los puntos, Respecto de este último aspecto, los mapas deben considerar el layout del proyecto, de modo que al reubicar puntos de muestreo no cambie su posición relativa inicial respecto de estos hitos del proyecto. Para la definición de los puntos de muestreo se utilizan imágenes satelitales;

La cartografía considera:

- Diseño de muestreo con puntos codificados
- Coordenadas UTM
- Datum WGS84
- Tamaño A2 (594x420mm)
- Layout del Proyecto
- Área de influencia
- Áreas de Importancia Ecológica.
- Escala 1:50.000
- Huso 18 o 19.
- Caminos y rutas

4.3.2 Revisión de vías de acceso a los diferentes sectores del cuerpo acuático y al área de estudio

Una vez elaborado el diseño de muestreo, es importante, previo a las campañas de terreno obtener información sobre accesibilidad al área de estudio. Una razón primaria corresponde al estado de los caminos o vías de acceso, las que siendo rutas oficiales del estado pueden disponer de información que entrega Carabineros de Chile. La condición climática ya que las lluvias o la nieve pueden cortar o bloquear las vías de acceso terrestre, la condición climática además puede impedir por razones de seguridad la navegación o el vuelo condicionando las vías acuáticas y aéreas de acceso a los diferentes sectores. Las vías de acceso deben estar condicionadas por permisos a recintos privados o estatales, siendo necesaria la tramitación previa de los permisos respectivos, en el caso de los estatales, normalmente parques o reservas administradas por CONAF. Cabe destacar que últimamente también se ha vuelto necesario tramitar permisos de acceso con comunidades indígenas en sectores considerados por ellos como patrimoniales.

Es importante considerar previo a las actividades de terreno:

- Accesibilidad a los diferentes puntos de muestreo
- Verificar condiciones climáticas en función del cumplimiento de los objetivos
- Autorización de ingreso a recintos privados
- Autorización de ingreso a terrenos de comunidades indígenas

4.3.3 Elaboración de un programa de trabajo en terreno

El programa de trabajo en gabinete tiene por objetivo el intento de optimizar los recursos humanos, materiales, monetarios y temporales asociados al trabajo de terreno. En la práctica este programa se puede traducir en un formulario con el detalle de todas las actividades de terreno desde el arribo al área de estudio, las visitas programadas a cada uno de los puntos de muestreo, las actividades en dichos puntos con un horario aproximado, hasta el retiro del área de estudio, un formulario como el que se describe en la **Figura 4-6**. Un formulario de este tipo puede ser utilizado para informar de las actividades de terreno a distintas entidades, autoridades fiscalizadoras (SERNAPESCA, SAG), etc. Cabe destacar que este registro de actividades de terreno tiene un aspecto de seguridad, al detallar la fecha y hora aproximada de visita a los diferentes sectores donde se localizan los puntos de muestreo Por otra parte, es necesario aclarar que este registro es solo una guía inicial de las actividades, las que se pueden modificar de acuerdo al desarrollo de las mismas, de este modo se hace necesaria la comunicación diaria con el equipo de gabinete o entidad coordinadora de modo de mantener un registro actualizado de las actividades realizadas y por realizar.

La elaboración de un programa de trabajo de terreno tiene por objetivo:

- Asegurar el cumplimiento de los objetivos del estudio. Toma de muestras biológicas en los puntos de muestreo planificados.
- Informar al Titular o Entidad Coordinadora del estudio, la planificación de las actividades y correcta ejecución de ellas.
- Informar a la autoridad (Sernapesca) de las actividades de muestreo de la flora y fauna acuática que se realizarán.
- Dentro del contexto de la seguridad de los profesionales; la existencia de este documento podría apoyar en caso de algún incidente o accidente, el poder llegar oportunamente a los diferentes lugares del muestreo.

Programación de Trabajos en Terrenos

i. **Datos de proyecto**
   - **a)** Nombre
   - **b)** Código proyecto.
   - **c)** Total de campañas.
   - **d)** Frecuencia de la campaña.

ii. **Datos del trabajo en terreno**
   - **a)** Duración (días).
   - **b)** Fecha de inicio.
   - **c)** Fecha de término.
   - **d)** Campaña Nº
   - **e)** Nº de puntos de muestreo (sitios)
   - **f)** Temporada.

iii. **Datos del personal a cargo**
   - **a)** Equipo de trabajo.
   - **b)**
   - **c)**

iv. **Programación de la campaña**
   - **a)** Fecha.
   - **b)** Hora programada.
   - **c)** Sistema de transporte.
   - **d)** Actividades.
   - **e)** Lugar donde realizar la actividad estacionamiento
   - **f)** Coordenadas UTM (WGS84).

o

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-6. Ejemplo de registro de actividades de terreno

4.3.4 Documentos relevantes

Parte de los requerimientos para llevar a cabo las prospecciones de terreno tiene que ver con una serie de documentos necesarios para desempeño de las distintas actividades.

- Permisos de captura de fauna: Tres son los permisos que aplican actualmente a la mayor parte del trabajo de campo. Uno de ellos aplicables a la captura de peces que corresponde al “Permiso de Pesca de Investigación” que emite SUBPESCA, mientras que el otro aplicable principalmente para vertebrados terrestres es el “Permiso de Captura de Fauna Protegida con Fines de Investigación” que emite el SAG. Los requerimientos específicos para la obtención de estos permisos se pueden obtener de las páginas web de estas entidades gubernamentales, en el caso de SUBPESCA: http://www.subpesca.cl/servicios/603/w3-article-80672.html y en el caso del SAG: http://www.sag.gob.cl/ambitos-de-accion/permisos-de-caza-y-captura-de-fauna-silvestre. Referido a la espacialidad del desarrollo del monitoreo puede llegar a ser necesario solicitar Permiso CONAF para el ingreso a sitios del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE).

4.3.5 Medidas de seguridad

- DAS (derecho a saber), se informa a los colaboradores acerca de todos los riesgos inherentes al trabajo a realizar.

- Mantención de certificados de salud compatible al día para los colaboradores.
- Desarrollo previo de matrices de riesgo y ambientales asociadas a las actividades de muestreo
- Programación de las comunicaciones diarias con el equipo de gabinete y/o autoridad competente, según corresponda.
- Procedimientos ante situaciones de emergencia (incidente y/o accidente de algún profesional del equipo de trabajo; tormentas eléctricas; sismos, terremotos, tsunamis; entre otros).
- Procedimientos estándar ante problemas de bioseguridad, por ejemplo, plagas hidrobiológicas como Didymo, virus Hanta, enfermedades endémicas infecto-contagiosas, zoonosis, etc.
- Procedimiento estándar sobre bioética
- AST o ART (Análisis de Seguridad/Riesgo en el Trabajo): Identificación de riesgos posibles en la realización muestreo o trabajo en terreno e identificación de medidas de prevención. Este ejercicio es fundamental antes de iniciar cualquier actividad, ya que por medio de esto el equipo es consciente de las medidas de prevención que debe aplicar frente a las situaciones previamente identificadas.
- Elementos de seguridad personal (EPP). Los elementos mínimos dependerán de cada actividad en las diferentes campañas de muestreo.

4.3.6 Características del equipo de profesionales en terreno

Las actividades de muestreo de flora y fauna acuática para estudios de Línea de Base y Seguimiento Ambiental dentro del SEIA, deber ser ejecutadas por profesionales con experiencia acreditada en el muestreo de los componentes biológicos acuáticos (microalgas, invertebrados, peces, plantas acuáticas, anfibios, aves y mamíferos acuáticos).

4.3.7 Equipamiento mínimo para el muestreo de distintos taxa de ecosistemas acuáticos continentales

En vista de la diversidad de tipos de ecosistemas acuáticos existentes, es necesario considerar equipamiento de muestreo adecuado para levantar información de los distintos ensambles de biota acuática presentes en ellos. En el ANEXO, **Tabla 7-1** se presenta una síntesis de los distintos equipos e instrumentos de muestreo y preservantes utilizados para muestrear los distintos grupos hidrobiológicos que componen las comunidades acuáticas, en ecosistemas de ríos, lagos y humedales. La utilización y detalle de los instrumentos o materiales utilizados serán presentados en detalle más adelante en esta guía, como parte del Objetivo 3; en las Fichas de Muestreo, por componente biológico.

5 NORMATIVA LEGAL VIGENTE PARA CHILE

Para el correcto desarrollo de las distintas metodologías de muestreo detalladas en esta guía es necesario contar con el conocimiento de los requerimientos de orden normativo y legal. En términos generales el diagrama presentado a continuación muestra las instituciones gubernamentales y normativas públicas del gobierno de Chile, que se encuentran relacionadas y/o rigen la realización de las labores de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile.

5.1 Metodología de trabajo

A objeto de sistematizar los requerimientos de orden normativo y legal (permisos, certificaciones) para la realización de las labores de muestreo de biota acuática dulceacuícola, se realizó una búsqueda y sistematización de todos los requerimientos normativos y legales asociados a procesos de muestreo de biota acuática dulceacuícola necesarios en Chile. En términos generales el diagrama presentado a continuación muestra las instituciones gubernamentales y normativas públicas del gobierno de Chile, que se encuentran relacionadas y/o rigen la realización de las labores de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile.

Instituciones y Marco Normativo

1) Ministerio de Economía, Fomento y Turismo	2) Ministerio de Agricultura	3) Ministerio de Medio ambiente
Subsecretaria de Pesca y Acuicultura (Subpesca)	Corporación Nacional Forestal (CONAF)	Superintendencia del Medio ambiente (SMA)
Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca)		Instituto Nacional de Normalización (INN)

Ley N°18.892 (1989). Ley General de Pesca y Acuicultura

Ley N°19.079 (1991)

Ley N°19.080 (1991)

Ley N°20.560 (2012)

El Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (1) es un organismo del Estado del cual dependen la Subsecretaria de Pesca y Acuicultura y el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. El primero corresponde a una entidad encargada de otorgar los permisos de Pesca de Investigación (regido por la Ley General de Pesca y Acuicultura, N°18.892 y sus modificaciones: Ley N°19.079, 19.080 y 20.560) y recepcionar las bases de datos de especies muestreadas. Sernapesca es la entidad a la cual se debe dar aviso de los muestreos a realizar, plagas detectadas y en donde se reportan y pueden ser consultados los estados de conservación de algunas especies, como por ejemplo peces dulceacuícolas, y temporadas de veda.

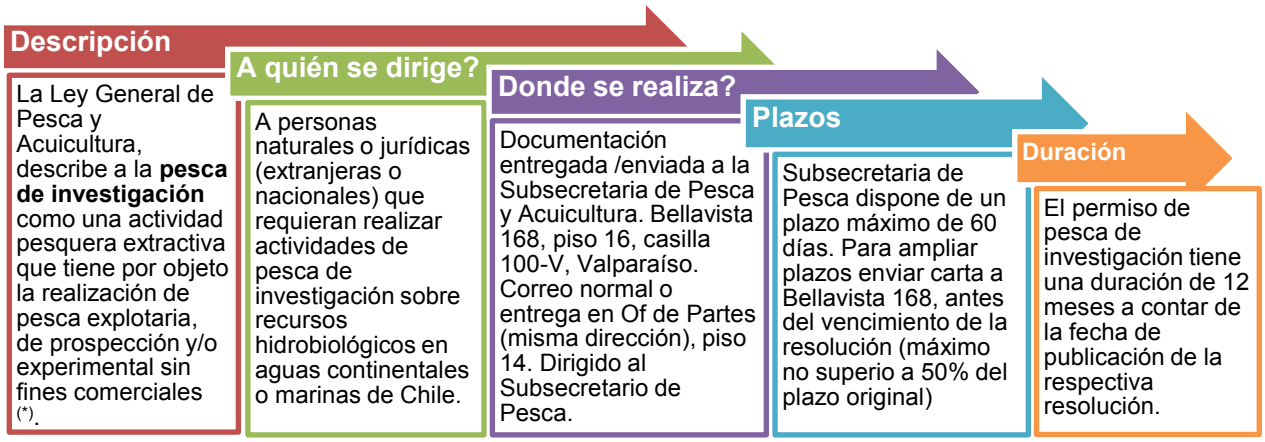
La Corporación Nacional Forestal es una entidad de derecho privado dependiente del Ministerio de Agricultura (2), y encargada de otorgar los permisos de ingreso a áreas protegidas en caso de que los muestreos se lleven a cabo al interior de éstas.

En relación a las actividades de medición, análisis y muestreo que sean reportados por los titulares de proyectos, estos deben dar cumplimiento a la normativa ambiental por lo cual deben ser fiscalizados por una o más Entidades de Fiscalización Ambiental (ETFA) e Inspectores Ambientales (IA), los cuáles se encuentran autorizados por la Superintendencia del Medio ambiente que es dependiente del Ministerio del Medio ambiente (3) y deben estar acreditados por el Instituto Nacional de Normalización (laboratorios certificados).derecho privado sin fines de lucro, creado por

5.2 Solicitud de autorización al SHOA para efectuar estudios sobre recursos hidrobiológicos en aguas continentales

El link recomendado para realizar la solicitud es el siguiente: http://www.cona.cl/ds711/form03.php

5.3 Solicitud de permiso de Pesca de Investigación:



(Pesca exploratoria: uso de equipos de detección y artes o aparejos de pesca para determinar la existencia de recursos pesqueros presentes en un área y obtener estimaciones cualitativas o cuantitativas.
Pesca de prospección: uso de equipos de detección y artes o aparejos de pesca, diseñados para capturar cierto tipo de especie, con el objeto de determinar su cantidad y su distribución espacial en un área determinada.
Pesca experimental: uso de artes o aparejos y sistemas de pesca para determinar las propiedades de éstos y sus efectos en la especie o especies objetivo de la captura, como así también cuando corresponda, evaluar el impacto sobre otras especies asociadas y sobre el hábitat mismo.

Requisitos	Documentos requeridos
• Leer con detención el D.S. N° 461 (1995) que establece los requisitos que deben cumplir las solicitudes sobre pesca de investigación. • Identificación del responsable del permiso de pesca de investigación. • Identificación de especies hidrobiológicas a extraer (principales y secundarias). • Cantidad (toneladas o unidades) de especies que serán capturadas o retenidas. • Indicación del área en que se desarrollarán las actividades de investigación. • Especificación de los objetivos generales y específicos que el proyecto de pesca de investigación persigue. • Identificación y características específicas del arte, aparejo o sistema de pesca a utilizar (**). • Antecedentes técnicos del proceso de selección de la nave o naves utilizadas en la pesca de investigación. • Acreditación de la posesión o tenencia de la(s) embarcaciones a utilizar y características de las mismas. • En naves extranjeras, el solicitante deberá acompañar el contrato con armadores nacionales, u organismos públicos/privados chilenos (artículo 102 de la LGPA). • Para naves extranjeras, acreditar el cumplimiento al D.S. Nº 711,1975. Ministerio de Defensa Nacional.	• Carta conductora indicando claro y resumido lo que se está solicitando. • Formulario de solicitud para permisos de pesca de investigación (en formato digital e impreso), para redactar los términos técnicos de referencia. Documento que puede ser descargado desde Subpesca, chileatiende.gob.cl ó tramiteschile.com. • En caso que el proyecto sea financiado por fondos previstos por la Ley de Presupuesto, adjuntar una copia del decreto o resolución pertinente. • Currículum vitae del jefe de proyecto y personal técnico participante, para acreditar los conocimientos, competencias y experiencias. • Para personas naturales: fotocopia de la cédula de identidad. • Para personas jurídicas: una copia autorizada de los estatutos, personería del represéntate y certificado de vigencia del represente legal.

• Especificación de la metodología a emplear, indicándose el soporte estadístico. • Resultados esperados. • Duración del estudio. • Crograma de actividades. • Jefe de proyecto, quien actuará como coordinador frente a la Subsecretaría. • Personal técnico participante, adjuntando currículum vitae de cada uno de ellos.	

LGPA: Ley General de Pesca y Acuicultura

El permiso anteriormente descrito autoriza la extracción de peces (los que no pueden ser sacrificados), microalgas e invertebrados.

Tener consideración que para filmaciones y fotografías submarinas no es necesario pedir un permiso de pesca de investigación solo para los estudios que contemplan extracción de ejemplares del medio.

Para la presentación de la solicitud del permiso de Pesca de Investigación, se recomienda revisar la Guía metodológica para solicitar permisos de Pescas de Investigación correspondientes a proyectos sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (S.E.I.A) presente en la página de SUBPESCA, en donde se encuentran las recomendaciones para que el titular pueda cumplir con lo requerido por la Subsecretaría.
Si a un proyecto, evaluado por el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) se le otorga por parte de la Subsecretaria de Pesca y Acuicultura el Permiso Ambiental Sectorial Nº 95 (PAS-95) o según el nuevo reglamento del SEIA PAS 119. No debe pedir un permiso de pesca de investigación para aquellos periodos donde el PAS 95 o Nuevo PAS 119 no tiene cobertura temporal.
Consultar el estado de tramitación de la solicitud con el número de control de ingreso que otorga la oficina de partes de la subsecretaria.

Hay que considerar que existen de permisos que pueden solicitarse según los requerimientos del estudio (los que pueden ser consultados en la página de www.subpesca.cl):

a) Experimental: para muestreos, líneas de bases, monitoreos.
b) Estudios específicos: genética, rescates y relocalización.

5.3.1 Avisos de los muestreos a la autoridad

Luego de tener aprobado el permiso de pesca de investigación, el peticionario deberá informar a la oficina del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura correspondiente (de cada región), con a lo menos dos días hábiles de anticipación, las fechas y lugares exactos en que se realizaran las jornadas de muestreo, para su control y fiscalización. Además se debe entregar una programación de trabajo en terreno y la información de los muestreadores que trabajaran en el lugar.
Una manera de informar es mediante una planilla diseñada para la entrega de datos de ictiofauna correspondientes a pescas de investigación de tipo limnológicas que se obtiene de la guía metodológica del Sernapesca.

5.4 Avisos detección de plagas a la autoridad

Para efectos de dar cumplimiento a las medidas establecidas en el programa de vigilancia, detección y control establecido por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura para la plaga *Didymosphenia geminata* (Didymo), el personal que realizará el muestreo deberá regirse por las indicaciones del **Manual para el Monitoreo e Identificación de la Microalga Bentónica *Didymosphenia geminata*** de Subpesca, realizada por la experta en Chile, Carolina Díaz. Para lo anterior se debe tener en consideración:

- Desinfectar los equipos, artes, implementos, aparejos de pesca, y demás fómites que entren en contacto directo con el agua, tanto al comienzo y termino de cada muestreo debiendo utilizar los protocolos descritos en la resolución exenta 332 de 2011 del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y el manual de Subpesca mencionado anteriormente.
- Dar aviso a más tardar dentro de las primeras 24 horas, una vez terminadas las campañas de muestreo en terreno, a la dirección regional del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura correspondiente, en caso que durante la ejecución de las actividades en terreno se sospeche de la aparición de dicha plaga en el área de estudio. De la misma forma en caso de encontrar células de la plaga en los análisis posteriores, se deberá dar aviso al Servicio dentro del mismo tiempo indicado.

5.4.1 Envío de base de datos a la autoridad

Una vez finalizado el periodo por el cual se autorizó la pesca de investigación y según lo establecido en la resolución que la autoriza, el titular del permiso tendrá un plazo de 30 días corridos, contados desde la fecha de término del período de pesca autorizado y se deberán cumplir con los siguientes pasos:

- El titular deberá hacer entrega a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura un informe resumido de las actividades realizadas para la obtención de las muestras y los materiales y métodos ocupados.
- Deberá entregar una base de datos conteniendo: localización de la red o estaciones de muestreo, número de muestras, número de ejemplares capturados por especie cuando proceda o una cuantificación de la captura y características de los individuos muestreados en el contexto de la autorización.
- El informe se debe entregar impreso y adjuntar respaldo digital que contenga una copia del informe más la base de datos solicitada.

Para estandarizar la entrega de datos de la pesca de investigación la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura ha generado un archivo cuyo objetivo, en esta primera instancia, es dar el formato base para que los ejecutores de las pescas de investigación hagan entrega de los resultados de los muestreos según lo establecido en la resolución que autoriza la pesca de investigación. El archivo en formato Excel cuenta con dos hojas de trabajo; una llamada Datos PINV, y otra llamada Información Complementaria, el titular deberá completar ambas hojas. Es importante destacar que parte de las celdas son de llenado automático y el usuario solo deberá seleccionar la opción que corresponda. Las coordenadas deben ser ingresadas en el Dátum WGS-84.

Cuando los trabajos de muestreo en terreno se realizan al interior de áreas protegidas se debe realizar una solicitud de ingreso a las áreas protegidas mediante CONAF o permiso de investigación en áreas silvestres protegidas, para ello desde la página de la CONAF es posible descargar el Manual de procedimientos, requisitos y obligaciones para proyectos de investigación científica en el Sistema Nacional de áreas Silvestres Protegidas del Estado-SNAPE (también es posible descargar este manual desde https://www.chileatiende.gob.cl/fichas/ver/721).

El propósito del permiso de investigación de CONAF es la conservación del patrimonio natural y cultural de la nación y en ellas es posible realizar desde la simple colecta incidental de muestras bióticas o abióticas con fines de exhibición o análisis, hasta complejas investigaciones respecto de los componentes, estructura y funcionamiento de los ecosistemas o los sistemas sociales y culturales asociados. El permiso otorgado representa solamente una autorización para realizar investigación al interior del SNASPE y no constituye de por sí un permiso de extracción ni exportación de especies con protección especial, tanto a nivel nacional como internacional, para lo cual deberán obtenerse los permisos específicos en caso de requerirlos.

Toda solicitud para realizar investigaciones deberá acompañarse de los siguientes documentos, los cuales deben incorporarse en el sistema en línea:

- Carta de Compromiso firmada por el/ la solicitante, donde declara conocer y acatar los requisitos exigidos en este Manual.
- En el caso que corresponda, una carta de consentimiento informado de los pueblos originarios o comunidades locales involucrados, sobre el uso de conocimiento local.
- Currículum resumido de el /la investigador/a responsable.
- Una copia del Proyecto de investigación, con al menos el resumen en español.

Se deberá avisar a las oficinas de regionales CONAF que corresponda, con a lo menos 15 días de anticipación, tanto de la fecha de arribo a las unidades, como de la duración de las visitas (ver lista de contacto abajo, mantener la búsqueda en el tiempo).

Requisitos	Documentos requeridos
• Identificación de el/la investigador/a principal. • Nombre de la institución patrocinante. • Nombre de los/las investigadores/as asociados.	• Carta compromiso • Formulario de solicitud para permisos de investigación/ingreso a áreas protegidas (en formato online). • Adjunto de copia del proyecto presentado a la institución patrocinante.

- Objetivos de la investigación
- Breve descripción de las actividades a realizar en la(s) área(s) silvestre(s) protegida(s).
- Localización geográfica del proyecto.
- Fecha de comienzo y término de actividades.
- Fecha de entrega de informes de trabajos parciales y final.
- Informar si requiere otros permisos.
- Especificar apoyo solicitado a CONAF.

- Curriculum resumido de el/la investigadora responsable.
- Carta de consentimiento (en caso de corresponder) informado de los pueblos originarios o comunidades locales involucrados, sobre el uso de conocimiento local.

Entre otros permisos otorgados cabe mencionar:

- Dirección de Fronteras y Límites del Estado (DIFROL) para extranjeros que desarrollen labores en zonas fronterizas (http://www.difrol.cl).
-
- Consejo de Monumentos Nacionales (CMN) para las investigaciones en el campo del patrimonio cultural (antropológico, arqueológico, etc.) (http://www.monumentos.cl)
- Dirección del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) para materias referidas a las competencias de este organismo, en el caso de unidades del SNASPE que poseen acceso marino y/o que colinden con Áreas Marinas Protegidas (www.directemar.cl)
- Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) para la colecta de peces, aves marinas y otros recursos hidrobiológicos (http://www.sernapesca.cl)

Lista de contactos				
Región	**Dirección**	**Gerente ASP y Jefes DASP**	**Encargado investigaciones**	**Teléfono**
Arica-Parinacota	Vicuña Mackenna 820	carlos.nassar@conaf.cl	patricia.rojas@conaf.cl	56-58-201200
Tarapacá	Libertad 827, Pozo Almonte	jorge.valenzuela@conaf.cl	priscilla.pina@conaf.cl	56-57-751055
Antofagasta	Av. Argentina 2510	ivonne.valenzuela@conaf.cl	nelson.amado@conaf.cl	56-55-383323
Atacama	Juan Martínez 55, Copiapó	max.zeller@conaf.cl	amancay.cepeda@conaf.cl	56-52-237042
Coquimbo	Cordovéz 281, La Serena	marco.cordero@conaf.cl	paula.martínez@conaf.cl	56-51-224306
Valparaíso	3 Norte 541, Viña del Mar	yenni.prieto@conaf.cl	javiera.meza@conaf.cl	56-32-2320210
Santiago (Of.Central)	Paseo Bulnes 259 Of. 704	richard.torres@conaf.cl	mariano.delamaza@conaf.cl moises.grimberg@conaf.cl	56-2-6630251
Metropolitana	Valenzuela Castillo 1868	pablo.cunazza@conaf.cl		
O'Higgins	Cuevas 480, Rancagua	pablo.lobos@conaf.cl	marcia.ricci@conaf.cl	56-72-204612
Maule	3 Sur 564, Talca	alexis.villa@conaf.cl	alexis villa@conaf.cl	56-71-234023
Bio Bio	Barros Arana 215, Concepción	alberto.bordeau@conaf.cl	ana.hinojoza@conaf.cl	56-41-624000
Araucanía	Bilbao 931, Temuco	oscar.pontigo@conaf.cl	marcelo.saavedra@conaf.cl	56-45-298100
Los Ríos	Esmeralda N°415, La Unión	pablo.cunazza@conaf.cl	pablo.cunazza@conaf.cl	56-64-221220
Los Lagos	Ochagavia 458, Puerto Montt	jose.alvarez@conaf.cl	gisela.toledo@conaf.cl	56-65-486102
Aysén	Av. Ogana 1060, Coyhaique	dennis.aldridge@conaf.cl	andrea.bahamonde@conaf.cl	56-67-212109
Magallanes	Av. Bulnes 0309, Punta Arenas	juan.ivanovich@conaf.cl	alejandra.silva@conaf.cl	56-61-238554
Isla de Pascua	Mataveri Otay S/N°, Hanga Roa	enrique.tucki@conaf.cl	enrique.tucki@conaf.cl	100236 (vía operadora)

5.5 Temporadas de Veda

En general, en el sistema normativo de Chile, las temporadas de veda extractiva no son aplicadas principalmente a organismos del sistema acuático continental, a menos que sean de gran interés económico. Sin embargo, en la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura podemos encontrar dos informes técnicos que nos proveen información al respecto.

1.- Antecedentes técnicos para establecer medidas de protección (veda) a especies ícticas nativas en aguas continentales. Departamento de pesquerías, Noviembre 2005. SUBPESCA.
2.- Informe técnico R. Pesq N°48/2011: Veda extractiva para fauna íctica nativa amenazada de aguas continentales. Unidad de Biodiversidad y Patrimonio acuático. División de Administración pesquera. Junio 2011. SUBPESCA.

Ambos contienen información de los antecedentes científico-técnicos, que fundamentan la necesidad de establecer medidas de administración específicas para la protección de especies ícticas nativas de aguas terrestres en Chile, de acuerdo con las facultades administrativas y competencias que la Subsecretaría de Pesca posee para conservar la biodiversidad chilena, en el contexto de los objetivos establecidos en la Estrategia Nacional de Biodiversidad. Estos documentos deben ir consultándose en el tiempo ya que pueden ser modificados.

Este es relacionado sólo con los peces por su estado de conservación, en relación a su porcentaje de endemismo y retención de caracteres primitivos y fundamentado en la fragilidad de los ambientes límnicos. Es por ello que en el año 2005 no se autorizaron las actividades pesqueras extractivas en aguas fluviales y lacustres, así como tampoco se autorizaron actividades de proceso y comercialización de ejemplares silvestres y se mantuvo una restricción en el uso de artes y aparejos de pesca.

Las medidas que tienen vigencia con este punto son las siguientes:

- **D.S. Nº122 de 1942**. Prohíbe la pesca en el estero "El Manzano", afluente del Río Maipo, Región Metropolitana.
- **D.S. Nº49 de 1964**. Prohíbe la pesca con redes en el Lago Vichuquén, VII Región.
- **D.S. Nº421 de 1977**. Prohíbe cualquier actividad pesquera en el estero "Ojos de Agua" y sus afluentes, V región.
- **D.S. N°320 de 1981**. Reglamento de las actividades de pesca deportiva de especies salmonídeas y percatrucha. Para el caso de la "percatrucha" (*Percichthys trucha*) establece que sólo se podrán efectuar actividades de pesca deportiva desde el 01 de Enero al 15 de Abril de cada año. Con un límite de 3 ejemplares como máximo, o 15 kg,/ día. Además, para la captura de estos ejemplares sólo se podrán utilizar señuelos artificiales con un anzuelo simple o anzuelo triple de los denominados "arañas". El peso máximo de la plomada será de 100 g. Además se prohíbe la pesca nocturna desde embarcaciones, entre las 21 hrs y las 06 hrs del día siguiente en aquellos lugares que se encuentran a una distancia menos a 500 m de la desembocadura de ríos, y de los desagües de lagos, lagunas y tranques.
- **D.S. Nº390 de 1981**. Para los "puyes" (del género *Galaxias* y *Brachigalaxias*) establece veda reproductiva desde el 01 de Enero al 31 de Febrero de cada año.
- **D.S. N°391 de 1981**. Establece veda para la "peladilla" (*Aplochiton taeniatus*) durante el mes de Junio de cada año. Sólo en la X Región
- **D.S. N°211 de 1984**. Establece veda para los "pejerreyes" de aguas continentales (del género *Basilichthys* y *Odontesthes*) desde el 16 Agosto al 15 de Diciembre de cada año, ambas fechas inclusive. Con un límite de 15 ejemplares como máximo por día de pesca.
- **D.EX. Nº605 y RESOLUCIÓN Nº2171 de 2003**. Establece que para todas las especies nativas, en aguas fluviales entre el Río Palena y Limite Sur de la XI Región, se permite la pesca sólo desde el segundo viernes de Octubre al primer domingo de Mayo. Permitiendo pesca con anzuelo sin rebaba y con devolución obligatoria de todos los ejemplares.
- **RESOLUCIÓN Nº3466 de 2003**. Establece que para cualquier especie hidrobiológica en el Río Paloma, XI Región, se permite la pesca sólo desde el segundo viernes de Octubre al primer domingo de Mayo. Permitiendo pesca con anzuelo sin rebaba y devolución obligatoria de todos los ejemplares
- **D. Ex. (MINECON) N° 303 de 2006** (y sus modificaciones D. Ex. N° 1405/06 y D. Ex. 1831/07), una veda extractiva por 5 años a 19 especies de peces nativos de aguas continentales

En relación a lo expuesto, se recomendó establecer en todas las aguas terrestres del país, es decir, todos los sistemas límnicos, una veda extractiva nacional de 5 años de duración, para las siguientes dieciséis especies:

Nombre de la especie	Nombre común	Nombre de la especie	Nombre común
Nematogenys inermis	Bagre grande	*Orestias chungarensis*	Karachi
Bullockia maldonadoi	Bagrecito	*Orestias laucaensis*	Karachi
Trichomycterus chiltoni	Bagrecito	*Orestias ascotanensis*	Karachi
Trichomycterus chungaraensis	Bagrecito	*Orestias parinacotensis*	Karachi
Trichomycterus laucaensis	Bagrecito	*Percichthys melanops*	Trucha negra
Diplomystes chilensis	Tollo de agua dulce	*Percilia irwini*	Carmelita de Concepción
Diplomystes nahuelbutaensis	Tollo	*Percilia gillissi*	Carmelita
Aplochiton zebra	Peladilla	*Cheirodon pisciculus* *	Pocha
Aplochiton taeniatus	Peladilla	*Trichomycterus aerolatu* *	Bagrecito
		Basilichthys microlepidotus *	Pejerrey del Norte

*Sólo en la III y IV regiones

Lo que luego tuvo una vigencia de 5 años más a partir del 23 de febrero del 2006 hasta el 2011, pero que a la luz de nuevos antecedentes disponibles en cuanto al estado de conservación de las especies de fauna íctica nativa de aguas continentales en el país, se hace necesario establecer una nueva veda extractiva para este grupo de especies de acuerdo al análisis descrito en el informe del año 2011.

Durante la vigencia de la veda extractiva, se prohíbe, además, la tenencia, posesión, transporte, desembarque, elaboración o cualquier proceso de transformación, así como la comercialización o almacenamiento, respecto de las especies individualizadas, sea de ejemplares enteros o partes de éstos.

Sin prejuicio de lo anterior, para todas las especies de ictiofauna de agua dulce, mediante Resolución, esta Subsecretaria podrá autorizar capturas de ejemplares vivos para mantención en laboratorios o centros de investigación, si existe como finalidad la conservación ex-situ de la(s) especie(s), la investigación científica y/o actividades de docencia, así mismo para actividades de Rescate y Relocalización en el marco de cumplimientos ambientales de proyectos que impacten ecosistemas acuáticos, o de cualquier otro requerimiento cuando se vea afectada la supervivencia de estas especies protegidas. Por ello en relación a las temporadas de veda, los responsables de llevar a cabo los muestreos de organismos en aguas continentales y que cuenten con un permiso de pesca de investigación podrían no estar sujetos a las vedas extractivas ya que el permiso avala la extracción en pos de la investigación.

5.6 Estados de conservación

A partir del Decreto Supremo Nº 75/05 (MINSEGPRES), se aprobaron los mecanismos para la clasificación de especies silvestres amenazadas en el país, los cuales son comparables con los aceptados internacionalmente por organismos como la IUCN. Sobre la base de antecedentes científico-técnicos, se clasifican las especies nativas según su estado de conservación, para lo cual se ha formalizado un Comité, formado por las siguientes instituciones; Ministerio del Medio Ambiente, SUBPESCA, SERNAPESCA, SAG, CONAF, Museo Nacional de Historia Natural, Consejo de Rectores de Universidades Chilenas y la Academia Chilena de Ciencias.

Sobre la actual situación particular las especies en estado de conservación están relacionados con la fauna íctica de aguas continentales y pueden ser descargadas de la página de subpesca en la sección de publicaciones y documentos y se sugiere se revise periódicamente para estar al tanto de las especies involucradas en la clasificación oficial del estado de conservación de los peces nativos de aguas continentales. Fue realizada una clasificación por el Comité de Clasificación de Especies y aprobada por el Consejo de Ministros de CONAMA a través del D.S. N°51/08 (MINSEGPRES).

5.7 Laboratorios certificados

Las actividades de medición, análisis y muestreo reportados por los titulares de proyectos, deben dar cumplimiento a la normativa ambiental por lo cual deben ser fiscalizados por una o más Entidades de Fiscalización Ambiental (ETFA) e Inspectores Ambientales (IA), los cuáles se encuentran autorizados por la Superintendencia del Medio ambiente que es dependiente del Ministerio del Medio ambiente (3) y deben estar acreditados por el Instituto Nacional de Normalización (laboratorios certificados) (**Tabla B-12**)que es un organismo técnico de derecho privado sin fines de lucro, creado por CORFO. Los laboratorios certificados por el INN para Chile se reportan en la siguiente tabla y la información puede ser consultada en la página www.inn.cl

Tabla B-12 Laboratorios certificados por INN (ordenado de norte a sur según región). En la región entre paréntesis va la ciudad. OEC: organismos de evaluación de conformidad

N° Certificado	Organización/Unidad	Región	Hábitat	Tipo de OEC	Área	Experiencia	Vigencia
LE 1284	Ecogestion Ambiental Ltda.	VIII (Concepción)	Sedimentos: Marinos Fluviales Lacustres	Laboratorios de ensayo	Taxonomía y muestreo	• Macrofauna bentónica (*). • Muestreo sólo para parámetros acreditados (**).	16/12/2015 16/12/2019
LE 775	Plancton Andino Ltda.	X (Puerto Varas)	Sedimentos acuáticos				16/01/2017 24/11/2020
LE 678	Sociedad GEEAA, Asesoría en Control de Calidad y Medio Ambiente Ltda.	X (Puerto Montt)	Sedimentos: Marinos Lacustres				30/10/2015 12/05/2019
LE 761	ECOSISTEMA LTDA.		Sedimentos acuáticos				21/09/2016 21/09/2020
LE 816	Laboratorio Oceanográfico Ecoverde de Sociedad de Servicios y Consultoría Ambiental Ltda.		Sedimentos: Marinos Fluviales Lacustres				11/10/2013 13/04/2017
LE 823	Poch Ambiental S.A (***)						27/08/2013 05/05/2017
LE 825	Aquagestion S.A., Sede Alto Bonito.						05/09/2013 05/05/2017
LE 902	Fishing Partners Ltda.		Sedimentos de fondos acuáticos				06/06/2014 07/01/2018
LE 767	Laboratorio Ramalab E.I.R.L	X (Castro)	Sedimentos acuáticos				02/11/2016 03/05/2017
LE 1334	Lamar Asociados Ltda.		Sedimentos: Marinos Fluviales Lacustres				13/01/2017 13/01/2021
LE 815	Gestión acuícola, ambiental y marítima Ltda. Gama Chile Ltda.	XI (Puerto Aysén)					02/10/2013 12/04/2017

(*) Para Macrofauna bentónica: Res. Ex. N°3612. Año 2009 modificada Res. Ex N°1508, 2014. Numeral 28. Subsecretaría de Pesca.
(**) Para Muestreo sólo para parámetros acreditados: Res. Ex. N°3612. Año 2009 modificada Res. Ex N°1508, 2014. Numeral 8 y 16. Subsecretaría de Pesca.
(***) Para Macrofauna bentónica también se reporta: Standard Methods Ed. 22, 2012. Cap 15500 A y C.

5.8 ETFAs e inspectores ambientales.

A partir del 1° de octubre de 2016, todas las actividades de muestreo, medición y/o análisis, que reporten los titulares de actividades o fuentes reguladas por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), deberán ser ejecutadas por una o más Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFA), en el o los alcance(s) específico(s) autorizado(s).
Por su parte, la SMA a través de su portal Registro de Entidades Técnicas http://entidadestecnicas.sma.gob.cl/Home/ListadoEtfas, coloca a disposición de los usuarios y público en general, el listado de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFA) e Inspectores Ambientales (IA) autorizados, con sus respectivos alcances.
Aquellas actividades que no estén incluidos en los alcances de las ETFA autorizadas, podrán continuar desarrollándose de manera transitoria por empresas que cumplan con la Resolución Exenta N° 37/2013 de la Superintendencia del Medio Ambiente.
Respecto de aquellos alcances que involucren actividades muestreo, medición y/o análisis, para los que no existan empresas acreditadas por el Instituto Nacional de Normalización (INN), ni autorizadas por organismos de la administración del Estado (Res. Ex. N° 37/2013 SMA), podrán seguir siendo ejecutados por las empresas que lo han realizado hasta ahora.
Las definiciones de estos términos se encuentran en las Resoluciones N°647/2016; 648/2016 y 649/2016.

Todas aquellas actividades de muestreo, medición y/o análisis, que reporten los titulares de actividades o fuentes reguladas por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), deberán ser ejecutadas por una o más Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFA), en el (los) alcance(s) específicos autorizado(s).
Aquellas actividades o labores que no estén incluidas en los alcances de las ETFA autorizadas, podrán continuar desarrollándose de manera transitoria, por organizaciones que cumplan con la Resolución Exenta N°37/2013 de la Superintendencia del Medio Ambiente, que “Dicta e Instruye Normas de Carácter General sobre Entidades de Inspección Ambiental y Validez de Reportes”.
Respecto de aquellos alcances en los que no exista entidad alguna autorizada por un organismo de la administración del Estado ni acreditada por el INN, cabe indicar que las correspondientes actividades o labores de muestreo, medición y/o análisis podrán seguir siendo desarrolladas por las organizaciones que lo han realizado hasta ahora"

6 REFERENCIAS

Alba-Tecedor J, Pardo, I., Prat, N., y Pujanta, A. 2005. Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la Directiva del Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos. Ministerio del Ambiente. Confederación Hidráulica del Ebro. Madrid.

Daily, G. (ed.). 1997. Introduction: What are ecosystem services. Island Press, Washington, D.C.

Boyd, J. y S. Banzhaf. 2007. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. Ecological Economics 63:616-626.

Luck, G.W., R. Harrington, P.A. Harrison, P.A. Kremen, C. Berry, et al. 2009. Quantifying the Contribution of Organisms to the Provision of Ecosystem Services. BioScience 59:223-235.

Quijas, S., B. Schmid y P. Balvanera. 2010. Plant diversity enhances provision of ecosystem services: a new synthesis. Basic and Applied Ecology 11: 582-593.

Araya JM y L Zúñiga. 1985. Manual taxonómico del zooplancton lacustre de Chile. Boletín Informativo Limnológico, Chile 8: 1-110.

Arismendi I y B Penaluna. 2009. Peces nativos en aguas continentales del sur de Chile. Núcleo Millenium FORECOS P04-065-F, MIDEPLAN, Universidad Austral de Chile, Valdivia.

Baeza M., E. Barrera, J. Flores, C. Ramirez y R. Rodriguez. 1998. Categorías de conservación de Pteridophyta nativas de Chile. Boletín Museo Nacional de Historia Natural, Chile 47: 23-46.

Bauchmann P, De la Barra F y Tironi A. 2014. Recopilación y Sistematización de Información Relativa a Estudios de Evaluación, Mapeo y Valorización de Servicios Ecosistémicos en Chile -Informe Final. Santiago, Chile.

Bayly, I.A.E. 1992. Fusion of the genera Boeckella and Pseudoboeckella (Copepoda) and revision of their species from South America and sub-Antartic islands. Revista Chilena de Historia Natural 65:17- 63.

Bechara, J. (1993). “El papel de los peces en el control de la estructura de las comunidades bénticas de ecosistemas lóticos”. En: Boltovskoy, A. y H. López (Editores). Conferencia de limnología. Instituto de Limnología Dr. R.A. Ringuelet. La Plata: 143-157.

Bellinger E y Sigee D. 2010. Freshwater Algae: Identification and use as bioindicators. Wiley y Blackwell.

Benoit, I. L. 1989. Libro rojo de la flora terrestre de Chile. CONAF, Santiago. 157 pp.

Biggs B y Kilroy C. 2000. Stream Periphyton Monitoring Manual. NIWA for the New Zealand Ministry for the Environment, Christchurch, New Zeland.

Biggs B y Kilroy C. 2004. Periphyton. En: Harding J, Mosley P, Pearson C, Sorrell B. (eds)

Freshwaters of New Zealand, 1rst edn. New Zealand Hydrological Society y New Zealand Limnological Society, Christchurch, New Zeland.

Chambers P., P. Lacoul, K. Murphy. 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. Hydrobiologia. 595:9–26.

Cofré H y Vilina Y. 2008. Mamíferos terrestres. En Biodiversidad de Chile Patrimonio y Desafíos. 2ª Edición. CONAMA Eds. 227 – 233.

CONAF-Universidad de Chile. 2016. Manual para el Establecimiento de Programas de Monitoreo en Humedales Insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado de Chile. Zamorano C, de la Maza M, y López M (editores). Santiago, Chile. 134 pp.

CONAMA. 2010. Clasificación de Cuerpos de Agua. Informe final. Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables. Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile. Chile. 115 pp.

CONAMA-CEA. 2007. Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica. 114 pp.

Confederación Hidrográfica del Ebro. 2007. Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Madrid, España.

Cook, Ch.1990. Aquatic Plant Book. Academic Publishing. The Hague.

Costanza R, Arge R, Groot R, Farber S, Hannon B, Limburg K, Naeem S, Neill RVO, Paruelo J, Raskin R, Sutton P y Van den Belt M. 1997. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. Nature 387:253–260.

Cummins, K. W. y M. J. Klug. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. Ann. Rev. Ecol. Syst. 10:147-172.

De Meester, L.D., S. Declerck, R. Stoks, G. Louette, F. Van DE Meutter, T. De Bie, E. Michels y L. Brendonck, L. 2005. Ponds and pools as model systems in conservation biology, ecology and evolutionary biology. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 15: 715-725

Decreto Supremo 13/2013 MMA. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, noveno proceso. Publicado en el Diario Oficial de la República de Chile el Jueves 25 de julio de 2013.

Decreto Supremo 151/2007 MINSEGPRES. Oficializa primera clasificación de especies silvestres según su estado de conservación. Publicado en el Diario Oficial de la República de Chile el Sábado 24 de Marzo de 2007.

Decreto Supremo 16/2016 MMA. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, duodécimo proceso. Publicado en el Diario Oficial de la República de Chile el Viernes 16 de septiembre de 2016.

Decreto Supremo 19/2012 MMA. Octavo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Publicado en el Diario Oficial de la República de Chile el publicado el Lunes 11 de febrero de 2013.

Decreto Supremo 33/2012 MMA. Quinto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Publicado en el Diario Oficial de la República de Chile el Lunes 27 de febrero de 2012.

Decreto Supremo 38/2015 MMA. Undécimo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Publicado en el Diario Oficial de la República de Chile el Viernes 4 de diciembre de 2015.

Decreto Supremo 40/2012 MMA. Aprueba reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental. Publicado en el Diario Oficial de la República de Chile el 12 de agosto de 2013.

Decreto Supremo 41/2011 MMA. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, sexto proceso. Publicado en el Diario Oficial de la República de Chile el Miércoles 11 de abril de 2012.

Decreto Supremo 42/2011 MMA. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, séptimo proceso. Publicado en el Diario Oficial de la República de Chile el Miércoles 11 de abril de 2012.

Decreto Supremo 50/2008 MINSEGPRES. Aprueba y oficializa nómina para el segundo proceso de clasificación de especies según estado de conservación. Publicado en el Diario Oficial de la República de Chile el Lunes 30 de Junio de 2008.

Decreto Supremo 51/2008 MINSEGPRES. Tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Publicado en el Diario Oficial de la República de Chile el Lunes 30 de Junio de 2008.

Decreto Supremo 53/2003 MINAGRI. Reglamento de la Ley de Caza, que modifica al DS N° 05. Ministerio de Agricultura, Santiago de Chile, 15 de septiembre de 2003.

DGA. 2008. Determinación de caudales ecológicos en cuencas con fauna íctica nativa y en estado de conservación crítico. Chile. 193 pp.

DGA. 2016. Atlas del Agua. 137 pp.

DGA. Cade Idepe. 2003. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Informe Final. Chile. 362 pp.

Dodds, W. K., Jones J. R. y Welch, E. B. 1998. Suggested classification of stream trophic state: distributions of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen, and phosphorus. *Water Research* 32: 1455-1462.

Domínguez, E. y H., Fernández. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y Biología.Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina.

Duellman W. E. y L Trueb. 1994. Biology of Amphibians. Johns Hopkins University Press.

Dumont, H.J., y S.V. Negrea. 2002. Introduction to the class Branchiopoda; p. 1-398 In H.J. Dumont. (ed). Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World Volume 19. Leiden: Backhuys Publishers.

Dunck B, Majewski V, Vinicius M y Rodrígues L. 2016. Functional diversity and trait – environment relationships of periphytic algae in subtropical floodplain lakes. Ecol Indic 67:257–266. doi: 10.1016/j.ecolind.2016.02.060.

Dussart, B.H. 1979. Algunos copépodos de América del Sur. Publicación Ocasional Museo Nacional de Historia Natural 30: 1-13.

Ehrlich P y Ehrlich A. 1981. Extinction: the causes and consequences of the disappearance of species. Random House, New York

Elosegi, A. y Sabater, S. 2009. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. 462 pp.

Elosegi A., Butturini y J. Armengol. 2009. En: Conceptos y técnicas en ecología fluvial (Arturo Elosegi y Sergi Sabater Eds). Fundación BBVA. Capítulo 4 Pag 51-70.

Espinosa H. 2014. Biodiversidad de peces en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. Supl. 85: 450-459

Esteves, F. 1988. Fundamentos de limnología. Editorial Interciencia. Brasil.

FAO 2001-2016. Fisheries Topics: Ecosystems. Ecosistemas acuáticos continentales. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO 2016.

Farías, M. E., Rascovan, N., Toneatti, D., Albarracín, V., Flores, R., Ordóñez, O., y otros. 2013. Discovery of Stromatolites Developing under Extreme Conditions in the Andeans Lakes.

Farias Maria Eugenia y Manuel Contreras 2013 Ecosistemas Microbianos. ¿Nuevo patrimonio de la Humanidad?. Revista Bitacora Ecológica Vol:1 (Chile).

Farías María Eugenia M. Cecilia Rasuk, Kimberley L Gallagher, Manuel Contreras, Daniel Kurth Ana B. Fernandez, Daniel G. Poiré, Fernando Novoa, Pieter T. Visscher 2017. Prokaryotic diversity and biogeochemical characteristics of benthicmicrobial ecosystems at La Brava, a hypersaline lake at Salar de Atacama, Chile PLOS ONE12(11):e0186867

Fernandez Ana Beatriz, Maria Cecilia Rasuk, Pieter T Visscher, Manuel Contreras, Fernando Novoa, Daniel Poire, Molly M patterson, Antonio Ventosa and Maria Eugenia Farias. 2016. Microbial diversity in sediment ecosystems (evaporites domes, microbial mats and crusts) of hypersaline Laguna Tebenquiche, Salar de Atacama, Chile Front. Microbiol. - Extreme Microbiology doi: 10.3389/fmicb.2016.01284.

Farías, M. E., Contreras, M., Rasuk, M. C., Kurth, D., Flores, M. R., Poiré, D. G. 2014. Characterization of bacterial diversity associated with microbial mats, gypsum evaporites and carbonate microbialites in thalassic wetlands: Tebenquiche and La Brava, Salar de Atacama, Chile. Extremophiles. 18, 301-329.

Figueroa E. 2010. Valoración Económica Detallada de las Áreas Protegidas de Chile. Proyecto GEF-MMA-PNUD “Creación de un Sistema Nacional Integral de Áreas Protegidas para Chile: Estructura Financiera y Operacional.”

García-Berthou E, Alcaraz C, Benejam L *y* J Benito. 2009. Diseño experimental y análisis de datos. En: Conceptos y técnicas en ecología fluvial (Arturo Elosegi y Sergi Sabater Eds).

Fundación BBVA. Capítulo 22 Pag 397-412.

Gómez-baggethun E, Groot R De, Lomas PL y Montes C. 2010. The history of ecosystem services in economic theory and practice : From early notions to markets and payment schemes. Ecol Econ 69:1209–1218. doi: 10.1016/j.ecolecon.2009.11.007

González A, Vukasovic MA y Estades C. 2011. Variación temporal en la abundancia y diversidad de aves en el humedal del Río Itata, región del Bío-Bío, Chile. Gayana 75:170–181. doi: 10.4067/10.4067/S0717-65382011000200006.

González HG, Calderón MJ, Castro L, Clément A, Cuevas LA, Daneri G, Iriarte J, Lizarraga L, Martínez R, Menschel E, Silva N, Carrasco C, Valenzuela C, Vargas C y Molinet C. 2010. Primary production and its fate in the pelagic food web of the Reloncaví Fjord and plankton dynamics of the Interior Sea of Chiloé, Northern Patagonia, Chile. Mar Ecol Prog Ser 402:13–30.

Grimaldo, W. 2004. Aspectos Tróficos y Ecológicos de los Macroinvertebrados Acuáticos. Ecological Explorers, 1(1), 1–7.

Groot RS De, Wilson MA y Boumans RMJ. 2002. A typology for the classification , description and valuation of ecosystem functions , goods and services. Ecol Econ 41:393–408.

Guo F, Kainz M, Sheldon F y Bunn S. 2015. Spatial variation in periphyton fatty acid composition in subtropical streams. Freshw Biol 60:1411–1422. doi: 10.1111/fwb.12578.

Habit E, B Dyer y I Vila 2006. Estado de conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile. Revista Gayana 70(1): 100-113.

Habit. E., S. González y P. Victoriano. 2002. Alcances sobre el uso sustentable de la ictiofauna de sistemas fluviales. Theoria, 11: 15-20.

Haines-young R, Potschin M y Haines-young R. 2011. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): 2011 Update.

Hanson, P. Springer, M. y Ramirez, A. 2010. Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. Revista de Biología Tropical, 58 (Suppl. 4), 3-37.

Hauenstein E. 2006. Visión sinóptica de los macrófitos dulceacuícolas de Chile. Gayana. 70(1): 16-23.

Hötzel G y Croome R. 1999. A Phytoplankton methods manual for Australian Freshwaters. Land and Water Resources Research and Development Corporation, Canberra.

Hutchinson G. 1979. Reconsideración del microcosmos lacustre. En: Blume E (ed) El Teatro Ecológico y el drama Evolutivo. Barcelona.

Jara, C. 2005. Crustáceos del género Aegla (Decapoda: Anomura) en la Cordillera de la Costa: su importancia para la conservación de la biodiversidad de aguas continentales en Chile. En: C. Smith, J. Armesto y C. Valdovinos (eds.). Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile. Editorial Universitaria, Chile: 307-323.

Jara, C. Rudolph, G. Erich H. y González, E. 2006. Estado de conocimiento de los malacostráceos dulceacuícolas de Chile. Gayana (Concepción), 70 (1), 40-49.

Kramer T. 2015. Fauna Chilena. 2ª Edición. 93 pp.

Krebs C. 1989. Ecological Methodology. Harper and Row Publ., New York. 654 pp..

Kreuzinger-janik B, Schroeder F, Majdi N y Traunspurger W. 2015. Depth-Related Effects on a Meiofaunal Community Dwelling in the Periphyton of a Mesotrophic Lake. PLoS One 10:1–17. doi: 10.1371/journal.pone.0137793.

Lacoul P. y B. Freedman. 2006. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. Environ. Rev. 14: 89-136.

Lampert W y Sommer U. 2007. The Ecology of Lakes and Streams. 2nd edition. Oxford: Oxford University Press.

Ley 19300 MINSEGPRES. Aprueba ley sobre bases generales del medio ambiente. Publicada en el Diario Oficial de la República de Chile el 9 de Marzo de 1994. Modificada el 1 de Junio de 2016 por Ley 20920.

Lobos G, Vidal M, Correa C, Labra A, Díaz-Páez H, Charrier A, Rabanal F, Díaz S y Tala C. 2013. "Anfibios de Chile, un desafío para la conservación. Ministerio del Medio Ambiente, Fundación Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y Red Chilena de Herpetología". 102 pp.

Luna V, Alva A, Bernal A *y* M Arteaga. 2011. Cuerpos de agua superficiales. En: Técnicas de Muestreo Para Manejadores de Recursos Naturales (Ed. Bautista F.) 2a Edición UNAM México. Pag 85-110.

Lynch, M., 1989. The life history consequences of resource depression in Daphnia pulex. Ecology 246–256.

MA [Millennium Ecosystem Assessment]. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis, Island Pre. Washington, DC.

Margalef, R. 1983. Limnología. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 1010 p.

Maroñas, M., Marzoratti G., Vilches A., Legarralde T. y G. Darrigran. 2010. Guía para el estudio de macroinvertebrados. II.- Introducción a la metodología de muestreo y análisis de los datos. Serie Técnica y Didactica. Versión Electrónica. ProBiota (ISSN 1515-9329). FCNyM (UNLP).

Martella M., Trumper E., Bellis L., Renison D. Giordano P., Bazzano G. y Gleiser R. 2012. Manual de Ecología. Poblaciones: Introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres. Reduca (Biología). Serie Ecología. 5 (1): 1-31.

Marticorena, C. y R. Rodriguez. 1995. Flora de Chile. Vol. 1. Pteridophyta-Gymnospermae. Universidad de Concepción, Chile. 351 pp.

Mata A. y F. Quevedo. 2005. Diccionario Didáctico de Ecología. Editorial Universidad de Costa Rica. 556 pp.

Merritt, R.W. y K.W. Cummins. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/Hunt, Dubuque, IA.

Miller, S. A. and J. P. Harley 1996. Zoology. *Wm. C. Brown Publishers*, London. 752pp.

MMA-CEA, 2014: Conservación de Ecosistemas acuáticos continentales y su biodiversidad, implementación de metodología y desarrollo de Herramientas para la planificación, evaluación y priorización de Ecosistemas. Ministerio de Medio Ambiente.

Ministerio del medio ambiente, 2014. Propuesta definitiva de clasificación de especies según estado de conservación.

Ministerio del medio ambiente, 2015. Resolución N° 223. Dicta instrucciones generales sobre la elaboración del plan de seguimiento de variables ambientales, los informes de seguimiento ambiental y la remisión de información al sistema electrónico de seguimiento ambiental. Publicada en el Diario oficial de la republica de Chile el miércoles 15 de Abril de 2015.

Montgomery D y Buffington J. 1997. Channel-reach morphology in mountain drainage rivers. GSA Bulletins, 109(5): 596-611.

MOP-CEA 2014. Diagnóstico de la condición trófica de cuerpos lacustres utilizando nuevas herramientas tecnológicas. Dirección General de Aguas. Chile. 212 pp.

Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca y J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403: 853-858.

Navarro A. 2011. Diseño y análisis del muestreo. En: Técnicas de Muestreo Para Manejadores de Recursos Naturales (Ed. Bautista F.) 2a Edición UNAM México. Pag 1-58.

Nelson, J. S. 2006. Fishes of the World. 4ª ed. John Wiley y Sons, Nueva York. 601 pp.

Oscoz, J. Galicia, D. y Miranda, R. 2011. Clave dicotómica para la identificación de macroinvertebrados de la cuenca del Ebro. Confederación Hidrográfica del Ebro.

Palma, A. 2013. Guía para la identificación de invertebrados acuáticos. 1era Edición.

Parra O. 2006. Estado de conocimiento de las algas dulceacuícolas de Chile (Excepto Bacillariophyceae). 70:8–15.

Pennak, R. 1989. Fresh water invertebrates of the United States – Protozoa to Mollusca. John Wiley y Sons, Inc. USA.

Peredo-Parada M., Martínez-Capel F., Quevedo D. *y* Hernández-Mascarell A. 2011. Implementation of an eco-hydrological classification in Chilean rivers. Gayana 75(1): 26-38.

Pérez-Losada, M., C.G. Jara, G. Bond-Buckup y K.A. Crandall. 2002. Conservation phylogenetics of Chilean freshwater crabs Aegla (Anomura, Aeglidae): assigning priorities for aquatic habitat protection. Biological Conservation 105: 345-353.

Ramírez C. y C. San Martín 2006. Ecosistemas dulceacuícolas. En: Saball P., M.T.K. Arroyo, J.C. Castilla, C. Estades, J.M. Ladrón de Guevara, S. Larraín, C. Moreno, F. Rivas, J. Rovira, A. Sánchez y L. Sierralta (eds.), Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. pp. 112-124 Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago

Ramírez C. y C. San Martín. 2006. Diversidad de macrófitos chilenos. 21-69. En: Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Vila I., A. Veloso, R. Schlatter y C. Ramirez. 2006. Editorial Universitaria. 186 pp.

Ramos R., C. Trapp, F. Flores, A. Brignardello, O. Siebeck y L. Zúñiga. 1998. Temporal succession of planktonic crustaceans in a small eutrophic temperate lake (El Plateado, Valparaíso, Chile). Verhandlungen Internationale Vereinung für Theoretishe und Angewandte Limnologie 26: 1997-2000.

Raven A., Cockell C. y De La Rocha C. 1998. The evolution of inorganic carbon concentrating mechanisms in photosynthesis. Phil. Trans. R. Soc. 363: 2641-2650.

Rodriguez R. y V. Dellarrosa. 1998. Plantas vasculares acuáticas en la Región del Biobio. Ediciones Universidad de Concepción. 38 pp.

Roldán, G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia, Pama Editores Ltda. Bogotá, Colombia.

Roldán, G.; J. Builes, C. M. Trujillo, y A. Suárez. 1973. Efectos de la contaminación industrial y doméstica sobre la fauna béntica del río Medellín. Actualidades Biológicas 2(4): 54-64.

Rosenberg D.M. y V.H. Resh. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman y Hall. N.Y.

Rovira J., Ortega D., Álvarez D & K. Molt. 2008. Áreas protegidas en Chile. En Biodiversidad de Chile Patrimonio y Desafíos. 2a Edición. CONAMA Eds. 506 – 561.

Ruiz, R. y N. Bahamonde. 2003. Distribución estacional de cladóceros y copépodos en el Lago Rapel, Chile Central. Publicación ocasional. Museo Nacional de Historia Natural 58: 5-58.

Sáez P., Fibla P., Correa C., Sallaberry M., Salinas H., Veloso A., Mella J., Iturra P.y M. Méndez. 2014. A new endemic lineage of the Andean frog genus *Telmatobius* (Anura, Telmatobiidae) from the western slopes of the central Andes. Zoological Journal of the Linnean Society 171: 769–782.

Schlatter R. y Sielfeld W. 2006. Avifauna y mamíferos acuáticos de los humedales de Chile. En: Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile (Eds. Vila, I., A. Veloso, R. Schlatter y C Ramirez), pp. 141-187. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.

Scott, D. A. and T. A. Jones 1995. Classification and inventory of wetlands. A global overview, Vegetatio, no. 118, pp. 3–1.

Sculthorpe, C. 1967. The biology of aquatic vascular plants. Edward Arnold. London.

SEA 2013. Guía para la descripción del uso del territorio en el SEIA. 36 pp.

SEA 2015a. Guía para la descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres en el SEIA. 97 pp.

SEA 2015b. Guía para la descripción de la calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA. 26 pp.

SEA 2016. Guía Metodológica Para Determinar el Caudal Ambiental Para Centrales Hidroeléctricas en el SEIA. 101 pp.

Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza). 121 pp.

Sokal R *y* F. Rohlf. 1995. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 3rd ed. W.H. Freeman, New York, 887 pp.

Sukhdev P, Wittmer H y Miller D. 2014. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB): Challenges and Responses.

Thomasson, K., 1963. Araucanian Lakes: plankton studies in North Patagonia with notes on terrestrial vegetation. Acta Phytogeographica Sueca 42:1-83.

Valdovinos, C. 2008. Invertebrados dulceacuícolas En: Rovira J, J Ugalde y M Stutzin (eds) Biodiversidad de Chile. Patrimonios y desafíos: 202-223. CONAMA, Chile.

Vásquez F, Castilla JC, Gelcich S, Quiroga MA, Carrasco P, Paz X y Riquelme J. 2010. Evaluación económica de los activos ambientales presentes en la red de reservas marinas decretadas en el país bajo la Ley General de Pesca y Acuicultura, Informe Final. Proyecto FIP N°2008-56.

Veloso A. 2006. Batracios de las cuencas hidrográficas de Chile: origen, diversidad y estado de conservación. En: Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile (Eds. Vila, I., A. Veloso, R. Schlatter y C Ramirez), pp. 73-102. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.

Victoriano P., González A. y R. Schlatter. 2006. Estado de conocimiento de las aves de aguas continentales de Chile. Gayana 70(1): 140-162

Vila I., Fuentes L. y M. Contreras. 1999. Peces Límnicos de Chile. Bol. Mus. Nac. Hist. Natur. Chile. 48: 61-75.

Vila I., y R. Pardo 2008. Peces límnicos. En Biodiversidad de Chile Patrimonio y Desafíos. 2ª Edición. CONAMA Eds. 302 – 307.

Vila, I., Pardo, R., Dyer, B. y Habit, E. 2006. Peces límnicos: diversidad, origen y estado de conservación. En: Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile (Eds. Vila, I., A. Veloso, R. Schlatter y C Ramirez), pp. 73-102. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.

Vilina Y y H. Cofré 2008. Aves acuáticas continentales. En Biodiversidad de Chile Patrimonio y Desafíos. 2ª Edición. CONAMA Eds. 266 – 274.

Villalobos, L. 1994. Distribution of Daphnia in High Mountain and temperate lakes of South America. Verhandlungen Internationale Vereinung für Theoretishe und Angewandte Limnologie 25: 2400-2404.

Villalobos, L., O. Parra, M. Grandjean, E. Jaque, S. Woelfl y H. Campos. 2003. River basin and limnological study in five humic lakes of the Chiloé Island. Revista Chilena de Historia Natural 76: 10-15.

Welcomme, R.L. 1985, River fisheries. FAO Fish.Technical Papers. (262): 330 p.

Westman W. 1977. How much are nature's services worth?. Science (80) 197:960–964.

Wetzel R. 2001. Limnology: Lakes and river ecosystems. Academic Press, 525 B Street, Ste. 1900, San Diego, CA 92101, USA.

7 ANEXOS

Tabla 7-1 Equipamiento de muestreo para los distintos taxa estudiados en los ecosistemas acuáticos continentales en Chile.

Componente	Instrumentos	Ríos	Lagos	Humedales
Plancton	Red Nansen 30 µm (fitoplancton)			
	Red Nansen 110 µm (zooplancton)			
	Red Apstein (con cierre) 30 µm (fitoplancton)			
	Red Apstein (con cierre) 110 µm (zooplancton)			
	Botella Van Dorn (fito y zoo)			
	Botella Niskin (Fito y zoo)			
	Vaso de tamizado (30, 60, 70, 110 µm)			
	Muestreador Clarke-Bumpus			
Bentos	Microcore 0.9 cm de diámetro (fitobentos)			
	Cuadrícula 4 cm^2 (fitobentos)			
	Cepillo de cerdas duras (fitobentos)			
	Cuchillo, bisturí o espátula (fitobentos)			
	Corer 0.00396 m^2 y malla de 250 µm (zoobentos)			
	Red de pantalla, 1 m^2 (250 µm) (zoobentos)			
	Red Surber (0.092 m^2 - 0,25 m^2) (250 µm)(zoobentos)			
	Red de mano o D-net (250µm) (zoobentos)			
	Cernidor (zoobentos)			
	Draga 4 cm (zoobentos)			
	Draga de Eckman (100 cm^2) (zoobentos)			
	Draga Van Veen (0,0578m^2) (zoobentos)			
	Recolección manual (zoobentos)			
Peces	Equipo de Pesca eléctrica			
	Nylon 0.70/0.40 (espineles)			
	Caña de pescar			
	Redes agalleras monofilamento (den*: 30, 40, 50, 60, 80, 100 mm)			
	Trasmallo			
	Red Nasa			
	Red Fyke			
	Red de cerco orillera			
	Atarraya			
	Estimación visual			
	Chinguillos			
	Pesca de arrastre			
Otros	Huincha métrica			
	Rastrillo 35 cm de ancho			
	Red de acuario			
	Mallas con tamices (4-1-0.8-0.4-0.2 mm)			
	Cuadrante 1 m^2			
	Cuadrante 0,25 m^2			
Preservantes	Lugol			
	Formaldehído 4%			
	Agua destilada			
	Etanol 96%			

Tabla 7-2 Equipamiento básico para muestreo de distintos taxa estudiados en los ecosistemas acuáticos continentales en Chile. T: trabajo en terreno. G: trabajo en gabinete. FP: material utilizado sólo para fitoplancton, FP: material utilizado sólo para fitobentos

COMPONENTE	PLANCTON		BENTOS		PECES		OTROS		HABITAT	
MATERIALES	T	G	T	G	T	G	T	G	T	G
Libreta para registro de datos										
Rotulador permanente y lápiz azul										
Frascos de plástico (80-200 mL)										
Frascos de plástico (330 mL)			ZB							
Tubo de plástico de 15 mL			FB							
Bolsas de plástico										
Pipeta de 1 mL	FP									
Claves taxonómicas										
Jeringa 10 mL										
Pinza de aluminio			ZB							
Cámara fotográfica			ZB							
GPS										
Acuario portátil			ZB							
Batea plástica										
Toalla de papel										
Cuadrante de 0,25 m^2 o 1 m^2										
Huincha métrica										
Tijeras de podar										
Estacas de fierro										
Cartones para prensa										
Papel de diario										
Cartografía del sitio										
Distanciómetro										
Metro carpintero										

Tabla 7-3 Instrumentos para la medición de distintos taxa estudiados en los ecosistemas acuáticos continentales en Chile. FP: material utilizado sólo para fitoplancton, FB: material utilizado sólo para fitobentos

Instrumentos y análisis	PLANCTON	BENTOS	PECES	OTROS
Microscopía óptica (Carl Zeiss)				
Lupa Zeiss Stemi 2000-C				
Lupa en una cámara Bogorow	ZP	FB		
Cámara de sedimentación		FB		
Pipeta Hensen-Stempel		FB		
Huincha métrica				
Pie de metro				
Balanza de terreno (0.01)				