



---

**ACCIONES DE FISCALIZACIÓN EN EL  
TERMINAL PESQUERO METROPOLITANO  
SERVICIO NACIONAL DE PESCA Y  
ACUICULTURA  
REGIÓN METROPOLITANA**

---

***AÑO 2017 al 15 de SEPTIEMBRE.***

---

\_\_\_\_\_



## **TERMINAL PESQUERO METROPOLITANO**

*En el contexto nacional el Terminal Pesquero Metropolitano, es considerado como el mayor centro de comercialización y distribución de los recursos hidrobiológicos del país, donde convergen importantes desembarques artesanales como de algunos industriales de una variada gama de pescados y mariscos frescos de consumo masivo directo, procedentes de distintas regiones.*

*El ingreso de recursos hidrobiológicos se estiman del orden de 30.000 Ton. Año (55% pescados y 45% mariscos)*

*Para el Sernapesca RM, el TPM constituye un foco de fiscalización gravitante, ya sea por sus volúmenes como por la actividad asociada que ello genera.*

*Estos escenario generaron como respuesta de la institución la creación de "Turnos", es decir el "Establecimiento de sistemas especiales de horarios de inicio y términos de jornadas de trabajo generados por razones de necesidad de servicio", como también de una reorientación de priorización de las diversas Herramientas de Fiscalización para el TPM, hacia el "Control de Medios de Transportes" que en la práctica significa la fiscalización de casi todos los días del año (7x24) excepto los feriados irrenunciables. Concordante con lo anterior se han habilitado las dependencias del TPM, para poder llevar a cabo estas actividades.*

\_\_\_\_\_



*La principal actividad que el Sernapesca a la fecha desarrolla en el TPM, se focaliza en:*

#### **INSPECCIÓN MEDIOS DE TRANSPORTE: (1ª. PRIORIDAD)**

*Inspección física de las remesas de pescados y mariscos que ingresan los medios de transportes (camiones rampas, camiones ¾, camionetas, furgones y vehículos particulares) al TPM, a los cuales se les realiza la constatación física y aforo de la carga respecto de la documentación tributaria, como también de las Acreditaciones de Origen Legal que amparan su traslado, acreditaciones que son realizadas en origen, las que generalmente se otorgan documentalmente. Dichas AOL son realizadas tanto por sistema, como de otras formas que la normativa permite.*

*Durante el año 2017, hasta la fecha 15 septiembre 2017 se han realizado un total de 5.687 acciones de fiscalización a medios de transporte en el TPM, lo que representa un 85,21 % de las acciones realizadas durante este periodo.*

#### **INSPECCIÓN CENTROS DE COMERCIALIZACIÓN: (2ª. PRIORIDAD)**

*Como segunda prioridad en virtud del movimiento de ingreso de vehículos, se realizan inspecciones a los locales mayoristas, minoristas, (cuando la contingencia y seguridad lo permite). En lo transcurrido del año, se han realizado un total de 85 acciones de fiscalización tanto a locatarios mayoristas como locatarios minoristas.*

\_\_\_\_\_



**TRABAJO INTERINSTITUCIONAL**

Para la mantención de estas actividades a objeto de llevar a cabo el rol fiscalizador del Servicio, esto es, **“Lograr un efecto disuasivo permanente en los agentes productivos, que inhiba el desarrollo de conductas orientadas a comercializar y transportar pesca ilegal, bajo el amparo y las facultades establecidas en la ley de pesca y las políticas institucionales establecidas al efecto”**, se establecieron alianzas estratégicas con instituciones como; Carabineros, SII, Autoridad Sanitaria, Juzgados Civiles de Jurisdicción del TPM, y centros de aparcamientos.

Las primeras respecto de apoyo de seguridad y efectividad tanto para los funcionarios como para la labor de fiscalización que cada día se percibe más compleja en los procesos de incautación tanto de los medios de transportes como recursos, de esta manera se espera que sea más expedita y que dé cuenta de lo consignado en las disposiciones legales vigentes como también que estos procedimientos estén previamente acordados

De esta manera en el periodo del 2017 se han realizado un total de 113 de acciones de fiscalización en conjunto. En la **Tabla N° 2**, se observa el detalle de estas acciones de fiscalización.

| INSTITUCIÓN        | ACCIONES 2017 |
|--------------------|---------------|
| CARABINEROS        | 51            |
| IMPUESTOS INTERNOS | 39            |
| PDI                | 1             |
| SERVICIO DE SALUD  | 22            |
| Total Acciones     | 113           |

| Resultado Fiscalización en TPM año 2017 |        |
|-----------------------------------------|--------|
| Acciones de Fiscalización (Total)       | 6.674  |
| Medios de Transporte                    | 5.687  |
| Comercializadoras                       | 85     |
| Plantas                                 | 17     |
| Visaciones verificadas                  | 885    |
| Visaciones emitidas                     | 14.533 |
| Citaciones Cursadas (Total)             | 70     |
| Medios de Transporte                    | 26     |
| Comercializadoras                       | 40     |
| Plantas                                 | 4      |
| Motivo de la Infracción                 |        |
| AOL                                     | 48     |
| Recurso en Veda                         | 12     |
| Obstaculización                         | 1      |
| Información estadística                 | 9      |
| Incautaciones                           |        |
| a) Recurso (kg)                         | 42.917 |
| Merluza común                           | 25.463 |
| Merluza austral                         | 7.148  |
| Congrio dorado                          | 1.191  |
| Otros (20 especies)                     | 9.115  |
| b) Vehículos                            | 25     |
| en poder del infractor                  | 22     |
| en Aparcadero (Custodias Nacionales)    | 3      |

| <i>Destino</i>                                  | <i>Recurso Incautado<br/>(Kg)</i> | <i>(%)</i>   |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------|
| <i>Donación<br/>Hogares de<br/>Beneficencia</i> | <i>9.977</i>                      | <i>23 %</i>  |
| <i>Poder<br/>Infractor</i>                      | <i>25.691</i>                     | <i>60 %</i>  |
| <i>Vertedero</i>                                | <i>7.248</i>                      | <i>17 %</i>  |
| <i>Total<br/>Incautado</i>                      | <i>42.916</i>                     | <i>100 %</i> |

## **ANALISIS DEL IMPACTO DE LA LEY LAFKENCHE EN LA PESCA ARTESANAL Y CÓMO SE MANIFIESTA EN EL PRESUPUESTO PARA EL 2018.**

En la actualidad existen 8 ECMPO con decreto de destinación marítima otorgado por el Ministerio de Defensa a través de la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas. De éstas, 8 se ubican en la Región de Los Lagos y 1 en la Región de La Araucanía.

Con planes de administración aprobados, vale decir ECMPO en régimen, hay 2, uno denominado Punta Capitanes y Trincao, ambos en la Región de Los Lagos.

Respecto de Punta Capitanes y Trincao, no existen problemas registrados con los pescadores artesanales.

Es conveniente hacer presente que el choque de intereses se presenta al momento de las solicitudes. Es en esa instancia cuando otros sectores (artesanales, acuicultores, etc.) manifiestan sus aprensiones.

Hay que hacer presente que los servicios públicos involucrados en la tramitación de las solicitudes, se encuentran en permanente coordinación, la cual es liderada por la Subsecretaría de Interior.

En cuanto al presupuesto asociado a la pesca artesanal, se refleja en lo que se destina al FAP.

A juicio de la subsecretaría de pesca, la principal falencia en la aplicación de la Ley, es la falta de cumplimiento de los plazos en ella establecidos.

---

### **Detalle del estudio para el desarrollo del Chinook**

En relación a las consultas realizadas por la Primera Subcomisión Especial Mixta de Presupuestos, en particular a lo requerido por el Honorable Diputado señor Schilling en relación al Capítulo 03 Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y en especial a “Detalle del estudio para el desarrollo del Chinook”, informo lo siguiente:

**Proyecto:** FIP 2014-87

**Nombre:** Estudio biológico pesquero y sanitario de la población de salmón Chinook en la cuenca del río Toltén en la Región de la Araucanía

**Ejecutor:** Universidad de Concepción

**Jefe Proyecto:** Dr. Daniel Gómez. Facultad de Cs. Naturales y Oceanográficas

**Presupuesto:** \$86.000.000

**Situación:** Terminado

**Acceso Informe Final:** Sitio WEB FIPA [http://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-89445\\_informe\\_final.pdf](http://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-89445_informe_final.pdf)

---

Durante el año 2015-2016 se desarrolló un proyecto financiado por el Fondo de administración pesquera y Acuícola Fipa, denominado “**Estudio biológico pesquero y sanitario de la población de salmón Chinook en la cuenca del río Toltén en la región de la Araucanía**” ejecutado por la Universidad de Concepción por un costo total de 86 millones de pesos.

**Sus objetivos fueron:**

1. Realizar la determinación espacio-temporal de la abundancia, estructuras de talla y peso, estadios de madurez sexual y edad, patrones de migración y condición sanitaria de esta especie durante el tiempo de permanencia en la cuenca del río Toltén y área marítima adyacente.
2. Suministrar datos espaciales para el manejo integrado de la población de salmón Chinook bajo un enfoque de manejo de cuenca.
3. Organizar y desarrollar una propuesta de manejo del salmón Chinook consensuada a escala de cuenca

**Y sus resultados más relevantes fueron:**

1. Revisión bibliográfica exhaustiva del recurso, tanto a nivel nacional como a nivel mundial.
2. Revisión bibliográfica exhaustiva de la cuenca del río Toltén, esto incluye sus usos y servicios principales.

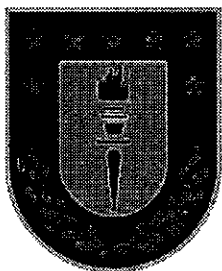


3. Temporada de ingreso a la cuenca del río Toltén, tiempo de residencia, y estimación de abundancia de los reproductores y juveniles de Salmón Chinook.
4. Composición de la dieta de adultos y juveniles de Salmón Chinook en la cuenca del río Toltén.
5. Estructura de edad y tallas de los reproductores que ingresan al estuario del río Toltén.
6. Estructura de edad y tallas de los juveniles que ingresan a al sistema estuarino del río Toltén.
7. Comunidad de peces que cohabitan con el salmón, abundancia y estructura de tallas, espacios geográficos y hábitat.
8. Generar un modelo de las tramas tróficas que integra el salmón Chinook durante su desarrollo ontogenético.
9. Estado sanitario de los salmones retornados.
10. Conclusiones y recomendaciones de manejo sustentable emanadas de los talleres correspondientes y de los resultados del proyecto.
11. Conclusiones y recomendaciones emanadas del taller de difusión y discusión metodológica.
12. Resumen del proyecto en idioma inglés, para fines de difusión en el informe final.
13. Material audiovisual y fotografías del desarrollo del proyecto

Los resultados del proyecto antes señalado constituyen la línea base biológica pesquera, social y territorial, económica y sanitaria, para proponer un modelo de manejo pesquero cuenca específico que permita al salmón Chinook por parte de pescadores de la barra del río Tolten en la IX región de La Araucanía.

La ruta elegida para habilitar estas operaciones a nivel de cuenca, y descartar una opción de manejo abierto a nivel nacional, se sustenta en la biología de la especie y las características geográficas de los cursos de agua, así como también del asentamiento histórico de una comunidad pesquera local y una mesa de manejo para el consenso donde están los actores y usuarios más relevantes.

Actualmente los instrumentos legales decretos reglamentos y resoluciones están elaborados espera de firma para ser aplicados idealmente antes que finalice el 2017.



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y OCEANOGRÁFICAS**

INFORME FINAL

PROYECTO DEL FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA Y ACUICULTURA

Nº 2014-87

**"ESTUDIO BIOLÓGICO PESQUERO Y SANITARIO DE LA POBLACIÓN  
DE SALMÓN CHINOOK EN LA CUENCA DEL RÍO TOLTÉN EN LA  
REGIÓN DE LA ARAUCANÍA"**

**CONTRAPARTE TÉCNICA: SUBSECRETARÍA DE PESCA**

**CONSULTOR: UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**

CONCEPCIÓN, 2 JUNIO 2016

**RESUMEN EJECUTIVO PROYECTO FIP 2014-87**  
**"ESTUDIO BIOLÓGICO-PESQUERO Y SANITARIO DEL SALMÓN CHINOOK EN LA**  
**CUENCA DEL RÍO TOLTÉN, REGIÓN DE LA ARAUCANÍA"**

ANTECEDENTES: El Salmón Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) es una especie introducida de ciclo de vida complejo, que desova (y luego muere) en agua dulce, específicamente, en el *curso superior* de los ríos, pero se alimenta en el océano. Es muy abundante en el Río Toltén, su desembocadura o *curso inferior* durante la época del retorno o remonte reproductivo, y su área de alimentación en la zona costera adyacente. Antes de la ejecución del presente proyecto, existía desconocimiento sobre el ciclo de vida de esta especie y cómo y dónde ocurren los procesos que permiten su crecimiento y reproducción, información básica que permite orientar medidas de administración del recurso. Hoy el Salmón Chinook se ha convertido en una gran oportunidad para usuarios de la pesca artesanal en el curso inferior y zona costera adyacente, debido a la disminución de la actividad extractiva en localidades como Queule y La Barra. Para los habitantes del curso medio y superior del Río Toltén, la mayor disponibilidad de esta especie genera una cadena de valor relacionada con otras actividades económicas, como el turismo, pesca recreativa y otras, que se constituyen en una oportunidad para el desarrollo económico de las comunidades ribereñas. Dada esta heterogeneidad de usuarios, surge la necesidad de un estudio que sentara futuras bases administrativas en coordinación con instituciones públicas.

OBJETIVO GENERAL: Evaluar el estado de las poblaciones, las características y opciones de manejo del Salmón Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*), en la cuenca del Río Toltén, Región de la Araucanía.

RESULTADOS

OBJETIVO ESPECÍFICO 1

*Curso inferior y zona costera: abundancia.* El periodo de remonte del Salmón Chinook alcanzó un máximo entre el **10 enero 2015 y 16 febrero 2015**, durante la temporada 2014-2015. El monitoreo de las capturas dio cuenta de un total de capturas de 54,86 toneladas en el sector caleta La Barra. Respecto a la caracterización del escape, se marcó un total de 138 individuos, de los cuales se recuperó un 4%. Basado en las marcas recolectadas se determinó que los individuos podrían pasar hasta tres semanas en la zona estuarina. El remonte de adultos en proceso de maduración estaría compuesto por decenas de miles de

salmones al combinar capturas y escape (aquellos salmones que no son capturados) con un tamaño de retorno durante la temporada 2014-2015 de **12.652 salmones** (8.972 capturas y 3.680 eco-conteo). Los salmones de la zona costera (Queule) son más jóvenes y más pequeños y no serían parte del remonte. Las capturas de La Barra y Queule combinadas podrían llegar a las 100 toneladas en una temporada.

*Curso inferior y zona costera: estructura de tallas y edades.* La longitud de los peces muestreados estuvo entre 500 y 1100 mm de longitud total. Se observó una tendencia a encontrar individuos de menor tamaño hacia el fin del periodo de desove en la localidad de caleta La Barra. La composición de edades obtenida en un total de 74 individuos dio cuenta de edades 2+, 3+, y 4+ años, siendo más frecuente la edad 3+. Para caleta Queule se encontró solo de edad 2+ y 3+, en cambio para caleta La Barra se encontraron todas las edades (de 2+ a 4+). Se observó además que en caleta La Barra los individuos de mayor edad fueron hembras y en caleta Queule fueron homogéneas entre ambos sexos. Basado en mezclas distribucionales se observó que en caleta La Barra las cohortes presentes correspondieron a individuos de edades 3+ y 4+ y en caleta Queule se encontró sólo un grupo etario o cohorte de edad 2+.

*Curso inferior y zona costera: alimentación.* Se pudo recolectar un total de 151 estómagos para determinar el contenido estomacal, esto es, 98 de caleta La barra y 53 de caleta Queule. Los resultados mostraron que para los meses de enero y febrero el ítem de mayor frecuencia de ocurrencia fue en **sardina común** y **eufáusidos** (crustáceos pelágicos). Por otro lado, para caleta La Barra la alimentación del Salmón Chinook adulto retornante consistió principalmente de **sardina común, anchoveta** y **peces no identificados**. Esto es consistente con mayor presencia de estas presas en la zona costera de la IX Región durante el periodo de estudio.

*Curso inferior y zona costera: reproducción.* Se observó una proporción sexual sesgada hacia machos en caleta La Barra, no así en el sector costero de Queule. La madurez de individuos adultos fue contrastante entre caleta La Barra y caleta Queule. Todos los individuos colectados en caleta La Barra estuvieron maduros con estado de madurez sexual (EMS) entre 4 – 5. Contrariamente en caleta Queule, para el mes de enero se encontraron individuos inmaduros (EMS=1 – 3) y maduros (EMS= 4 – 5) y en febrero solo inmaduros. El índice gonadosomático ( $\overline{IGS}$ ) de los individuos muestreados en caleta Queule presentó una mayor varianza ( $V(\overline{IGS})$ ), entre 0,003 y 24,16, lo que significó un valor de  $\overline{IGS} = 0,09$  y  $\overline{IGS} =$

2,25, respectivamente. La talla promedio de madurez calculada en hembras para caleta La Barra correspondió a  $LH_{TMS} = 932$  mm. Por otro lado, el método del Incremento Relativo del Índice Gonadosomático mostró que en caleta Queule, a partir del rango de tamaños 600–619 mm LH, se observa el mayor cambio en el IGS.

*Curso inferior y zona costera: análisis sanitario.* El análisis anatomopatológico no permitió detectar anomalías externas de los peces y/o signología clínica externa; tampoco se reconocieron alteraciones macroscópicas en hígado, riñón y bazo. Los grupos bacterianos más aislados correspondieron a los géneros *Vibrio*, *Psychrobacter* y *Pseudomonas*. En base a las muestras analizadas y los resultados obtenidos, el estado de salud de la población de Salmón Chinook en la cuenca del Río Toltén, Región de la Araucanía, mostró un diagnóstico positivo a bacterias y virus reconocidos como patógenos de la salmonicultura chilena para el 33% de los peces. Además, se apreció una importante diversidad bacteriana colonizando los órganos hematopoyéticos e inmunológicos de los peces.

*Curso superior: abundancia.* Los juveniles de Salmón Chinook se concentraron en ríos cordilleranos afluentes del Río Allipén, especialmente durante el mes de diciembre, cuando se encontraron las más altas abundancias relativas. En los meses siguientes la abundancia relativa disminuyó drásticamente, lo que es consistente con la emigración de juveniles en dirección al curso inferior. Otros salmónidos co-habitando con el Chinook fueron trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y trucha café (*Salmo trutta*); especies nativas que co-habitan con el Chinook fueron puyes (*Galaxias* spp.), pochas (*Cheirodon* spp.), bagres (*Diplomystes* spp.) y la geotria chilena (*Geotria chilensis*).

*Curso superior: alimentación.* La dieta de los juveniles de Chinook consistió principalmente de especies de insectos, principalmente las familias *Diptera* y *Ephemeroptera* como las más importantes en cuanto a frecuencia de ocurrencia y número.

*Curso superior: reproducción y sitios de desove.* El periodo reproductivo de la temporada 2014-2015 se inició la primera **quincena de Marzo** cuando se avistaron nidos reproductivos en los afluentes del Río Allipén. El número de cadáveres comenzó a aumentar en **Abril y Mayo**, que indica el periodo de máxima reproducción. Los sitios de desove se concentraron desde **Cunco** al Este e incluyeron: Río Negro, Río Peuco, Río Allipén, Río Zahuelhue, Río Llaima, Río Zen-Zen. Un obstáculo importante a destacar en la caracterización de nidos fue el encuentro frecuente con pescadores furtivos. Los furtivos extirpan una parte importante

de los reproductores, amenazando el periodo reproductivo e imposibilitando una estimación confiable de abundancia de la fracción desovante mediante el conteo de cadáveres o carcasas.

*Curso superior: origen de la población.* Usando 191 polimorfismos de único nucleótido en un total de 145 individuos juveniles y análisis estadísticos indican que la población del Río Toltén es genéticamente muy distinta a otras poblaciones introducidas en la X y XI Regiones, lo que sugiere que se trata de una población de **origen local**, probablemente como resultado de una liberación de ejemplares a mediados de los 1990s desde una piscicultura de Melipeuco.

## OBJETIVO ESPECÍFICO 2

*Sistema de Información Geográfica (SIG).* Se desarrolló una plataforma SIG que permitió georeferenciar múltiples actores presentes en la cuenca del Río Toltén, la variedad de usos de los suelos y las aguas por parte de individuos naturales y empresas, esto con el fin de generar una visión global para guiar futuros planes de administración. Se identificaron actividades que podrían presentar potenciales riesgos para la población de Salmón Chinook de distintas maneras: (1) contaminación del río por parte de localidades y terrenos de privados; (2) pesca furtiva, especialmente en áreas de desove; y (3) los diversos proyectos hidroeléctricos.

*Modelo espacio-temporal del Salmón Chinook en el Río Toltén.* 1) *Retorno de adultos curso inferior:* Mediante entrevistas a usuarios de pesca artesanal y recreativa, se determinó que el periodo de retorno e ingreso al agua dulce de adultos ocurre entre los meses de **agosto y febrero**. 2) *Desove y emigración de juveniles curso superior:* Por otra parte, el periodo de desove ocurriría entre **enero y mayo**, con un máximo en los meses de **marzo y abril**. El periodo de emigración de juveniles desde el curso superior al inferior coincide con el periodo de desove. La duración del periodo de remonte desde la desembocadura hasta el curso superior sería de **2 a 3 meses**, aunque los adultos pueden permanecer en agua dulce hasta 6 meses antes de desovar. Los adultos también pueden permanecer en el estuario **3 semanas** antes de continuar su viaje al curso superior. La información del modelo espacio-temporal fue muy consistente con lo constatado en terreno por el equipo y el estudio piloto de marcaje-recaptura implementado durante el proyecto (resultados OBJETIVO ESPECÍFICO 1).

### OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Se identificaron al menos diez grupos de interés o *stakeholders* en la cuenca del Río Toltén que operan en diferentes lugares de la cuenca. Dependiendo de su conocimiento, dependencia e importancia estratégica en la sustentabilidad del recurso, estos grupos fueron clasificados en *stakeholders centrales, primarios y secundarios* y se distribuyeron en diferentes sectores de la cuenca. a) *Curso inferior y área costera adyacente*: (1) **pescadores artesanales** y **comercializadores** de caleta La Barra y Queule como actores *centrales*; b) *Curso inferior, medio y superior*: (2) **pescadores recreativos** y (3) **pescadores furtivos**, ambos actores *centrales*. Los pescadores furtivos fueron especialmente difíciles de identificar y trabajan con artes de pesca no establecidos, principalmente en áreas de desove. Por otro lado, (4) **instituciones fiscalizadoras**, (5) **municipios** y (6) **operadores de turismo**, este último relacionado con el transporte a áreas de pesca (e.g., guías de pesca), se consideran actores *primarios* y tienen presencia en toda la cuenca. Finalmente, **comunidades indígenas** (7), **empresas generadoras de energía** (8), **el gobierno regional** (9) y la **ciudadanía** (10) tienen también presencia en varios sectores de la cuenca y repercuten sobre el recurso, pero su nivel de dependencia con él es bajo, por lo que se consideraron actores *secundarios*.

*Propuesta de uso y manejo consensuado.* Los resultados indicaron que los discursos que se articulan en torno al uso del Salmón Chinook como recurso son diversos y en algunos casos radicalmente opuestos, esto particularmente entre usuarios de la pesca artesanal y pesca recreativa. Un panorama aparte es la **pesca furtiva**, cuyos practicantes transitan entre la pesca recreativa, pesca para comercialización y lo furtivo, lo que imposibilita incluirlos en una propuesta de uso. Se realizaron cinco talleres locales con usuarios de varias localidades de la cuenca, un taller institucional para reparticiones públicas, y un taller mixto entre usuarios de pesca artesanal y recreativa de manera de establecer **protocolos de acuerdo** entre los actores, de manera de avanzar hacia una regulación más eficiente de este recurso. El análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) que se detalla en el documento da cuenta de una cuenca rica en recursos y actores. Los resultados de dicho análisis y el protocolo de acuerdos fueron presentados en el taller de difusión final de resultados. Finalmente, se presenta una *propuesta de uso* para cada *stakeholder*, donde se articulan los resultados de los tres objetivos del proyecto.

- 1) Curso inferior: la captura de régimen nocturno de Salmón Chinook tiene una relevancia muy importante para los pescadores artesanales de caleta La Barra, la que ocurre en un gran sector de influencia mareal del *curso inferior* de la cuenca, pero que actualmente es una pesquería **ilegal-no regulada-indocumentada (IUU)**. Una situación similar es la que enfrentan los usuarios de Queule que operan en la *zona costera adyacente*, un área de alimentación del Chinook que alberga tanto adultos retornantes como no retornantes (inmaduros) más jóvenes, pero que a diferencia de La Barra es una pesca incidental. En ambos casos se recomienda evaluar la legalización, regulación y documentación de esta pesquería emergente. Por otro lado, llama la atención la menor representación de guías de pesca en esta zona de la cuenca con respecto al *curso medio y superior* (ver abajo), por lo que se recomienda incentivar la profesionalización de dicha actividad mediante programas y proyectos.
- 2) Curso medio y superior: la pesca recreativa (con o sin devolución) es la única actividad extractiva legal, regulada y documentada por la actual legislación. Sin embargo, el periodo de pesca recreativa del Chinook y otros salmónidos originalmente incluía el periodo de desove del recurso (hasta la segunda semana de mayo). Mediante resolución exenta 2/2015, la Dirección Zonal de la IX-XIV logró restringir la pesca recreativa de Chinook hasta el mes de febrero, de manera de volver más eficaz los esfuerzos de fiscalización en las áreas de desove.
- 3) Toda la cuenca: en el caso de instituciones fiscalizadoras, se concluye que deben generarse instancias de participación conjunta (carabineros, PDI, Armada, Sernapesca), apoyados por administradores de recursos, de manera de hacer más eficientes los cometidos de fiscalización. A nivel de municipios se observa una falta de políticas comunales (e.g., ordenanzas municipales) que promuevan una integración de las comunas ribereñas para un uso conjunto del recurso y una fiscalización más eficiente de la pesca furtiva. Se recomienda que el gobierno regional promueva políticas de integración de las comunas ribereñas y se apoye financieramente el desarrollo de proyectos vinculados al uso y explotación del recurso, dado su carácter local y único. La presencia de comunidades indígenas (17-31%) y muchos títulos de merced en las comunas ribereñas requiere incluir la perspectiva mapuche-lafkenche en un plan de uso y manejo, esto aunque la vinculación a la pesca artesanal y recreativa sea por aprendizaje local y no una práctica ancestral. Finalmente, la existencia de 13 proyectos hidroeléctricos en el sistema de evaluación ambiental requiere evaluar los impactos de dichos proyectos en los sistemas ecológicos (e.g., ciclo de vida del Chinook), socio-económicos y culturales presentes en la cuenca.



## ÍNDICE GENERAL

|                                                                                                                       |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|                                                                                                                       | Pág.        |
| <b>ÍNDICE GENERAL .....</b>                                                                                           | <b>viii</b> |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>                                                                                         | <b>xiii</b> |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>                                                                                        | <b>xvii</b> |
| <b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>                                                                                         | <b>xxiv</b> |
| <b>1. PRESENTACIÓN .....</b>                                                                                          | <b>1</b>    |
| <b>2. ANTECEDENTES .....</b>                                                                                          | <b>3</b>    |
| <b>3. OBJETIVOS.....</b>                                                                                              | <b>16</b>   |
| 3.1. Objetivo General .....                                                                                           | 16          |
| 3.2. Objetivos Específicos .....                                                                                      | 16          |
| <b>4. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>                                                                                 | <b>17</b>   |
| 4.1. Área de estudio y estrategia de muestreo .....                                                                   | 17          |
| 4.2. Identificación del arte, aparejo o sistemas de pesca .....                                                       | 19          |
| 4.3. Objetivo Específico 1.....                                                                                       | 21          |
| 4.3.1. Revisión bibliográfica .....                                                                                   | 21          |
| 4.3.2. Abundancia.....                                                                                                | 25          |
| 4.3.2.1. Caracterización física del sistema .....                                                                     | 25          |
| 4.3.2.1.1. Batimetría del sistema y perfil batimétrico en la zona<br>de estudio .....                                 | 25          |
| 4.3.2.1.2. Determinación de la extensión estuarina en la zona<br>baja del Toltén.....                                 | 27          |
| 4.3.2.2. Caracterización de los usuarios en el sector La Barra .....                                                  | 31          |
| 4.3.2.3. Caracterización del Retorno .....                                                                            | 31          |
| 4.3.2.3.1. Entrevistas a usuarios.....                                                                                | 31          |
| 4.3.2.3.2. Monitoreo de las capturas (bitácoras) .....                                                                | 33          |
| 4.3.2.3.3. Distribución espacial y temporal de la captura y<br>esfuerzo en la zona baja .....                         | 36          |
| 4.3.2.4. Marcaje y recaptura: muestreo no destructivo.....                                                            | 36          |
| 4.3.2.5. Caracterización del Escape usando métodos hidroacústicos.....                                                | 40          |
| 4.3.2.5.1. Monitoreo hidroacústico .....                                                                              | 43          |
| 4.3.2.5.2. Análisis de datos hidroacústicos .....                                                                     | 46          |
| 4.3.2.6. Caracterización de abundancia relativa de juveniles de<br>Chinook, otros salmónidos y especies nativas ..... | 48          |

|                                                                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3.3. Composición de tallas .....                                                                              | 48        |
| 4.3.4. Relación longitud-peso .....                                                                             | 48        |
| 4.3.5. Estimación de edad y ecotipo de residencia en agua dulce usando<br>escamas.....                          | 49        |
| 4.3.5.1. Determinación de edad usando escamas .....                                                             | 49        |
| 4.3.5.2. Determinación de ecotipos ocean-type y stream-type<br>usando escamas.....                              | 51        |
| 4.3.6. Actividad reproductiva .....                                                                             | 53        |
| 4.3.6.1. Caracterización de sitios de desove.....                                                               | 57        |
| 4.3.7. Contenido estomacal.....                                                                                 | 59        |
| 4.3.8. Estado Sanitario.....                                                                                    | 61        |
| 4.3.8.1. Recolección de las muestras biológicas.....                                                            | 61        |
| 4.3.8.2. Examen anatomopatológico y necropsia .....                                                             | 62        |
| 4.3.8.3. Aislamiento en medios microbiológicos.....                                                             | 62        |
| 4.3.8.4. Identificación a nivel de especie de los componentes<br>bacterianos dominantes en Salmón Chinook ..... | 62        |
| 4.3.8.5. Diagnóstico molecular mediante PCR y sus variaciones.....                                              | 63        |
| 4.3.9. Genética .....                                                                                           | 64        |
| 4.3.9.1. Área de estudio.....                                                                                   | 64        |
| 4.3.9.2. Muestreo.....                                                                                          | 64        |
| 4.3.9.3. Extracción de ADN y tipificación de SNPs.....                                                          | 65        |
| 4.3.9.4. Estructura genética basada en individuos .....                                                         | 66        |
| 4.3.9.5. Identificación genética del stock (GSI) .....                                                          | 66        |
| 4.4. Objetivo Específico 2.....                                                                                 | 68        |
| 4.4.1. El ambiente físico .....                                                                                 | 68        |
| 4.4.2. Elaborar un modelo espacio temporal del ciclo de vida del Salmón<br>Chinook .....                        | 71        |
| 4.5. Objetivo Específico 3.....                                                                                 | 74        |
| 4.5.1. Métodos y técnicas de investigación.....                                                                 | 74        |
| 4.5.2. Definición del Área de Estudio: alcances y limitantes .....                                              | 83        |
| 4.5.3. Cronograma de Trabajo.....                                                                               | 84        |
| <b>5. RESULTADOS.....</b>                                                                                       | <b>87</b> |
| 5.1. Objetivo Específico 1.....                                                                                 | 87        |
| 5.1.1. Revisión bibliográfica .....                                                                             | 87        |
| 5.1.1.1. Tiempo de ingreso a agua dulce.....                                                                    | 87        |

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1.1.2. Abundancia .....                                                                       | 89  |
| 5.1.1.3. Estructura de tallas .....                                                             | 90  |
| 5.1.1.4. Biología reproductiva .....                                                            | 92  |
| 5.1.1.5. Hábitats .....                                                                         | 95  |
| 5.1.1.6. Migraciones .....                                                                      | 97  |
| 5.1.1.7. Pesquería y manejo .....                                                               | 98  |
| 5.1.1.8. Condición sanitaria .....                                                              | 100 |
| 5.1.1.9. Interacción con otras especies .....                                                   | 102 |
| 5.1.1.10. Conservación .....                                                                    | 103 |
| 5.1.2. Abundancia .....                                                                         | 106 |
| 5.1.2.1. Caracterización física del sistema .....                                               | 106 |
| 5.1.2.1.1. Batimetría del sistema .....                                                         | 106 |
| 5.1.2.1.2. Determinación de la extensión estuarina en la zona<br>baja del Toltén .....          | 111 |
| 5.1.2.2. Caracterización de los Usuarios y proceso de pesca en la<br>zona baja del Toltén ..... | 118 |
| 5.1.2.3. Caracterización del retorno .....                                                      | 121 |
| 5.1.2.3.1. Entrevista a Usuarios .....                                                          | 121 |
| 5.1.2.3.2. Distribución espacial y temporal de la captura y<br>esfuerzo en la zona baja .....   | 123 |
| 5.1.2.3.3. Caracterización mediante marcaje y recaptura .....                                   | 127 |
| 5.1.2.4. Caracterización del Escape .....                                                       | 133 |
| 5.1.2.4.1. Caracterización del Escape usando métodos<br>hidroacústicos .....                    | 133 |
| 5.1.2.5. Estimación del retorno (capturas más escape) .....                                     | 149 |
| 5.1.2.6. Caracterización de juveniles de Chinook, otros salmónidos<br>y especies nativas .....  | 150 |
| 5.1.3. Composición de tallas .....                                                              | 153 |
| 5.1.4. Relación longitud-peso .....                                                             | 154 |
| 5.1.5. Estimación de edad y ecotipo de residencia en agua dulce usando<br>escamas .....         | 156 |
| 5.1.5.1. Determinación de edad usando escamas .....                                             | 156 |
| 5.1.5.2. Determinación de ecotipo ocean y stream-type usando<br>escamas .....                   | 159 |
| 5.1.6. Actividad reproductiva .....                                                             | 160 |

|                                                                                          |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.1.6.1. Caracterización de sitios de desove .....                                       | 164        |
| 5.1.7. Contenido estomacal.....                                                          | 169        |
| 5.1.8. Estado Sanitario.....                                                             | 176        |
| 5.1.9. Genética .....                                                                    | 185        |
| 5.1.9.1. Estructura genética .....                                                       | 185        |
| 5.1.9.2. Identificación genética del stock (GSI) .....                                   | 185        |
| 5.2. Objetivo Específico 2.....                                                          | 187        |
| 5.2.1. El ambiente físico .....                                                          | 187        |
| 5.2.2. Uso comercial y recreativo.....                                                   | 208        |
| 5.2.3. Elaborar un modelo espacio temporal del ciclo de vida del Salmón<br>Chinook. .... | 216        |
| 5.2.3.1. Entrevistas por hábitat.....                                                    | 216        |
| 5.2.3.2. Ingreso adultos cuenca Río Toltén .....                                         | 226        |
| 5.2.3.3. Duración proceso de remonte hacia áreas de desove .....                         | 226        |
| 5.2.3.4. Desove .....                                                                    | 227        |
| 5.2.3.5. Migración hacia el mar .....                                                    | 227        |
| 5.3. Objetivo Específico 3.....                                                          | 228        |
| 5.3.1. Identificación de los grupos de interés .....                                     | 228        |
| 5.3.1.1. Pescadores artesanales.....                                                     | 228        |
| 5.3.1.2. Pescadores recreativos.....                                                     | 233        |
| 5.3.1.3. Sector Turismo: Guías de pesca recreativa y operadores<br>turísticos .....      | 233        |
| 5.3.1.4. Pescadores furtivos .....                                                       | 235        |
| 5.3.1.5. Comercializadores .....                                                         | 236        |
| 5.3.1.6. Comunidades pertenecientes a la etnia mapuche .....                             | 237        |
| 5.3.2. Clasificación y atributos de los grupos de interés .....                          | 248        |
| 5.3.3. Relaciones entre los grupos de interés .....                                      | 252        |
| 5.3.4. Análisis FODA .....                                                               | 255        |
| 5.3.5. Identificación de Nudos Críticos.....                                             | 256        |
| 5.3.6. Protocolo de Acuerdos y Propuesta de Manejo.....                                  | 258        |
| <b>6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>                                       | <b>262</b> |
| 6.1. Objetivo Específico 1.....                                                          | 262        |
| 6.1.1. Revisión Bibliográfica .....                                                      | 262        |
| 6.1.2. Abundancia.....                                                                   | 268        |
| 6.1.2.1. Marcaje, reporte y recuperación de marcas .....                                 | 268        |

|                                                                                                |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.1.2.2. Acústica .....                                                                        | 269        |
| 6.1.2.3. Capturas .....                                                                        | 271        |
| 6.1.2.4. Caracterización de juveniles de Chinook, otros salmónidos<br>y especies nativas ..... | 272        |
| 6.1.3. Composición de tallas .....                                                             | 273        |
| 6.1.4. Relación longitud-peso .....                                                            | 273        |
| 6.1.5. Estimación de edad y ecotipo de residencia en agua dulce usando<br>escamas.....         | 274        |
| 6.5.1.1. Determinación de edad usando escamas .....                                            | 274        |
| 6.5.1.2. Determinación de ecotipo ocean y stream-type usando<br>escamas.....                   | 274        |
| 6.1.6. Actividad reproductiva .....                                                            | 275        |
| 6.1.6.1. Caracterización de sitios de desove .....                                             | 276        |
| 6.1.7. Contenido estomacal.....                                                                | 277        |
| 6.1.8. Estado Sanitario.....                                                                   | 278        |
| 6.1.9. Genética .....                                                                          | 282        |
| 6.2. Objetivo Específico 2.....                                                                | 285        |
| 6.2.1. El ambiente físico y uso comercial y recreativo de la cuenca .....                      | 285        |
| 6.2.2. Modelo espacio-temporal del ciclo del Salmón Chinook.....                               | 287        |
| 6.3. Objetivo Específico 3.....                                                                | 288        |
| 6.3.1. Identificación, Clasificación y Relaciones entre grupos de interés .....                | 288        |
| 6.3.2. Análisis FODA, Nudos Críticos y Protocolo de Acuerdos.....                              | 289        |
| <b>7. CONCLUSIONES.....</b>                                                                    | <b>291</b> |
| 7.1 Objetivo Específico 1 .....                                                                | 291        |
| 7.2. Objetivo Específico 2 .....                                                               | 292        |
| 7.3. Objetivo Específico 3 .....                                                               | 294        |
| <b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                                     | <b>296</b> |
| <b>9. ANEXOS.....</b>                                                                          | <b>327</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1. Datos Comunales Población y Pobreza. Datos obtenidos en: Proyección de Población 2012 INE y CASEN 2003-2009. Elaboración Propia.....                                                                                                                  | 14  |
| Tabla 2. Resumen de parámetros ecosonda Simrad EK60 utilizados durante el registro de datos en el Río Toltén, enero-febrero, 2015. ....                                                                                                                        | 45  |
| Tabla 3. Resumen de parámetros sonar DIDSON utilizados durante el registro de datos en el Río Toltén enero-febrero, 2015. ....                                                                                                                                 | 46  |
| Tabla 4. Estados de madurez gonadal de machos y hembras de salmónidos, de acuerdo a escala macroscópica internacional. Extraída de Niklitschek & Aedo (2002).....                                                                                              | 55  |
| Tabla 5. <i>Reporting groups</i> de las poblaciones nativas utilizadas como base de datos de referencia para el análisis de identificación genética del stock (GSI).....                                                                                       | 67  |
| Tabla 6. Monitoreo de calidad de aguas de la DGA, periodo de registro desde 1983 - 2002                                                                                                                                                                        | 70  |
| Tabla 7. Entrevistas semi-estructuradas realizadas. ....                                                                                                                                                                                                       | 75  |
| Tabla 8. Resumen Propuesta Metodológica.....                                                                                                                                                                                                                   | 80  |
| Tabla 9. Cronograma de Actividades Objetivo 3.....                                                                                                                                                                                                             | 84  |
| Tabla 10. Resumen de las estaciones muestreadas, sus respectivos códigos, georeferencias y distancias de la boca del río. ....                                                                                                                                 | 112 |
| Tabla 11. Listado de botes que trabajaron en la pesca del Salmón Chinook en la caleta La Barra. ....                                                                                                                                                           | 119 |
| Tabla 12. Resumen del esfuerzo por zonas en la parte baja del Río Toltén. ....                                                                                                                                                                                 | 124 |
| Tabla 13. Número de salidas por bote a cada zona de pesca en la zona baja del Río Toltén.                                                                                                                                                                      | 126 |
| Tabla 14. Registros del marcaje de salmones en caleta La Barra.....                                                                                                                                                                                            | 128 |
| Tabla 15. Resultados de recaptura y reporte de marcas en salmones. ....                                                                                                                                                                                        | 133 |
| Tabla 16. Resumen estadístico para la distancia (espacio) del blanco y talla de individuos detectados, registrados por medio del sonar DIDSON durante 1 al 14 de febrero 2015.....                                                                             | 134 |
| Tabla 17. Resultados de la evaluación hidroacústica entregada por ecosonda EK60 durante la temporada, que comprende el período desde el 9 de enero hasta el 14 de febrero (2015). ....                                                                         | 140 |
| Tabla 18. Resumen estadístico para los resultados de la estimación de salmones Chinook mediante ecoconteo a través del ecosonda EK60. ....                                                                                                                     | 142 |
| Tabla 19. Resumen de ecoconteos realizado para ambos equipos acústicos en un rango de los 0-22 metros desde el frame y con un factor de corrección de -40 dB (EK60) y del 9,4% de individuos que se devuelven para EK60 y DIDSON.....                          | 147 |
| Tabla 20. Estadísticos para la longitud horquilla ( <i>LH</i> ) para machos y hembras de Salmón Chinook, capturados durante enero y febrero por la pesca artesanal de Queule y La Barra. <i>Ph</i> , corresponde a la proporción de hembras en la captura..... | 160 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 21. Frecuencia de Estados de Madurez Sexual (EMS) macroscópica para hembras y machos de Salmón Chinook, capturados durante enero y febrero por la pesca artesanal de Queule y La Barra. Entre paréntesis longitud horquilla promedio. ....                       | 161 |
| Tabla 22. Estadísticos para el Índice Gonadosomático (IGS) para machos y hembras de Salmón Chinook, capturados durante enero y febrero por la pesca artesanal de Queule y La Barra. $V(IGS)$ , corresponde a la varianza del estimador. CV, coeficiente variación..... | 162 |
| Tabla 23. Índice Gonadosomático (IGS) por rango de talla e Índice de Incremento Relativo del IGS (IR.IGS), en hembras colectadas durante enero y febrero de 2015, a partir del desembarque artesanal de Queule. ....                                                   | 164 |
| Tabla 24. Sitios de Desove en el Río LLaima. En relación a la velocidad, en la tabla se muestran tres velocidades diferentes, cada cual fue tomada a diferente profundidad del río (0,2 – 0,4 y 0,8 m/s).....                                                          | 165 |
| Tabla 25. Sitios de Desove en el Estero El membrillo. En relación a la velocidad, en la tabla se muestran tres velocidades diferentes, cada cual fue tomada a diferente profundidad del río (0,2 – 0,4 y 0,8 m/s). ....                                                | 165 |
| Tabla 26. Sitios de Desove en el Estero Sensen. En relación a la velocidad, en la tabla se muestran tres velocidades diferentes, cada cual fue tomada a diferente profundidad del río (0,2 – 0,4 y 0,8 m/s).....                                                       | 166 |
| Tabla 27. Sitios de desove en el Río Allipén. En relación a la velocidad, en la tabla se muestran tres velocidades diferentes, cada cual fue tomada a diferente profundidad del río (0,2 – 0,4 y 0,8 m/s).....                                                         | 167 |
| Tabla 28. Sitios de Desove en el Río Sahuelhue. En relación a la velocidad, en la tabla se muestran tres velocidades diferentes, cada cual fue tomada a diferente profundidad del río (0,2 – 0,4 y 0,8 m/s).....                                                       | 167 |
| Tabla 29. Resumen de los estómagos colectados para análisis de la dieta en individuos adultos de Salmón Chinook desde el área marina y costera, y curso inferior/desembocadura.....                                                                                    | 170 |
| Tabla 30. Frecuencia de ocurrencia (%F), número (%N), peso (%P), Importancia Relativa (%IIR) e Importancia numérica (%IIN), en salmones Chinook obtenidos desde el desembarque artesanal de Queule en enero y febrero de 2015. NI: Peces No Identificados .....        | 171 |
| Tabla 31. Frecuencia de ocurrencia (%F), número (%N), peso (%P), Importancia Relativa (%IIR) e Importancia numérica (%IIN), en salmones Chinook obtenidos desde el desembarque artesanal de La Barra en enero y febrero de 2015. NI: Peces No Identificados.....       | 171 |
| Tabla 32. Número de salmones Chinook que presentaron contenido estomacal en muestras colectadas desde el desembarque artesanal de caleta Queule, durante enero y febrero de 2015. ....                                                                                 | 173 |
| Tabla 33. Índice de similitud de Bray-Curtis construido sobre el Índice de Importancia Relativa (IIR), para comparar la dieta de Salmón Chinook por rango de tamaños (mm LH); <600, 600–649, 650–699, 700–740, >749. ....                                              | 174 |
| Tabla 34. Índice de similitud de Bray-Curtis construido sobre el Índice de Importancia Numérica (IIN), para comparar la dieta de Salmón Chinook por rango de tamaños (mm LH); <600, 600–649, 650–699, 700–740, >749. ....                                              | 175 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 35. Frecuencia de ocurrencia (%F), número (%N) e Importancia numérica (%IIN), en juveniles de Salmón Chinook obtenidos en el Río Peuco (curso superior, pre-smolt) y desde el estuario del Río Toltén (curso inferior/desembocadura, smolt).....                                                                              | 175 |
| Tabla 36. Identificación de los aislados obtenidos a partir de Salmón Chinook mediante el análisis del gen 16S rARN usando BLAST.....                                                                                                                                                                                               | 177 |
| Tabla 37. Representación de las especies bacterianas aisladas con mayor predominancia en los ejemplares de Salmón Chinook analizados y origen en que se describieron previo a este estudio.....                                                                                                                                     | 180 |
| Tabla 38. Ejemplares y órganos de Salmón Chinook que mostraron el tamaño esperado de amplificación de 112 pb, 421 pb y 91 pb, correspondientes a los genes <i>vhoB</i> de <i>V. ordalii</i> , <i>vapA</i> de <i>A. salmonicida</i> y 16S-23S ARN de <i>P. salmonis</i> . +, positivo y -, negativo para el diagnóstico de PCR. .... | 184 |
| Tabla 39. Calidad de Agua Zonas Superior, Inferior y Costero .....                                                                                                                                                                                                                                                                  | 201 |
| Tabla 40. Tendencia central de Parámetros de Calidad de Agua. Fuente: Direccion General de Aguas (DGA) Ministerio de obras Publicas. ....                                                                                                                                                                                           | 202 |
| Tabla 41. Tabla resumen fichas de Proyectos hidroeléctricos ingresados al SEA ubicados en la Cuenca del Río Toltén.....                                                                                                                                                                                                             | 212 |
| Tabla 42. Entrevistas usuarios de hábitat costero/mar. Resumen información sobre aspectos del ciclo de vida de Salmón Chinook colectada mediante entrevistas a usuarios de caleta Queule, IX Región. ....                                                                                                                           | 217 |
| Tabla 43. Entrevistas usuarios de hábitat curso inferior/desembocadura. Resumen información sobre aspectos del ciclo de vida de Salmón Chinook colectada mediante entrevistas a usuarios de caleta La Barra, IX Región. ....                                                                                                        | 219 |
| Tabla 44. Entrevistas usuarios de hábitat curso inferior. Resumen información sobre aspectos del ciclo de vida de Salmón Chinook colectada mediante entrevistas a usuarios de Nueva Toltén, IX Región. ....                                                                                                                         | 221 |
| Tabla 45. Entrevistas usuarios de hábitat curso inferior. Resumen información sobre aspectos del ciclo de vida de Salmón Chinook colectada mediante entrevistas a usuarios de Pitruquén, IX Región. ....                                                                                                                            | 224 |
| Tabla 46. Resumen información sobre aspectos del ciclo de vida de Salmón Chinook colectada mediante entrevistas a usuarios de Villarrica, IX Región. ....                                                                                                                                                                           | 224 |
| Tabla 47. Resumen información sobre aspectos del ciclo de vida de Salmón Chinook colectada mediante entrevistas a usuarios de Cunco, IX Región.....                                                                                                                                                                                 | 225 |
| Tabla 48. Análisis de dependencia entre grupos de interés del Salmón Chinook. ....                                                                                                                                                                                                                                                  | 239 |
| Tabla 49. Atributos de los grupos de interés en la Cuenca del Toltén.....                                                                                                                                                                                                                                                           | 250 |
| Tabla 50. Relaciones entre grupos de interés .....                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 253 |
| Tabla 51. Caracterización de los posibles nidos de Chinook en el Río Llaima .....                                                                                                                                                                                                                                                   | 379 |
| Tabla 52. Caracterización de los posibles nidos de Chinook en el Río Peule .....                                                                                                                                                                                                                                                    | 380 |
| Tabla 53. Sitios de Desove en el estero Sensen, comuna de Melipeuco. ....                                                                                                                                                                                                                                                           | 387 |
| Tabla 54. Salmones muestreados en el sector "La Barra".....                                                                                                                                                                                                                                                                         | 390 |
| Tabla 55. Individuos muestreados con pesca eléctrica en el Río Allipén, sector las hortensias.....                                                                                                                                                                                                                                  | 390 |



Tabla 56. Nidos en el Río Allipén caracterizados..... 391

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Distribución del Salmón Chinook en su rango nativo en el Hemisferio Norte. Verde, distribución actual; Rojo, distribución histórica; Azul, distribución oceánica. Fuente: <a href="http://www.stateofthesalmon.org">www.stateofthesalmon.org</a> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 3  |
| Figura 2. Modelo conceptual del ciclo del Salmón Chinook en poblaciones nativas de Norte América. <b>Inferior Izquierda (azul)</b> , <i>Emigración del océano al río</i> : ocurre en Primavera después de 3 – 5 años creciendo en el océano; <b>Superior Izquierda (rojo)</b> , <i>Desove</i> : ocurre en Otoño; <b>Derecha (celeste)</b> : desarrollo de juveniles en agua dulce desde alevín con saco a parr y subadulto que pueden permanecer durante un año (raza "stream") o emigrar inmediatamente al océano a completar el ciclo (raza "ocean"). Fuente: <a href="http://www.nwfsc.noaa.gov">www.nwfsc.noaa.gov</a> .....                                                                                                               | 4  |
| Figura 3. Mapa de la cuenca del Río Toltén con los principales usuarios del Salmón Chinook. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 7  |
| Figura 4. Curvas de variación estacional de la estación de la Dirección General de Aguas en el Río Toltén en Teodoro Schmidt. Fuente: "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según objetivos de calidad, Cuenca del Río Toltén 2004" .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 12 |
| Figura 5. Actores principales en la pesquería del Salmón Chinook. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 15 |
| Figura 6. Sitios de muestreo en la cuenca del Río Toltén. Zona costera: Queule, pesca océano-costera de adultos, pesca con redes de enmalle con embarcaciones mayores (azul); Curso Inferior: La Barra, Pesca de adultos retornantes, pesca artesanal con redes de enmalle con embarcaciones menores y pesca recreativa (verde); Curso Medio: Allipén – Toltén, pesca de juveniles y reconocimiento de lugares de pesca recreativa, pesca recreativa con anzuelos (rojo); Curso Superior: Llaima – Villarica, pesca de juveniles, conteo de cadáveres y caracterización de nidos, pesca eléctrica (amarillo). Para mayor información acerca de las características de los artes usados en el sector costero e inferior, revisar Anexo 25. .... | 18 |
| Figura 7. Cronograma de actividades de muestreo desarrolladas a lo largo del proyecto ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 20 |
| Figura 8. Instalación del transductor del ecosonda LOWRANCE HDS-8m en la embarcación de muestreo. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 26 |
| Figura 9. Prospección batimétrica del sector a través del método de transectas perpendiculares al Río Toltén.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 27 |
| Figura 10. Equipos oceanográficos usados en las estaciones muestreadas: A, B y C (superior), perfilador de Conductividad-Temperatura-Profundidad (CTD); C (inferior), sonda multiparámetro. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 29 |
| Figura 11. Mapa del Río Toltén con estaciones hidrográficas.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 30 |
| Figura 12. Lugar de muestreo biológico-pesquero y estimación de abundancia mediante hidroacústica.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 32 |
| Figura 13. Modelos conceptuales del remonte del Salmon Chinook en la cuenca del Río Toltén. 33                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
| Figura 14. Bitácora de pesca para pescadores artesanales de La Barra. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 34 |
| Figura 15. Bitácora de pesca para pescadores artesanales de Queule. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 34 |

|                                                                                                                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 16. Bitácora de pesca para usuarios de la pesca recreativa. ....                                                                                                                               | 35  |
| Figura 17. Plano red de enmalle utilizada por investigadores de la Universidad de Concepción para las capturas y marcaje de Salmón Chinook en el Río Toltén, caleta La Barra. ....                    | 38  |
| Figura 18. Proceso de armado de redes de enmalle: Agujas de plástico para enhebrar hilo negro (a); encabalgado de la red (b); instalación de los plomos en la red (c) y despliegue de la red (d)..... | 39  |
| Figura 19. Calada en forma transversal al río: preparación de la red en el bote (a), calado de la red transversal al caudal (b); la red en reposo (c) y virado de la red (d). ....                    | 39  |
| Figura 20. Marcas tipo T-bar tags, con el código correspondiente y el número de teléfono para dar aviso en caso de recaptura.....                                                                     | 40  |
| Figura 21. Sector donde se instaló el campamento para la evaluación hidroacústica.....                                                                                                                | 42  |
| Figura 22. Casa rodante, generadores y computadores en el sitio de campamento en nueva Toltén. ....                                                                                                   | 43  |
| Figura 23. Medidas de la estructura de acero galvanizado para montar los equipos acústicos (frame).....                                                                                               | 44  |
| Figura 24. Frame utilizado para el montaje de ambos equipos acústicos y a la derecha se observa el funcionamiento de ambos equipos sumergido en el agua.....                                          | 44  |
| Figura 25. Imagen de un ecotrazo identificado como Salmón Chinook en el post-proceso de datos mediante el software Echoview 6.0. ....                                                                 | 47  |
| Figura 26. Fotografía de una escama de Salmón Chinook donde se aprecia los circuli, annuli y núcleo en una transecta trazada en el eje longitudinal de la escama.....                                 | 50  |
| Figura 27. Zona preferente para extracción de escamas en salmónidos. ....                                                                                                                             | 50  |
| Figura 28. Escama de individuo con ecotipo stream-type. ....                                                                                                                                          | 52  |
| Figura 29. Escama de individuo con ecotipo ocean-type.....                                                                                                                                            | 52  |
| Figura 30. Vista en planta de un nido de desove con una pareja en su interior. ....                                                                                                                   | 58  |
| Figura 31. Corrientes típicas en un nido de salmónido. Ilustración: Andrew fuller; Burner 1951, 98. ....                                                                                              | 58  |
| Figura 32. Curso superior de la cuenca del Río Toltén (Río Allipén; Río Llaima).....                                                                                                                  | 64  |
| Figura 33. Diagrama Categorías de Análisis Entrevistas Semi-estructuradas.....                                                                                                                        | 76  |
| Figura 34. Principales zonas de pesca para Salmón Chinook de la flota de caleta La Barra. 107                                                                                                         |     |
| Figura 35. Perfiles batimétricos realizados en software ARCGIS. ....                                                                                                                                  | 108 |
| Figura 36. Batimetría y ancho de los principales sectores de pesca en caleta La Barra, zona 1-5.....                                                                                                  | 109 |
| Figura 37. Batimetría de los principales sectores de pesca en caleta La Barra, zona 6-9. .                                                                                                            | 110 |
| Figura 38. Distancia de las estaciones desde la desembocadura del Río Toltén y profundidad máxima de cada estación muestreada (Rojo, profundidad.; Azul, distancia.).....                             | 112 |

|                                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 39. Secciones verticales de salinidad y Temperatura de las estaciones a) 17, b) 16, c) 18 y d) 14. ....                                                                                                                                                | 113 |
| Figura 40. Secciones verticales de salinidad y Temperatura de las estaciones a) 15, b) 13, c) 12 y d) 0. ....                                                                                                                                                 | 114 |
| Figura 41. Secciones verticales de salinidad y Temperatura de las estaciones a) 1, b) 2, c) 3 y d) 5. ....                                                                                                                                                    | 115 |
| Figura 42. Secciones verticales de salinidad y Temperatura de las estaciones a) 4, b) 6, c) 7 y d) 8. ....                                                                                                                                                    | 116 |
| Figura 43. Secciones verticales de salinidad y Temperatura de las estaciones a) 9 b) 10, y c) 11. ....                                                                                                                                                        | 117 |
| Figura 44. Diagrama Hovmöller de a) temperatura y b) salinidad a lo largo del Río Toltén. ....                                                                                                                                                                | 117 |
| Figura 45. Resultado de la entrevista en relación a la fecha del remonte del Salmón Chinook en La Barra. ....                                                                                                                                                 | 122 |
| Figura 46. Histograma de capturas en toneladas en las zonas descritas para la parte baja del Río Toltén. ....                                                                                                                                                 | 123 |
| Figura 47. Histograma del número de salidas por zonas en la parte baja del Río Toltén. ..                                                                                                                                                                     | 124 |
| Figura 48. CPUE y capturas durante los meses de estudio en la zona baja del Río Toltén. ....                                                                                                                                                                  | 125 |
| Figura 49. CPUE por zona en la parte baja del Río Toltén. ....                                                                                                                                                                                                | 125 |
| Figura 50. a) Esfuerzo por zona en horas de calado y b) número de salidas y número de botes por zona. ....                                                                                                                                                    | 126 |
| Figura 51. Estimación de abundancia de salmones Chinook mediante el sonar DIDSON. Sin la aplicación del factor de corrección (línea roja) y con el factor de corrección (9,4%; línea negra), para la serie comprendida entre el 1 al 14 de febrero 2015. .... | 135 |
| Figura 52. Frecuencia, en número de individuos de salmones Chinook para la sección transversal insonificada del Río Toltén mediante tecnología sonar DIDSON, para la serie comprendida entre el 01 al 14 de febrero 2015. ....                                | 136 |
| Figura 53. Número de individuos por intervalo de tallas, identificados por medio del sonar DIDSON en el sistema del Río Toltén, para los 14 días de febrero (2015). ....                                                                                      | 136 |
| Figura 54. Talla media de los individuos medidos mediante el sonar DIDSON en la sección transversal (distancia) insonificada del Río Toltén, durante los 14 días de febrero 2015. ....                                                                        | 137 |
| Figura 55. Distribución temporal-circadiana (24 horas) para el número de individuos (barra gris) y la talla media por intervalo de horas (línea negra), estimados a través del sonar DIDSON en el Río Toltén, durante los 14 días de febrero 2015. ....       | 138 |
| Figura 56. Distribución de frecuencias de fuerza de blanco (TS) empírica calculada a partir de la composición de tallas estimadas mediante sonar DIDSON en el Río Toltén, durante los 14 días de febrero 2015. ....                                           | 139 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 57. Distribución de frecuencias, para el número de individuos en cada intervalo de TS (dB) para los blancos detectados mediante ecosonda EK60 en el Río Toltén durante la temporada de estudio.....                                                                                                                                                                             | 143 |
| Figura 58. Distribución de frecuencias para el número de individuos en base al TS mediante ecosonda EK60 (barra gris) y abajo la distribución de tallas detectadas a través del sonar DIDSON (barra rojo) y de las capturas de La Barra (barra celeste). .....                                                                                                                         | 144 |
| Figura 59. Distribución espacial de los individuos detectados (salmones Chinook), a partir de la distancia transversal desde el equipo EK60 hasta el rango de detección (40 metros), en el Río Toltén durante la temporada. ....                                                                                                                                                       | 145 |
| Figura 60. Distribución circadiana (24 horas) del total de los ecoconteos de salmones Chinook detectados a través del ecosonda EK60 en el Río Toltén. ....                                                                                                                                                                                                                             | 146 |
| Figura 61. Desempeño conjunto de equipos hidroacústicos en el rango de los 0-22 metros desde el frame.....                                                                                                                                                                                                                                                                             | 148 |
| Figura 62. Número de individuos capturados en la barra y número de individuos contabilizados a través de métodos acústicos. ....                                                                                                                                                                                                                                                       | 149 |
| Figura 63. Gráfico de barras con los valores de CPUE de las especies capturadas mediante pesca eléctrica a lo largo del tiempo, cada gráfico representa a una especie diferente la cual aparece con su nombre científico en su respectivo gráfico. Cada color representa un sitio de muestreo diferente, además de poseer su respectiva leyenda en la esquina inferior izquierda. .... | 151 |
| Figura 64. Histogramas de frecuencias de talla para las otras especies salmonídeas capturadas en el curso superior de la cuenca del Río Toltén. Para cada especie se muestran los diferentes grupos de talla (colores verde y rojo) según el análisis de estructura de talla. ....                                                                                                     | 152 |
| Figura 65. Estructura de tallas usando longitud total. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 153 |
| Figura 66. Estructura de tallas separada por semana de muestreo en La Barra y Queule .                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 154 |
| Figura 67. Relación longitud peso. Puntos de color azul corresponden a individuos macho, puntos de color rojo corresponden a individuos hembra.....                                                                                                                                                                                                                                    | 155 |
| Figura 68. Determinación de edad usando escamas. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 156 |
| Figura 69. Boxplot edades encontradas separadas por sexo. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 157 |
| Figura 70. Distribución de cohortes basados en mezclas distribucionales usando longitud total (density = densidad o frecuencia). ....                                                                                                                                                                                                                                                  | 158 |
| Figura 71. Histograma de frecuencia ( <i>frequency</i> , ordenada) de los ecotipos ( <i>type</i> , abscisa) ocean-type (O) y stream-type (S) en los sectores de La Barra (rojo) y Queule (azul).....                                                                                                                                                                                   | 159 |
| Figura 72. Índice Gonadosomático (IGS%) por individuo observado en enero y febrero de 2015, en el desembarque de Queule (izquierda) y La Barra (derecha).....                                                                                                                                                                                                                          | 163 |
| Figura 73. Imagen del tipo de sustrato en el fondo de los sitios de desove en el Estero Sensen, sitio 1 a la izquierda y sitio 2 a la derecha.....                                                                                                                                                                                                                                     | 166 |
| Figura 74. Imagen del tipo de sustrato en el fondo de los sitios de desove en el Río Sahuelhue, sitio 1 a la izquierda y sitio 2 a la derecha. ....                                                                                                                                                                                                                                    | 168 |

|                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 75. Ítems presa registrados en el contenido estomacal de individuos de Salmón Chinook, a partir de muestras colectadas desde el hábitat marino y costero, y el curso inferior/desembocadura del Río Toltén. ....                       | 172 |
| Figura 76. Importancia de las presas por rango de tamaño en Salmón Chinook, en función de IIR e IIN. ....                                                                                                                                     | 173 |
| Figura 77. Modelo cualitativo de interacciones predador-presa correspondiente a Salmón Chinook en el hábitat costero y marino frente a la desembocadura de los ríos Queule y Toltén, IX Región. ....                                          | 176 |
| Figura 78. Análisis de componentes principales (PCoA) entre el Río Toltén y el Río Petrohué. El componente X describe el 11,55% de la variabilidad de los datos y la Componente Y describe el 6,26%. ....                                     | 185 |
| Figura 79. Gráficos de torta con porcentaje de asignación de cada población en estudio a los reporting groups del Hemisferio Norte analizados. ....                                                                                           | 186 |
| Figura 80. Mapa de relieve de la Región de la Araucanía. Curvas de nivel a intervalos de 250 metros de altura sobre el nivel del mar. Colores claros presentan baja altitud y colores oscuros presentan sitios de alta altitud. ....          | 189 |
| Figura 81. Mapa de unidades geomorfológicas de la Región de la Araucanía. ....                                                                                                                                                                | 190 |
| Figura 82. Mapa de temperaturas promedio anuales en grados Celsius de la Región de la Araucanía. Temperatura obtenida de la base de datos de Worldclim presenta temperaturas promedio bajas, entre 11 y 13 grados para la región. ....        | 191 |
| Figura 83. Mapa de precipitaciones promedio anuales en milímetros caídos de la Región de la Araucanía. Precipitaciones obtenidas de la base de datos de Worldclim. Región presenta alto nivel de precipitaciones. ....                        | 192 |
| Figura 84. Mapa de zonas climáticas de la región de la Araucanía. Cuenca del Río Toltén se encuentra en su mayoría una zona con características climáticas del tipo Templado cálido-lluvioso con influencia mediterránea. ....                | 193 |
| Figura 85. Mapa usos de en las zonas colindantes al Río Toltén. Se observa la gran superficie utilizada por plantaciones de bosques al norte del Río Toltén, y al sur una gran superficie utilizada por bosques nativos y de matorrales. .... | 194 |
| Figura 86. Mapa de parques nacionales de la región de la Araucanía. Los parques nacionales de la región se distribuyen hacia la cordillera, en la parte alta del Río Allipén y en las cercanías del lago Villarrica y Pucón. ....             | 195 |
| Figura 87. Mapa de zonas urbanas y red vial de la IX Región. ....                                                                                                                                                                             | 196 |
| Figura 88. Mapa de títulos de merced de los pueblos originarios en los sitios colindantes al Río Toltén. Datos correspondientes a los terrenos registrados en la base de datos del CONADI en el año 2012. ....                                | 197 |
| Figura 89. Mapa con sitios declarados monumentos históricos. Se presentan lugares de importancia para los pueblos originarios, cementerios mapuches y complejos religiosos. ....                                                              | 198 |
| Figura 90. Mapa de los terrenos de la cuenca del Río Toltén que pertenecen a empresas. Dentro de las empresas propietarias de terrenos encontramos forestales y papeleras. ....                                                               | 199 |
| Figura 91. Mapa de sitios relacionados a tratamiento de aguas servidas y rellenos sanitarios. ....                                                                                                                                            | 200 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 92. Mapa de sitios de extracción de aridos situados alrededor de la cuenca del Río Toltén .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 200 |
| Figura 93. Mapa presenta sitios con actividades relativas a la pesca.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 208 |
| Figura 94. Sitios con actividades extractivas en localidades ribereñas del Río Toltén. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 209 |
| Figura 95. Mapa de comunas de la región de la Araucanía. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 210 |
| Figura 96. Mapa de Proyectos Hidroeléctricos ingresados al SEA ubicados en la cuenca del Río Toltén (Comuna de Curarrehue: 1. Central Hidroeléctrica de pasada Epri I; 2. Central Hidroeléctrica Añihuerraquí; 3. Hidroeléctrico Puesco-Momolluco; 4. Central Hidroeléctrica Pangui. Comuna de Cunco: 5. Pequeña Central Hidroeléctrica de Pasada El Traro. Comuna Melipeuco: 6. Proyecto Mini central Hidroeléctrica Las Nieves; 7. Proyecto Mini central Hidroeléctrica El Manzano; 8. Proyecto Mini Central Hidroeléctrica El Canelo; 9. Proyecto Central de Pasada Carilafquén-Malalcahuello; 10. Proyecto Central Hidroeléctrica de Pasada El Rincón; 11. Proyecto Central de Pasada Tacura (Río Tacura); 12. Proyecto Central de Pasada Tacura (Estero Lautaro). Comuna de Pucón: 13. Proyecto Central Hidroeléctrica Llançalil (Reingreso).Comuna de Freire: 14. Proyecto Central Hidroeléctrica Los Aromos) ..... | 211 |
| Figura 97. Modelo espacio temporal del Salmón Chinook en la cuenca del Río Toltén.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 228 |
| Figura 98. Estero Molulco, en el puente cercano a la escuela.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 370 |
| Figura 99. Puente matanza, cercano a la carretera Cunco-Melipeuco.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 371 |
| Figura 100. Salmon capturado por pescador furtivo en Estero El Membrillo. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 372 |
| Figura 101. Pozón del Río Curacalco, cercano al puente del mismo nombre.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 374 |
| Figura 102. Río LLaima en el puente Risco. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 374 |
| Figura 103. Salmon Chinook capturado en el Río Allipén.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 374 |
| Figura 104. Río Allipén. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 375 |
| Figura 105. Río Carilafquen, cercano al puente Flor del Valle.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 376 |
| Figura 106. Río Caren en el sector del puente Ceballo. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 376 |
| Figura 107. Grupo de pesca eléctrica (Izquierda) y grupo de búsqueda de nidos (derecha).....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 378 |
| Figura 108. Caracterización de sectores que podrían ser posibles sitios de desoves en el Río LLaima. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 378 |
| Figura 109. Imágenes del Río Alpehue. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 381 |
| Figura 110. Termistor ubicado en el Río Allipén, protegido bajo una roca.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 383 |
| Figura 111. Termistor instalado en el Río Toltén, cercano a Villarrica.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 383 |
| Figura 112. Carcaza de Salmón Chinook en el Río Allipén. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 385 |
| Figura 113. Carcaza de Salmón Chinook en la cercano a la junta del Río Alpehue y Sahuelhue. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 386 |
| Figura 114. Saltos del Truful truful, con una altura de 20 metros.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 386 |
| Figura 115. Estero Sensen, desde el sector de la piscicultura. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 387 |
| Figura 116. Posibles sitios de desoves en el estero Sensen, sitio 1 (A) y sitio 2 (B). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 387 |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 117. Imágenes del terreno, carcazas y cabezas de pesca furtiva..... | 391 |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|



**ÍNDICE DE ANEXOS**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Anexo 1.</b> Taller de difusión reparticiones .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 327 |
| <b>Anexo 2.</b> Taller mesa del Chinook.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 328 |
| <b>Anexo 3.</b> Taller de difusión usuarios Toltén y Hualpín.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 332 |
| <b>Anexo 4.</b> Reunión usuarios Queule .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 335 |
| <b>Anexo 5.</b> Primer taller de coordinación entre el Fondo de Investigación Pesquera y el Consultor .....                                                                                                                                                                                                                                                                         | 337 |
| <b>Anexo 6.</b> Taller y Reunión Pitrufrquén – Entrega de Bitacoras de Pesca .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 338 |
| <b>Anexo 7.</b> Participación talleres locales. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 340 |
| <b>Anexo 8.</b> Entrevista a usuarios de La Barra.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 341 |
| <b>Anexo 9.</b> Entrevista a usuarios de Queule.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 342 |
| <b>Anexo 10.</b> Entrevista a usuarios de Toltén y Nueva Toltén .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 344 |
| <b>Anexo 11.</b> Entrevista a usuarios de pesca recreativa.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 346 |
| <b>Anexo 12.</b> Pauta de entrevistas. Sector Pesquero .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 348 |
| <b>Anexo 13.</b> Sistematización Análisis FODA .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 351 |
| <b>Anexo 14.</b> Material y actividades de difusión.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 357 |
| <b>Anexo 15.</b> <i>Protocolo de Acuerdos</i> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 363 |
| <b>Anexo 16.</b> <i>Propuesta de Uso</i> consensuada del Salmón Chinook al integrar información de los Objetivos Específicos 1, 2 y 3.....                                                                                                                                                                                                                                          | 366 |
| <b>Anexo 17.</b> Primer informe de terreno de reconocimiento de nidos y carcazas en la zona alta de la cuenca del Río Toltén.....                                                                                                                                                                                                                                                   | 370 |
| <b>Anexo 18.</b> Segundo informe de terreno de reconocimiento de nidos y carcazas en la zona alta de la cuenca del Río Toltén.....                                                                                                                                                                                                                                                  | 377 |
| <b>Anexo 19.</b> Tercer informe de terreno de reconocimiento de nidos y carcazas en la zona alta de la cuenca del Río Toltén.....                                                                                                                                                                                                                                                   | 382 |
| <b>Anexo 20.</b> Cuarto informe de terreno de reconocimiento de nidos y carcazas en la zona alta de la cuenca del Río Toltén.....                                                                                                                                                                                                                                                   | 389 |
| <b>Anexo 21.</b> Quinto informe de terreno de reconocimiento de nidos y carcazas en la zona alta de la cuenca del Río Toltén.....                                                                                                                                                                                                                                                   | 392 |
| <b>Anexo 22.</b> Equipo de trabajo y personal participante por actividad .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 394 |
| <b>Anexo 23.</b> Tabla de probabilidad de asignación de cada población en estudio a cada reporting groups del Hemisferio Norte analizados.....                                                                                                                                                                                                                                      | 399 |
| <b>Anexo 24.</b> Cronología de la introducción del Salmón Chinook a Chile. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 400 |
| <b>Anexo 25:</b> Atributos del diseño y construcción de las redes usadas en la pesquería del Salmón Chinook en Caleta Queule, La Barra y, la red experimental utilizada por el equipo de muestreo de marcaje y recaptura, durante el periodo de Noviembre 2014 a Febrero 2015. Observación: W=peso; C=peso específico, fórmula para cálculo de peso sumergido: $W = (1-1/C)$ . .... | 402 |
| <b>Anexo 26.</b> Programa e invitación al taller final de difusión de resultados del proyecto ....                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 403 |

## 1. PRESENTACIÓN

Este informe final ha sido preparado por la Universidad de Concepción (UDEC) como institución ejecutora del proyecto FIP 2014-87, adjudicado mediante D.E. 411/2014 MINECON del 31 Julio 2014. En él proporcionamos los resultados finales en relación a los objetivos generales y específicos planteados inicialmente en la propuesta. Este informe también resume las tareas ejecutadas, reuniones, talleres implementados y el personal participante por actividad.

| Profesionales       |                                               |                                                                                                                        |
|---------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre              | Título Académico                              | Función                                                                                                                |
| Daniel Gómez Uchida | Ph.D. Fisheries Science & Population Genetics | Jefe de Proyecto, coordinación general, análisis de datos y redacción de informes. Participación Talleres.             |
| Gustavo Aedo        | M.S. Pesquerías                               | Coordinación general, análisis de datos, y redacción de informes. Participación Talleres.                              |
| Billy Ernst         | Ph.D. in Fisheries                            | Coordinación general, análisis de datos, y redacción de informes. Participación Talleres.                              |
| Diego Cañas Rojas   | Biólogo Marino                                | Muestreo Biológico Salmon Chinook. Digitación de datos. Análisis de datos y redacción de informes. Análisis estomacal. |
| Mauricio Cañas      | Biólogo                                       | Muestreo Biológico Salmon Chinook. Digitación de datos. Estimación de edad mediante escamas y redacción de informes.   |
| Eduardo Aedo        | Médico Veterinario                            | Estimación de edad mediante escamas                                                                                    |
| Juan Vilches        | Biólogo Marino                                | Muestreo Biológico Salmon Chinook. Digitación de datos y redacción de informes.                                        |
| Pablo Rivara        | Biólogo Marino                                | Muestreo Biológico Salmon Chinook. Digitación de datos. Análisis de datos y redacción de informes.                     |
| Braulio Tapia       | Biólogo Marino (Tesisista)                    | Muestreo en estación acústica. Digitación de datos. Análisis de datos y redacción de informes.                         |
| Cristian Canales    | Dr. en Sistemática y Biodiversidad            | Muestreo Biológico Salmon Chinook. Revisión bibliográfica. Análisis de datos y redacción de informes.                  |
| Sandra Ferrada      | Dr.(c) en Sistemática y Biodiversidad         | Muestreo Biológico Salmon Chinook. Revisión bibliográfica. Análisis de datos y redacción de informes.                  |
| Esteban Flores      | Ingeniero civil                               | Caracterización sitios de Desove.                                                                                      |

|                      |                                              |                                                                                                    |
|----------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Paula Fuentealba     | Antropóloga                                  | Levantamiento de información social, redacción de informes. Planificación de talleres.             |
| Matías Poblete       | Biólogo                                      | Análisis sanitario.                                                                                |
| Andrea Santelices    | M.S. Development Planning & Management       | Levantamiento de información social, redacción de informes. Planificación de talleres.             |
| Rubén Avendaño       | Dr. en Biología                              | Análisis sanitario.                                                                                |
| Selim Musleh         | M.S. (c) Pesquerías                          | Análisis de datos y redacción de informes.                                                         |
| Claudio Meier        | Ph.D. Organismal Biology and Ecology         | Caracterización sitios de Desove, revisión de proyectos hidroeléctricos.                           |
| Maria Ignacia Cádiz  | Bióloga                                      | Muestreo Biológico Salmon Chinook. Digitación de datos. Análisis de datos y redacción de informes. |
| Carolina Parada      | Ph.D. Oceanografía                           | Análisis de datos oceanográficos y redacción de informes.                                          |
| Eduardo Hernández    | Biólogo                                      | Instalación y tutoría de equipo sonar DIDSON para análisis de datos acústicos.                     |
| Francisca Valenzuela | Ingeniera en biotecnología marina y acuícola | Muestreo biológico, análisis estomacal.                                                            |
| Javiera Benavente    | Bióloga                                      | Muestreo biológico.                                                                                |
| Camila Rizzo         | Estudiante de Biología                       | Muestreo biológico.                                                                                |

## 2. ANTECEDENTES

**Biología.** —El Salmón Chinook, Rey o Quínnat *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum 1792) es uno de los representantes más carismáticos de los salmones y trucha del Pacífico del género *Oncorhynchus*. Es la especie de salmón del Pacífico más grande, pudiendo llegar a medir 150 cm y pesar 45 kg en estado adulto (Healey, 1991; Heard *et al.* 2007). En su rango nativo tiene una amplia distribución que abarca el Pacífico Nororiental y Noroccidental (Figura 1). Por su tamaño y la calidad de su carne, esta especie sustenta a lo largo de su distribución nativa una vasta comunidad de pescadores comerciales, recreativos y pueblos originarios. Su administración y sustentabilidad es por tanto compleja y en ella intervienen el gobierno federal, estatal y las tribus de pueblos originarios (Myers *et al.* 1998).

Chinook Distribution

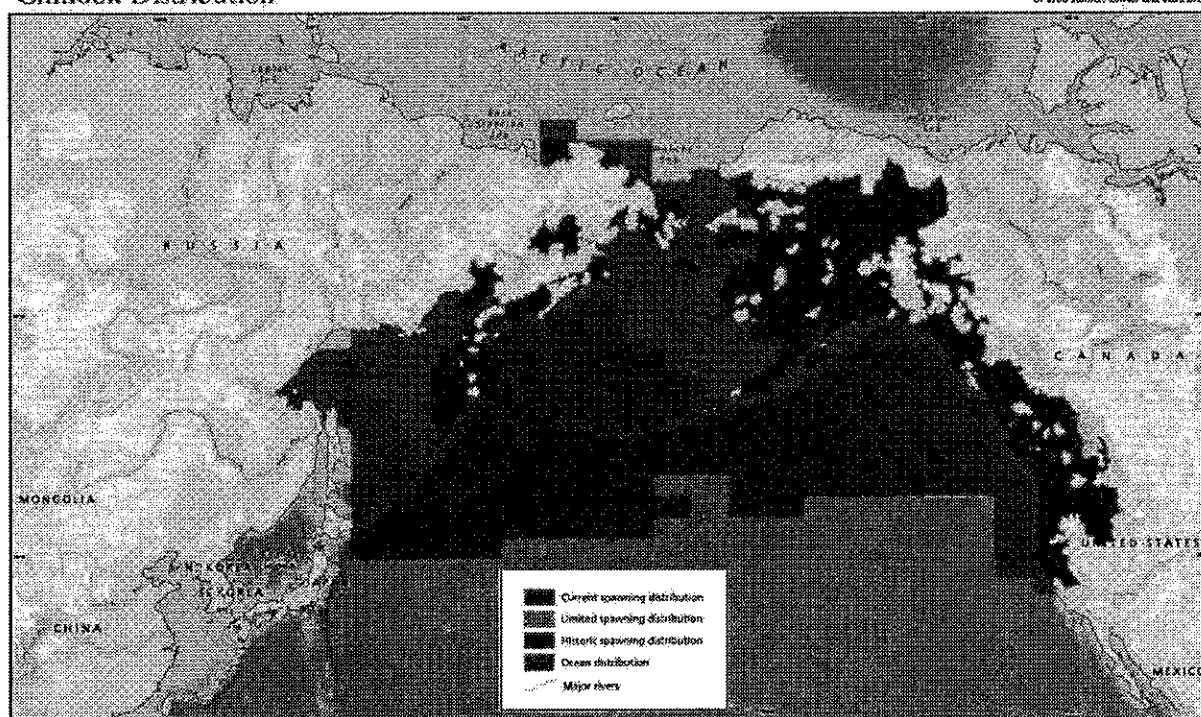


Figura 1. Distribución del Salmón Chinook en su rango nativo en el Hemisferio Norte. Verde, distribución actual; Rojo, distribución histórica; Azul, distribución oceánica. Fuente: [www.stateofthesalmon.org](http://www.stateofthesalmon.org).

Una de las características del Salmón Chinook es su *anadromía*: sus poblaciones realizan extensas migraciones desde el océano hacia aguas continentales ("retorno", "remonte" o "corrida" del Inglés *run*) donde ocurre la reproducción o desove. La evidencia científica

demuestra que los adultos vuelven a desovar a su río natal con extraordinaria precisión, lo que se conoce como *homing*, y estaría explicado por señales magnéticas, celestiales y hormonales (Quinn, 2005; Groot & Margolis, 1991). Además, existe una enorme variación ecológica y genética entre poblaciones nativas, con algunas remontando aguas continentales en *Primavera*, *Verano*, *Otoño* e incluso *Invierno* (Banks *et al.* 2000); sin embargo, la gran mayoría desova en *Otoño* con algunas excepciones (Quinn, 2005). Los desovantes pueden pertenecer a dos o tres grupos de edad o cohortes, lo que sugiere que pueden madurar y emigrar a los ríos a diferentes edades (Figura 2). La reproducción está mediada por un proceso intrincado de cortejo entre el macho y la hembra. La hembra selecciona, prepara y custodia los sitios de ovipostura en el lecho del río, conocidos como "nidos" (del Inglés *redds*), los que pueden encontrarse a cientos de km de la desembocadura del río. Una vez formada la pareja reproductiva, el macho libera la esperma que fertilizará los huevos (Quinn, 2005). Luego de emerger de la grava, los juveniles permanecen en agua dulce hasta por un año (raza "stream"), en el caso de los que remontan en *Primavera*, o emigran inmediatamente al océano (raza "ocean"), que es generalmente el caso de los que remontan en *Otoño* (Quinn, 2005).

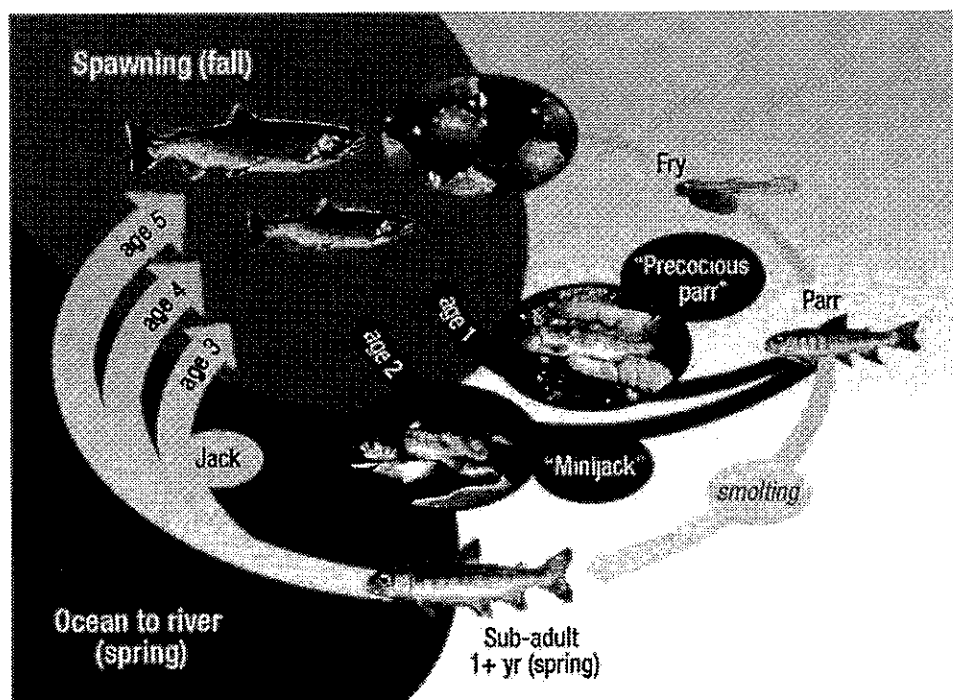


Figura 2. Modelo conceptual del ciclo del Salmón Chinook en poblaciones nativas de Norte América. **Inferior Izquierda (azul)**, Emigración del océano al río: ocurre en Primavera después de 3 – 5 años creciendo en el océano; **Superior Izquierda (rojo)**, Desove: ocurre

en Otoño; **Derecha (celeste)**: desarrollo de juveniles en agua dulce desde alevín con saco a parr y subadulto que pueden permanecer durante un año (raza "stream") o emigrar inmediatamente al océano a completar el ciclo (raza "ocean"). Fuente: [www.nwfsc.noaa.gov](http://www.nwfsc.noaa.gov).

La complejidad del ciclo de vida del salmón del Pacífico lo ha hecho especialmente vulnerable a los impactos antropogénicos, los que han alterado significativamente los regímenes de perturbaciones naturales en ambos hábitats (Waples *et al.* 2009). En el caso particular del Salmón Chinook en Norte América, muchas poblaciones enfrentan retos considerables de conservación como resultado de la disminución histórica de la abundancia y pérdida de hábitat por uso alternativo de las aguas (e.g., proyectos hidroeléctricos) (Myers *et al.* 1998; Good *et al.* 2005).

*Salmón Chinook en el Hemisferio Sur y Chile.*—Las poblaciones de Salmón Chinook introducidas en Nueva Zelanda y Sudamérica han incrementado su abundancia de forma exponencial desde que artificialmente colonizaron estas latitudes (Soto *et al.* 2007; Correa & Gross, 2008). Las primeras introducciones de Chinook al Hemisferio Sur datan de 1875, a partir de envíos realizados desde el Río Sacramento en California (EEUU) a Nueva Zelanda (McDowall, 1994). Durante este tiempo también se realizaron envíos a América Latina, incluyendo Chile (Joyner, 1980; Welcomme, 1988). En nuestro país, los registros indican que los primeros intentos de introducir Salmón Chinook datan de 1886 desde París, Francia, y en 1924 y 1930 desde California (Basulto, 2003). No obstante, debido a que los esfuerzos fueron infructuosos, no se registraron mayores importaciones por aproximadamente medio siglo. En 1969 se generó un programa para volver a introducir Chinook en Chile, lo cual involucró esfuerzos de cooperación por parte del Gobierno y el Cuerpo de Paz de los EE.UU. Los embriones fueron trasladados a Chile en excelentes condiciones (Basulto, 2003); sin embargo, este programa fue suspendido y sus resultados no fueron evaluados oficialmente, por lo que no se informó sobre salmones repatriados. Una década después se realizó el primer experimento comercial de *sea ranching*, es decir la liberación de juveniles en ambientes marinos y estuarinos no cerrados para su cultivo, los que posteriormente se capturarían de un tamaño más grande cerca de Ancud (Anonymous, 1979; Joyner, 1980). Un criadero sencillo fue construido en la Isla de Quinchao en el pueblo de Curaco de Vélez, en la que se almacenaron cientos de miles de *smolts*, de los cuales posteriormente en 1979, varios cientos de Chinook adultos regresaron desde el océano (Fundación Chile, 1990).

Las poblaciones de Salmón Chinook en la Patagonia Chilena y Argentina continúan expandiéndose (Basulto, 2003; Becker *et al.* 2007; Soto *et al.* 2007; Correa & Gross, 2008;

Di Prinzio & Pascual, 2008; Fernandez *et al.* 2010). Usando aproximaciones genéticas se ha resuelto el diverso origen geográfico de los primeros Chinook invasores desde poblaciones del Hemisferio Norte, incluyendo Oregon y Washington (EEUU), Columbia Británica (Canadá) e incluso Nueva Zelanda (Riva-Rossi *et al.* 2012). Por otro lado, muchos aspectos ecológicos sobre crecimiento, abundancia y distribución de edades, por ejemplo, en el carismático Río Petrohué (X Región), han sido diseminados durante la última década (Soto *et al.* 2006; Soto *et al.* 2007). Otros más recientes sobre las poblaciones de la Patagonia Sur (Río Aysén) han comenzado a conocerse (Niklitschek & Toledo, 2011). ***Sin embargo, la ecología, abundancia e historias de vida del Salmón Chinook en el límite norte de su distribución en Chile—la cuenca del Río Toltén—son muy poco conocidos.*** En efecto, en esta cuenca se ha descrito una población importante de esta especie y que sustenta una importante actividad pesquera (Correa & Gross, 2008; SERNAPESCA, 2012), pero de la cual se desconocen aspectos *ecológicos, genéticos, reproductivos, sanitarios y ambientales* que permitan implementar y reglamentar una actividad extractiva incipiente. La presente propuesta pretende llenar este vacío importante de conocimiento.

*Evaluación del retorno en Salmón Chinook en el Río Toltén.*—Los estudios poblacionales del Salmón Chinook han estado orientados a caracterizar el retorno del *stock* desovante o *run* (Quinn, 2005). En Norteamérica esta actividad se ha desarrollado desde los años 1940s, con el fin de mejorar la estimación del número de salmones Chinook adultos que son capturados y los que escapan de la pesquería (*escape*; Bergman *et al.* 2012), siendo claves en la gestión del desarrollo sostenible de las pesquerías llevadas a cabo en el océano y en las zonas interiores de los estuarios (Simmonds & MacLennan, 2005; CEN, 2006; Rodríguez *et al.* 2012). Adicionalmente, Howard & Evenson (2010) sugieren el desarrollo de actividades que incluyan muestreos biológicos, por medio del cual se lograría apoyar aún más el correcto manejo de las divisiones de pesca recreativa y comercial. Uno de los grandes problemas que se presenta a la hora de estimar el retorno, es la remoción que sucede en las zonas oceánicas cercana a la costa y zonas estuarinas. En base a lo anterior, para estimar el retorno de manera más certera se necesitan datos fiables de las remociones que se realizan en la zona estuarina (captura) y sobre el número de salmones que llegan a desovar (*escape*), y de esta forma poder desarrollar una adecuada gestión de la pesca en relación al retorno (captura + *escape*) en todo el sistema fluvial (Lilja *et al.* 2010).

En la zona costera y a lo largo de la cuenca del Río Toltén existen distintos usuarios que ejercen presión de pesca sobre este recurso. En la zona costera se encuentran los pescadores artesanales de Queule, que lo extraen principalmente como pesca incidental de

la pesquería de la corvina y la reineta. En la zona estuarina (caleta La Barra) el Salmón Chinook es pesca objetivo durante los meses que dura el retorno. Hacia el curso medio y superior se encuentran los usuarios de la pesca recreativa que empiezan en Nueva Toltén y llegan hasta el sector de Villarrica-Pucón por el lado sur de la cuenca y Cunco-Melipeuco por el lado norte. Finalmente, otro grupo de usuarios son los pescadores furtivos, que principalmente están concentrados en las zonas más altas del curso superior, cercanos a los sitios de desove del salmón (Figura 3).

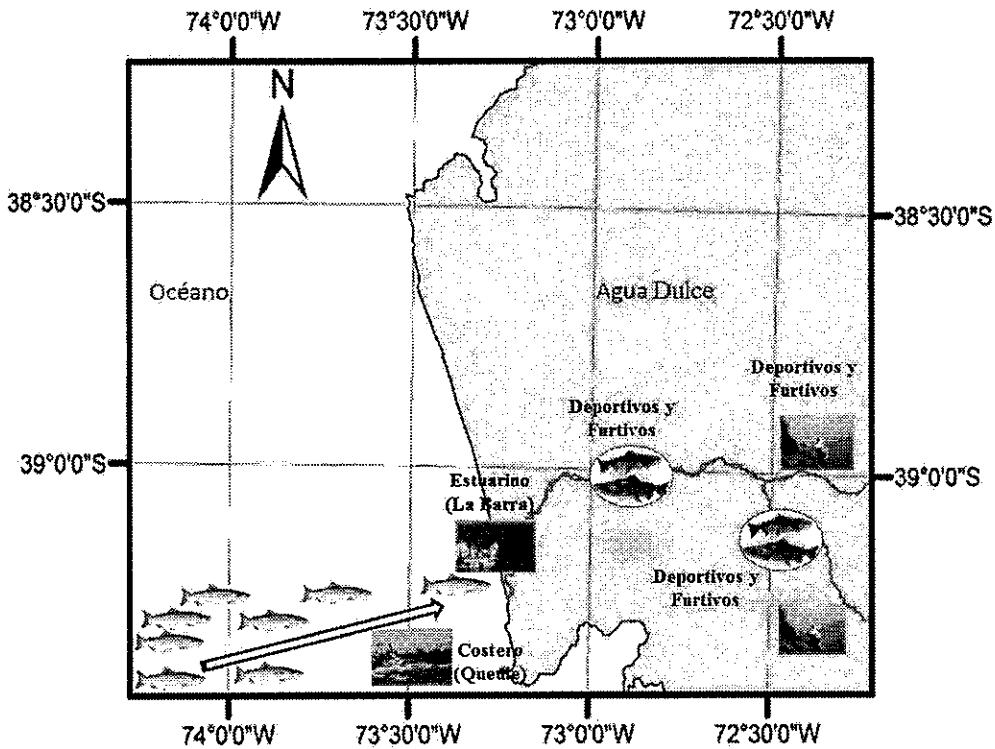


Figura 3. Mapa de la cuenca del Río Toltén con los principales usuarios del Salmón Chinook.

Para los fines de este estudio, el *Run* se consideró como toda la captura que se obtuvo por parte de la flota de caleta "La Barra", que operó en el estuario del Río Toltén, es decir desde la desembocadura del Río Toltén hasta Toltén Viejo (sector el Cementerio), durante el periodo de noviembre 2014 a febrero 2015. Con respecto al escape, éste se consideró desde que llegaron los salmones Chinook a la estación de muestreo hidroacústico, ubicado en las cercanías del puente Peule en la proximidad de Nueva Toltén.

*Estimación del escape mediante hidroacústica.* —La estimación del escape de Salmón Chinook se han desarrollado con variadas técnicas, que incluyen: conteo de cadáveres (marcaje y recaptura), conteos visuales de peces vivos, estudios de nidos y últimamente a



través de dispositivos contadores. Estos dispositivos son un método eficaz para estimar el escape total con exactitud y precisión cuando son utilizados de forma apropiada, permitiendo una evaluación precisa y consistente, mediante un registro continuo (Simmonds & MacLennan, 2005; Trenkel *et al.* 2009; Bergman *et al.* 2012). Dentro de este tipo de sistemas encontramos: cámaras aéreas de video tradicional, vaki (sistema *riverwatcher*) y conteo mediante tecnología hidroacústica-sonar (Bergman *et al.* 2012).

En términos generales la tecnología hidroacústica, opera mediante la emisión de ondas de sonido desde un equipo transductor, donde un volumen de la columna de agua es insonificada y por consiguiente, cuando los peces atraviesan este campo, generan ecos hacia los equipos receptores, que posteriormente convertirán las ondas de sonido (recibidas) en imágenes o ecogramas (Simmonds & MacLennan, 2005). Las ventajas de esta tecnología son la disponibilidad de la distribución espacial de los blancos acústicos, un menor esfuerzo de muestreo y un rápido análisis de los datos (Simmonds & MacLennan, 2005). Para ello existen dos técnicas de procesamiento de señal que estiman el número de objetos detectados por un sistema acústico: conteo de ecos e integración de ecos. El conteo de ecos consiste en la obtención de ecos de peces individuales con un nivel superior al umbral de tensión establecido, que son contados y relacionados con el volumen del haz de emisión. El principal requerimiento de esta técnica es la necesidad de una resolución tal que permita identificar blancos individuales. La capacidad para identificar blancos individuales depende de la geometría del haz emitido y de la longitud del pulso. Una mayor resolución vendrá dada por el uso de haces muy estrechos emitiendo pulsos de corta longitud. Esta técnica resulta apropiada en las que la densidad de peces no sea elevada (ecos individuales). Sin embargo, cuando la concentración de peces es elevada, se requiere estimar la densidad de un cardumen de peces, es necesario recurrir al método de integración de ecos, que mide la energía total reflejada por una concentración de peces. Es por esto que es muy importante tener claro el tipo de estudio que se hace, ya que los métodos acústicos para estimar la abundancia de peces se basan en el conocimiento previo de la reflectividad (fuerza de blanco o *target strength*, *TS*) de éstos, según su talla, morfología y fisiología (Foote, 1987), no siendo así el caso del conteo de blancos individuales o eco-conteos, en donde se pueden realizar experimentos *in situ* para conocer la especie en estudio que está siendo insonificada.

La utilización de ecosondas como métodos de eco-conteo han sido limitados a pesar de su gran potencial, ya que permitirían estimar insesadamente el número de peces individuales, esto principalmente cuando las densidades de peces que están siendo insonificados son muy grandes (MacLennan & Mackenzie, 1988). Así mismo, con el fin de evaluar la factibilidad

técnica y los desafíos metodológicos de la aplicación de esta nueva tecnología, se han desarrollado campañas experimentales de muestreo de adultos retornantes de salmones Chinook por medio de (1) cámara video-acústica DIDSON *Sound Metrics Corporation* (Maxwell & Gove, 2007; Niklitschek *et al.* 2011; Hughes & Hightower, 2015) de frecuencia dual (1,1/1,8 MHz) y (2) tecnología *split-beam* (Crane & Dunbar 2011; Hughes & Hightower 2015).

La cámara DIDSON, utiliza tecnología sonar de dos frecuencias, alta frecuencia 1,8 MHz y baja frecuencia 1,1 MHz para producir imágenes de alta calidad bajo el agua. Esta tecnología se ha expandido notablemente en estudios de las ciencias pesqueras y ha sido utilizada con éxito mayoritariamente en programas de estimación de abundancia de salmones en los ríos de Alaska (Maxwell & Gove, 2004; McEwen, 2005; Maxwell & Gove, 2007; Burwen *et al.* 2007; Dunbar & Pfisterer, 2009), entregando información de la cantidad de peces, del tamaño, la forma y las características de natación (Eilers *et al.* 2010; Crane *et al.* 2011; Mercer & Wilson 2011).

Uno de los métodos que complementaría de buen modo la estimación del escape de salmones por medio de eco-conteo sería la tecnología *split-beam* (Crane *et al.* 2011) utilizada con éxito por *Alaska Department of Fish and Game* (ADF&G) en la estimación de peces por día y estimación total del escape (Mercer & Wilson 2012). Actualmente la hidroacústica ha sido reconocido por el Comité Europeo de Normalización (CEN) como un método formalmente aprobado para el muestreo de peces, presentando una gran idoneidad en la proporción de estimas de abundancia de peces en las aguas medias de grandes ríos, en aguas de transición, y en las zonas pelágicas y profundas de los lagos (CEN, 2006).

En Chile son escasos los trabajos que han utilizado eco-conteos acústicos para abordar el desafío de estimar el tamaño del retorno de especies anádromas asilvestradas, como por ejemplo el Salmón Chinook. El run del Salmón Chinook en la cuenca del Río Toltén brinda una gran oportunidad para la utilización de metodologías hidroacústicas en el estudio de su tamaño y modalidad.

*Estadísticas pesqueras.* —La información fidedigna de captura y esfuerzo son piezas fundamentales en el estudio de recursos sometidos a explotación pesquera. A partir de esta información se construye el estadístico captura por unidad de esfuerzo (CPUE), que puede ser un índice que represente adecuadamente los cambios en abundancia que experimenta una población (Bataille & Quinn, 2004). Los índices de abundancia relativa basados en CPUE

pueden ser mejorados mediante estandarización (Maunder & Punt, 2004; Ortiz & Arocha, 2004), con el objeto de remover el impacto de factores externos.

Caleta La Barra, reconocida oficialmente por el Decreto N° 240/98 y cuyos pescadores están inscritos en el RPA, se emplaza al costado sur de la desembocadura del Río Toltén, (Lat: 39°15's; G: 073°13'w) a 108 km de Temuco. Es una caleta rural que tiene una antigüedad aproximada de 100 años, a pesar de los informes de la municipalidad de Toltén de que serían de 45 años, tiene una población aproximada de 270 personas de las cuales 46 son pescadores artesanales. Su actividad principal es la pesca con redes de enmalle en el río donde capturan corvinilla, pejerrey y robalo. Sin embargo, a comienzo del año 2006, la pesca del Salmón Chinook se transformó en su actividad principal, la que dura aproximadamente 3 meses. Por su ubicación y por albergar a uno de los actores más importantes, Caleta La Barra se convirtió en uno de los enclaves más importantes del proyecto en la cuenca del Río Toltén.

En el caso particular de la pesquería del Salmón Chinook, en el sector de "La Barra", los cambios espaciales en la distribución del esfuerzo dependen exclusivamente de la disponibilidad de caladeros de pesca y la hora de las mareas llenantes con las cuales ingresan los pulsos de salmones retornantes. Adicionalmente, la adaptación por parte de los pescadores a esta nueva pesquería y los mínimos avances tecnológicos que ha experimentado el arte de pesca en los últimos 6 años, refuerzan la idea de que la CPUE para el Salmón Chinook puede constituir un buen estimador de la abundancia relativa.

*Genética.*—Las herramientas moleculares han sido históricamente aplicadas en el estudio de los salmónidos y su administración, principalmente en su rango nativo (Banks *et al.* 2000; Di Prinzio 2001; Hess *et al.* 2011; Limborg *et al.* 2014; Riva Rossi *et al.* 2012; Winkler *et al.* 2011). Los estudios genéticos moleculares proporcionan una visión excepcional de las relaciones entre poblaciones, y por lo tanto una aproximación para entender patrones de migración y evolución en poblaciones nativas e introducidas. Por otro lado, la filopatría o homing, característica de *Oncorhynchus tshawytscha*, por su río de origen permiten una fina adaptación al ambiente local, originando poblaciones discretas y reproductivamente aisladas, y permite la evolución de diferentes historias de vida (Dittman & Quinn 1996). Esta diferenciación también facilita la estimación de la población de origen de cualquier individuo muestreado y la proporción de mezcla entre individuos de distintas poblaciones mediante identificación genética de stocks (GSI, sigla en inglés) (Ackerman *et al.* 2011). Esta tecnología de identificación de poblaciones se está utilizando cada vez más en las

aplicaciones de gestión de estas especies en su rango nativo para complementar (y en algunos casos sustituir) etiquetas físicas y estimar el origen de los individuos o las mezclas de estos (e.g salmón del Pacífico, Seeb *et al.* (2000), Templin *et al.* (2012)). Para esto se utiliza la estructura genética de las poblaciones desovantes de una especie como línea base, para luego estimar las proporciones de mezclas poblacionales, los genotipos en la mezcla, y la frecuencia de las marcas genéticas con respecto a una población de referencia. De esta manera, el pez capturado a partir de un stock mezclado puede ser genotipificado y asignado de nuevo a su población o grupo de origen (Ackerman *et al.* 2011). En el presente estudio se utilizarán polimorfismos de único nucleótido (SNPs) (Seeb *et al.* 2011) en conjunto con principios de genética de poblaciones para dilucidar el origen de las poblaciones del Salmón Chinook que habita la cuenca del Río Toltén.

*Hidrología y desarrollo hidroeléctrico en la cuenca del Río Toltén.* —La cuenca hidrológica del Río Toltén tiene una superficie de 7,886 km<sup>2</sup> y está ubicada en la Región de la Araucanía. En la zona cordillerana se caracteriza por la presencia de numerosos lagos, entre ellos el lago Villarrica, el Caburga y el Colico. Está compuesta por las subcuencas del Río Allipén, del Río Trancura y del Río Toltén. La subcuenca del Allipén se emplaza desde el nacimiento del Allipén hasta su junta con el Río Toltén. Los mayores caudales ocurren entre mayo y agosto, producto de lluvias invernales. Entre octubre y diciembre se observa una leve influencia nival, para luego caer durante los meses de verano. La subcuenca del Río Trancura se ubica desde el nacimiento del Río Trancura hasta su desembocadura en el lago Villarrica. Los mayores caudales ocurren entre mayo y julio, producto de lluvias invernales, mientras que en primavera se observan escurrimientos de consideración, producto de los deshielos. Los menores caudales se presentan entre enero y marzo. La subcuenca del Toltén se emplaza desde el lago Villarrica hasta la desembocadura del Río Toltén en el océano Pacífico. Los mayores caudales ocurren entre Junio y Agosto, producto de importantes lluvias, mientras que los menores se presentan entre Enero y Abril. Por lo tanto, se observa un claro régimen pluvial en la parte baja de la cuenca y en la parte alta se aprecia un régimen pluvio- nival (Figura 4).

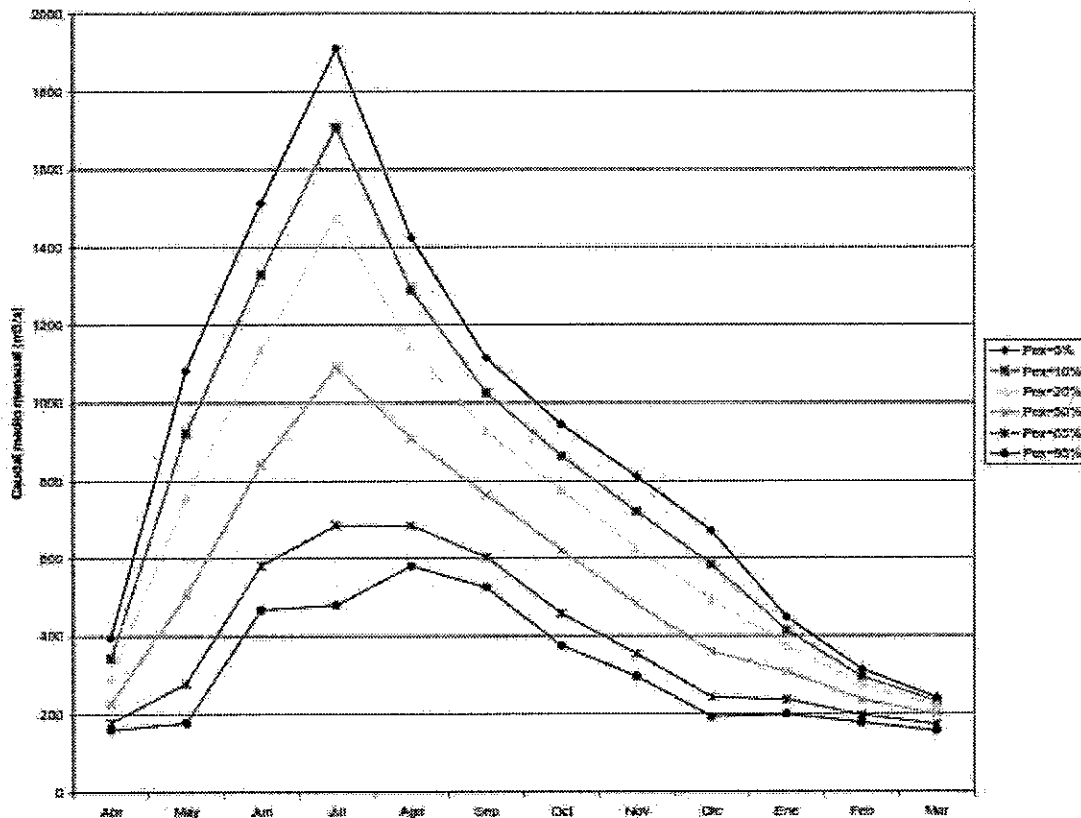


Figura 4. Curvas de variación estacional de la estación de la Dirección General de Aguas en el Río Toltén en Teodoro Schmidt. Fuente: "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según objetivos de calidad, Cuenca del Río Toltén 2004"

Las ventajas de la hidroelectricidad son bien conocidas en nuestro país. Es por esto que se considera una fuente de energía de origen nacional, sustentable si está bien operada, económica, no-consuntiva (no consume el agua, la devuelve a los cauces), no contaminante, y para el caso de Chile, que otorga un bajo aporte de gases invernadero y material particulado. Debido a lo anterior el Ministerio de Energía de Chile declaró que "De acuerdo a estudios encargados por el Ministerio de Energía, se estima que, en un escenario conservador, el potencial hidroeléctrico entre las cuencas del Aconcagua y Puelo superaría los 10.000 MW de capacidad" ("*Agenda de Energía, un desafío país, progreso para todos, 2014*"), y en particular la Cuenca del Toltén se visualiza como la 4ª cuenca a nivel país para desarrollo hidroeléctrico con un potencial de 900 MW por desarrollar.

Sin embargo, el que la hidroelectricidad sea renovable y económicamente sustentable para el país no significa en absoluto que ésta sea necesariamente socio-ambientalmente

sustentable. Los proyectos hidroeléctricos tienen impactos a escala local y de cuenca, que pueden conllevar una serie de impactos socio-ambientales, tanto en los sistemas ecológicos (ciclo de vida del Salmon Chinook), como en los sistemas socio-económico-culturales (pesca artesanal, pesca recreativa, turismo, visiones culturales respecto al agua, agua potable rural, entre otros), que pueden ser decisivos en el futuro del entorno del proyecto (Petts, 1984; Goodland, 1997; WCD, 2000; Truffer *et al.* 2003; y literatura específica para Chile: EULA-UdeC, 2007; Meier, 1993, 1995, 2011).

Por otro lado, existe consenso internacional respecto a seleccionar adecuadamente los sitios para ejecutar estos proyectos, mediante sistemas de planificación estratégica, lo que puede entregar un alto grado de sustentabilidad al desarrollo hidroeléctrico nacional (Ledec y Quintero, 2003). Además, en un mismo emplazamiento se pueden desarrollar proyectos alternativos en cuanto a diseño y operación que generen casi la misma cantidad de energía, pero con impactos muy bajos (WCD, 2000). En este capítulo, se recopiló la información entregada en el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) sobre proyectos de desarrollo hidroeléctrico que actualmente (24/7/2015) están siendo evaluados para la cuenca del Río Toltén.

*Actores relevantes en el manejo del Salmón Chinook del Río Toltén.* —El Río Toltén y sus tributarios conforman un espacio de gran riqueza biológica y cultural, cuyos orígenes se remontan a territorios marcados por la cultura mapuche-lafkenche y la influencia de misiones religiosas europeas (Neira, 2005), además del gran hito que significó el maremoto para los poblados ribereños, a mediados del siglo XX. Las comunas que bordean la cuenca poseen diversas realidades socioeconómicas, evidenciándose porcentajes de pobreza que superan el índice regional (Tabla 1), lo que configura un espacio territorial complejo en cuanto al manejo de las necesidades de los habitantes del territorio y sus relaciones con los recursos naturales disponibles.

Tabla 1. Datos Comunales Población y Pobreza. Datos obtenidos en: Proyección de Población 2012 INE y CASEN 2003-2009. Elaboración Propia

| Comuna/Localidad       | Población Año 2012 | % total de pobreza comunal al 2009 |
|------------------------|--------------------|------------------------------------|
| Toltén                 | 10.054             | 18,6                               |
| Freire                 | 28.036             | 31                                 |
| Teodoro Schmidt        | 15.788             | 27                                 |
| Pitrufquén             | 24.167             | 25,6                               |
| Cunco                  | 18.948             | 31,9                               |
| Melipeuco              | 5.411              | 24                                 |
| Villarrica             | 59.518             | 19                                 |
| Pucón                  | 33.335             | 15                                 |
| Curarrehue             | 7.715              | 19                                 |
| Región de la Araucanía | 986.397            | 22,9                               |

Sin embargo, el territorio presenta un gran potencial debido a las riquezas naturales que posee y que aportan al desarrollo local de las Comunas que lo conforman, tanto en el ámbito productivo, como energético y/o turístico. En este marco, el Salmón Chinook ha significado una gran oportunidad para las comunas y actores locales, tanto en términos de subsistencia para potenciar la disminuida pesca artesanal en el estuario, como también un atractivo fundamental para la pesca recreativa; actividades que hoy conviven dentro de un mismo cauce.

En la propuesta del presente proyecto, se consideraron tres ámbitos de actores relacionados con el Salmón Chinook, de relevancia para este estudio: la captura, la comercialización y el turismo; además de las instituciones fiscalizadoras asociadas. En este sentido, a nivel de captura se identificó originalmente a los artesanales, los recreativos y los furtivos. En la comercialización principalmente los intermediarios que hoy sacan el producto fuera de las Caletas y en turismo una variedad de actores asociados a la puesta en valor del recurso para actividades turísticas, tal como lo muestra la Figura 5:

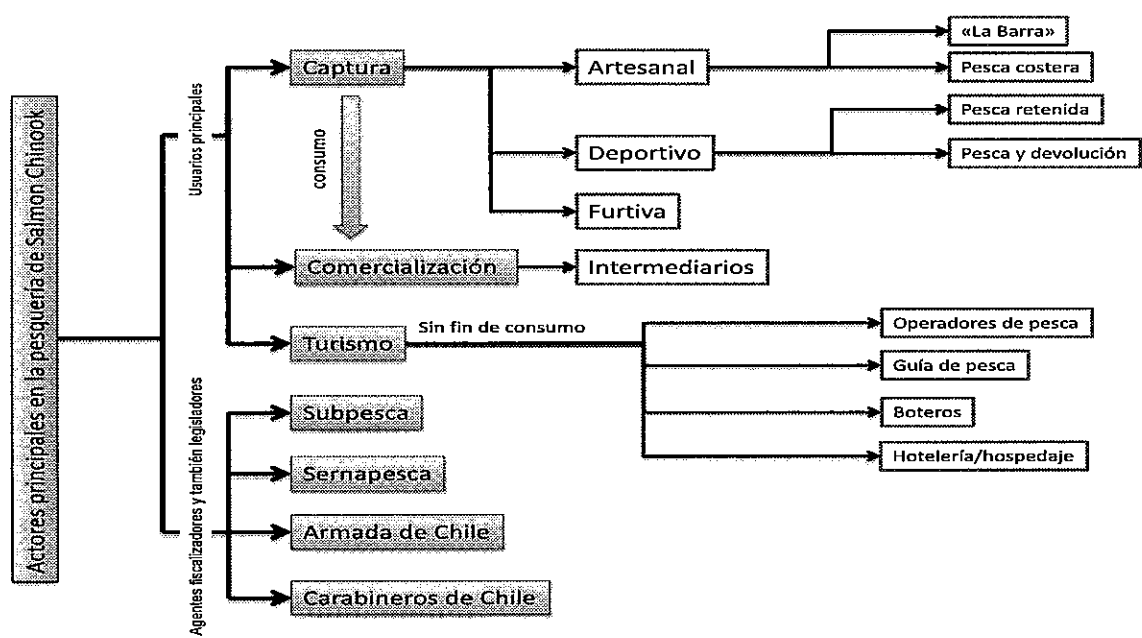


Figura 5. Actores principales en la pesquería del Salmón Chinook.

En el transcurso del estudio se identificaron nuevos actores presentes en la cuenca, como las comunidades indígenas, que son parte de los resultados. En este marco, esta diversidad de actores y la necesidad de sustentar el recurso del Salmón Chinook en el tiempo, requirieron en primer lugar de un diagnóstico local, que involucrara el ciclo biológico de la especie, pero también el ciclo social asociado al recurso. En este ámbito, se hizo necesario identificar claramente a todos los actores asociados hoy a este recurso, sus necesidades y demandas, sus formas de organización, sus expectativas y su visión de futuro. Este diagnóstico social fue el primer paso del Objetivo 3 del presente estudio, que dio pie a la propuesta preliminar de manejo consensuado, referida a *protocolos de acuerdo*, fruto de un proceso participativo entre todos los *stakeholders* de la cuenca. Por tanto fueron los propios usuarios del Salmón Chinook que sentaron las bases para una toma de decisiones en torno a la regulación de su captura, con una visión de futuro sustentable para el recurso y para quiénes lo aprovechan. Se propone, además, un *protocolo de uso* para cada stakeholder que integra los resultados de los tres objetivos originalmente planteados.



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo General**

Evaluar el estado de las poblaciones, las características y opciones de manejo del Salmón Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*), en la cuenca del Río Toltén en la región de la Araucanía.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- 3.2.1. Objetivo Específico 1: Realizar la determinación espacio-temporal de la abundancia, estructura de talla y peso, estadios de madurez sexual y edad, patrones de migración y condición sanitaria de esta especie durante el tiempo de permanencia en la cuenca del Río Toltén y área marítima adyacente.
- 3.2.2. Objetivo Específico 2: Suministrar datos espaciales para el manejo integrado de la población del Salmón Chinook bajo un enfoque de manejo de cuenca.
- 3.2.3. Objetivo Específico 3: Organizar y desarrollar una propuesta de manejo del Salmón Chinook consensuada a escala de la cuenca.

#### **4. METODOLOGÍA DE TRABAJO**

##### **4.1. Área de estudio y estrategia de muestreo**

El área de estudio es la cuenca del Río Toltén (Figura 6) perteneciente a la Región de la Araucanía cuya superficie (8,398 km<sup>2</sup>), variedad climática e hidrológica la convierte en una de las principales cuencas de Chile (Vargas *et al.* 2010). Según Dirección General de Aguas (2004), esta cuenca nace en el extremo poniente del Lago Villarrica, donde se ubica la ciudad de este nombre, una de las más antiguas de Chile. Los tributarios del curso medio e inferior tienen un marcado paralelismo con la dirección SE a NW del Toltén entre su nacimiento y la junta con el Allipén. A partir de Pitrufquén, a unos 40 km de su origen, el lecho es ancho, de poca pendiente y, por lo tanto, tortuoso. El río, ya engrosado con las aguas del Allipén, se divide en numerosos brazos que vuelven a juntarse dejando otras tantas islas entre sí, lo que le confiere el carácter de anastomosado. Tras 123 km, a la altura de la Comuna de Teodoro Smith, la cuenca desemboca en el mar al norte de la punta Nilhue, presentando un ancho superior a 500 m. Durante la última década, los avistamientos de Salmón Chinook se han expandido en toda la superficie de la cuenca. Estudios del establecimiento, contenido gástrico, preferencias de microhábitat del Salmón Chinook en ríos de la cuenca del Río Toltén y reportes de avistamiento de ejemplares reproductores por guías de pesca con mosca del Chinook en esta cuenca, destacan la importancia de la subdivisión del área en integrativas estaciones de muestreo de la cuenca, según períodos o épocas del año, dado su historia de vida en el Río Toltén (Vargas *et al.* 2010; Hidalgo, com. pers.; Salas com. pers.; Valdevenito, com pers.), Río Petrohué (Soto *et al.* 2006; Correa & Gross, 2007; Soto *et al.* 2007) y otros ríos de la Patagonia Chilena (Ibarra *et al.* 2011).

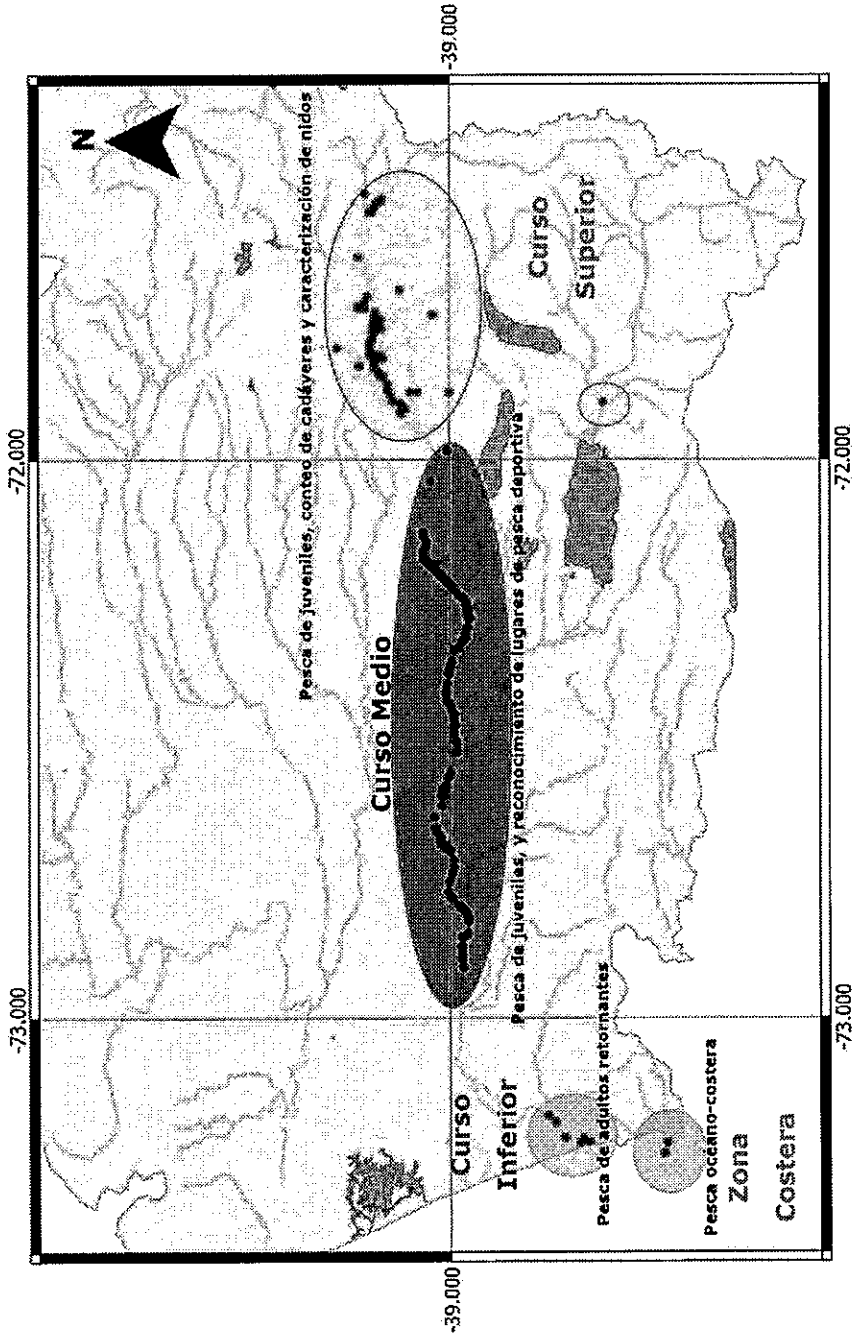


Figura 6. Sitios de muestreo en la cuenca del Río Toltén. Zona costera: Queule, pesca océano-costera de adultos, pesca con redes de enmalle con embarcaciones mayores (azul); Curso Inferior: La Barra, Pesca de adultos retornantes, pesca artesanal con redes de enmalle con embarcaciones menores y pesca recreativa (verde); Curso Medio: Allipén – Toltén, pesca de juveniles y reconocimiento de lugares de pesca deportiva (rojo); Curso Superior: Llama – Villarica, pesca de juveniles, conteo de cadáveres y caracterización de nidos, pesca eléctrica (amarillo). Para mayor información acerca de las características de los artes usados en el sector costero e inferior, revisar Anexo 25.

Se realizaron múltiples campañas de muestreo de adultos y juveniles de Chinook durante el desarrollo del proyecto, las que aparecen individualizadas en la Figura 7.

Durante los muestreos a la fecha y los futuras campañas, se ha implementado el protocolo de bioseguridad para didymo siguiendo los delineamientos del "*Manual para el Monitoreo y la Identificación de la microalga bentónica Didymosphenia geminata*" de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Díaz *et al.* 2011). Se han usado tanto medidas preventivas como procedimientos de limpieza y desinfección para evitar la dispersión de esta microalga.

#### **4.2. Identificación del arte, aparejo o sistemas de pesca**

Marcaje: mediante marcas tipo "ancla" (T-bar anchor tags de Floy tag, Seattle) en adultos retornantes, para estimar abundancia y tiempo de residencia en agua dulce. Una vez marcados los adultos fueron liberados al río.

Conteo hidroacústico: ecosonda científico SIMRAD EK60 para el conteo de adultos retornantes mediante identificación y análisis de ecogramas.

Redes de enmalle: redes de enmalle de monofilamento, de 50 m de largo con un porcentaje de embande del 50%. El tamaño de la malla es de 1" (juveniles y subadultos) y 5" (adultos retornantes), con una boyantez de 15 Kg y un peso total de 20 kg en la línea de los plomos. Estas redes se calaron, alternadas y equidistantes, perpendicular al lecho del río, para la captura letal y no-letal de adultos retornantes, y juveniles emigrantes en curso inferior de la cuenca y desembocadura. El tiempo estimado de reposo de las redes fue menos de tres horas.

Anzuelos: en forma complementaria se realizaron capturas con anzuelos con líneas de mano o caña.

Pesca eléctrica: mochila de pesca HallTech 2000 con un rango de amperaje que va desde los 2,5 a los 6 amperes y un voltaje máximo de 600V. La mochila permite una mayor movilidad en el agua y una adaptación a las condiciones del terreno. El equipo utilizado posee los mismos componentes básicos: un generador, un transformador-rectificador y dos electrodos, cátodo y ánodo. A esto se deben sumar las sacadoras o redes para sacar los peces que se encuentren bajo el efecto anonadante; para la captura de juveniles y subadultos en la curso medio y superior de la cuenca.

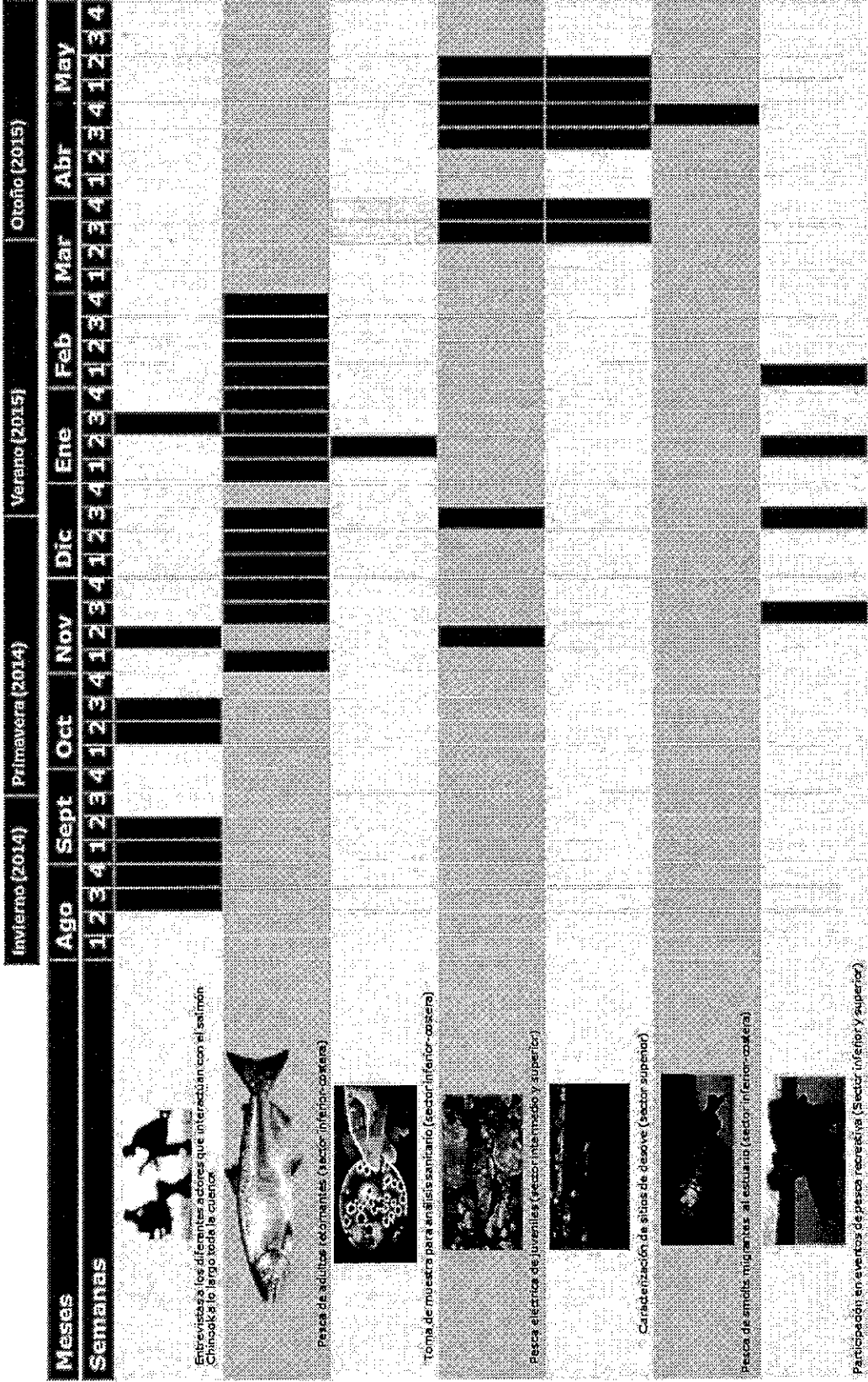


Figura 7. Cronograma de actividades de muestreo desarrolladas a lo largo del proyecto

### **4.3. Objetivo Específico 1**

Realizar la determinación espacio-temporal de la abundancia, estructura de talla y peso, estadios de madurez sexual y edad, patrones de migración y condición sanitaria de esta especie durante el tiempo de permanencia en la cuenca del Río Toltén y área marítima adyacente.

#### **4.3.1. Revisión bibliográfica**

Se realizó una búsqueda bibliográfica del estado del arte, con especial énfasis en los avances científicos logrados durante los últimos años en el Salmón Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) en su rango de distribución natural e introducida en Chile. La revisión incluyó aspectos biológicos, reproductivos, manejo pesquero, sanitarios, ambientales, entre otras.

Para la búsqueda bibliográfica se consideró recopilar y analizar la información disponible en: i) revistas (journals) de bibliotecas nacionales e internacionales; ii) tesis de pre y post-grado; iii) bibliotecas y base de datos de proyectos disponibles en SERNAPESCA, Fondo de Investigación Pesquera (FIP) e IFOP; iv) FONDEF; v) FONDECYT; vi) INNOVA; vii) MMA; viii) SalmonChile; ix) CONAF; y, x) material disponible en bases de datos nacionales e internacionales.

Se utilizó diversas herramientas de búsqueda disponibles en internet, como por ejemplo ISI Web of Knowledge (<http://portal.isiknowledge.com/>), Google Académico (<http://scholar.google.es/>), considerando las siguientes palabras claves (español o inglés, según corresponda), individuales o en combinaciones: Salmonidae, Salmón Chinook, abundancia de poblaciones, biología reproductiva, hábitat, migraciones, pesquería y manejo, condición sanitaria, efectos sobre otras especies, conservación, unidad evolutiva, unidad demográfica, genética, genética pesquera, parásitos, pesquerías, stock pesquero, stock ecológico, stock genético, parámetros de historia de vida, microquímica, perfiles de ácidos grasos, morfología y morfometría corporal.

A continuación se detalla el listado de revistas nacionales, internacionales, bases de datos, y links utilizado para esta revisión bibliográfica:

i) Revistas de investigación nacionales (incluyendo algunas discontinuadas) e internacionales:

1. Biological Research, publicada por de Sociedad de Biología de Chile ISSN 0716-9760.
2. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción / Sociedad de Biología de Concepción ISSN: 0037-850X.
3. Gayana publicada por Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Universidad de Concepción ISSN: 0717-652X
4. Gayana publicada por la Facultad de Ciencias Biológicas y de Recursos Naturales. Universidad de Concepción. ISSN: 0016-531X.
5. Investigaciones Marinas publicada por Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso ISSN 0716 - 1069
6. Revista Chilena de Historia Natural publicada por la Sociedad de Biología de Chile. ISSN 0716-078X.
7. Revista de Biología Marina y Oceanografía publicada por la Universidad de Valparaíso, Facultad de Ciencias del Mar. ISSN: 0717-3326.
8. Revista de Biología Marina publicada por la Universidad de Valparaíso, Instituto de Oceanología. ISSN 0080-2115.
9. Biología pesquera, Biota, Medio Ambiente (discontinuadas)

Revistas de investigación internacionales:

1. Aqua-Journal of Ichthyology & Aquatic Biology
2. Aquaculture
3. Aquaculture and Fisheries Management
4. Aquaculture Economics & Management
5. Aquaculture International
6. Aquaculture Research
7. Aquarium Sciences and Conservation
8. Aquatic Living Resources
9. Aquatic Toxicology
10. Archive of Fishery and Marine Research
11. Biology of Reproduction
12. Bulletin of Fisheries Research and Development Agency
13. Bulletin of Marine Science
14. California Fish and Game

15. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
16. Canadian Journal of Zoology
17. Conservation Biology
18. Conservation Genetics
19. Copeia
20. Ecology of Freshwater Fish
21. Environmental Biology of Fishes
22. Estuarine, Coastal and Shelf Science
23. Evolution
24. FAO Fisheries Report
25. Finnish Fisheries Research
26. Fisheries Management and Ecology
27. Fisheries Research
28. Fisheries Science
29. Fishery Bulletin
30. Freshwater Biology
31. Heredity
32. Hydrobiologia
33. ICES Journal of Marine Science
34. Ichthyological Bulletin
35. Ichthyological Exploration of Freshwaters
36. Ichthyological Research
37. Journal of Animal Ecology
38. Journal of Applied Aquaculture
39. Journal of Applied Ichthyology
40. Journal of Aquatic Animal Health
41. Journal of Experimental Biology
42. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology
43. Journal of Fish Biology
44. Journal of Fish Diseases
45. Journal of Fisheries Research Board Canada
46. Journal of Heredity
47. Journal of Marine Biology
48. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science
49. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom
50. Journal of the World Aquaculture Society



51. Journal of Zoology
52. Marine Biology
53. Marine Biotechnology
54. Marine Ecology Progress Series
55. Marine Fisheries Review
56. Marine Freshwater
57. Molecular Ecology
58. Molecular Phylogenetics and Evolution
59. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research
60. Proceedings of the Biological Society of Washington
61. Proceedings of the California Academy of Sciences
62. Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute
63. Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences
64. Proceedings of the United States National Museum
65. Proceedings of the Zoological Society of London
66. Reviews in Fish Biology and Fisheries
67. Scientia Marina
68. Transactions of the American Fisheries Society
69. Zoological Journal of the Linnean Society
70. Zoological Studies

ii) Tesis de pre y post-grado

La página web: [www.cibertesis.cl](http://www.cibertesis.cl) contiene las tesis de pre y post-grado de algunas Universidades del Consejo de Rectores. Además, a través de nuestra biblioteca de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, se contactó a Bibliotecas de Universidades del CRUCH solicitando el listado de tesis de pre y posgrado, de años previos a las publicadas en Cibertesis.

iii) SERNAPESCA, FIP, IFOP

Se recopiló información disponible en la biblioteca de SERNAPESCA en Valparaíso de estudios publicados relacionados con determinación y análisis de unidades evolutivas y demográficas en Chile. Igualmente los proyectos financiados por el Fondo de Investigación Pesquera (FIP) ([www.fip.cl](http://www.fip.cl)) e Instituto de Fomento Pesquero (IFOP).

iv) FONDEF y v) FONDECYT ([www.conicyt.cl](http://www.conicyt.cl)); vi) INNOVA ([www.corfo.cl](http://www.corfo.cl))

v) Se recopiló información disponible de SalmonChile ([www.salmonchile.cl](http://www.salmonchile.cl)), Ministerio del Medio Ambiente (<http://www.mma.gob.cl/>), y CONAF ([www.conaf.cl](http://www.conaf.cl)).

#### **4.3.2. Abundancia**

##### **4.3.2.1. Caracterización física del sistema**

###### **4.3.2.1.1. Batimetría del sistema y perfil batimétrico en la zona de estudio**

Como una primera aproximación para conocer el espacio físico donde se desarrollaría la pesquería del Salmón Chinook en el estuario del Río Toltén e identificar lugares idóneos donde instalar los equipos hidroacústicos, se desarrolló un muestreo para caracterizar la morfología del estuario del Río Toltén. Para ello se contó con la colaboración de un experimentado pescador local (Sr. Juan Salgado), quien facilitó su embarcación para efectuar el sondeo acústico entre Toltén Viejo y caleta La Barra. Para ello se instaló un equipo ecosonda de marca Lowrance, modelo HDS-8m (Figura 8), de amplia utilización por pescadores recreativos de Estados Unidos y que permite registrar información continuamente en formato digital. Mediante este equipo se realizó un levantamiento batimétrico, pudiéndose almacenar variables como coordenadas geográficas, profundidad, temperatura superficial en una tarjeta de Memoria SD.

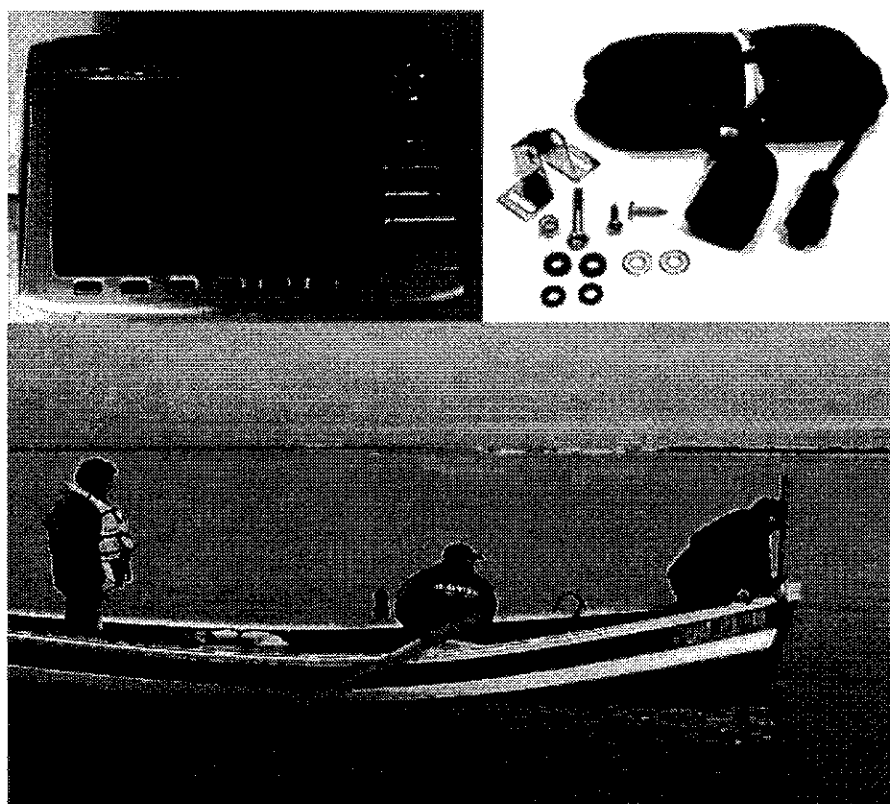


Figura 8. Instalación del transductor del ecosonda LOWRANCE HDS-8m en la embarcación de muestreo.

La estrategia de muestreo incorporó el método de transectas perpendiculares a la ribera del río, comenzando desde la desembocadura y recorriendo aproximadamente 9 kilómetros río arriba (Figura 9). Estos registros permitieron generar un modelo espacial topográfico, mediante algoritmos de interpolación de la plataforma ARGIS 10,0 y generar una base de datos geográfica relacional que permitiera generar perfiles de profundidad en diversas secciones a lo largo del estuario. Durante este muestreo se aprovechó de hacer un primer relevamiento de los nombres y ubicación de los sectores de pesca proporcionados por pescadores de la caleta "La Barra".



Figura 9. Prospección batimétrica del sector a través del método de transectas perpendiculares al Río Toltén.

El objetivo principal de esta evaluación fue identificar lugares aptos para la instalación del anclaje del sistema hidroacústico durante el período de remonte de los salmones retornantes.

#### 4.3.2.1.2. Determinación de la extensión estuarina en la zona baja del Toltén

Con el objetivo de caracterizar las condiciones hidrográficas de salinidad y temperatura del Río Toltén, se realizó una medición de las condiciones físico-químicas del río, desde la desembocadura en el sector La Barra ( $39,2498^{\circ}\text{S}$  –  $73,2222^{\circ}\text{W}$ ) hasta el sector denominado cementerio de Toltén Viejo ( $39,2052^{\circ}\text{S}$  –  $73,2148^{\circ}\text{W}$ ), con la finalidad de caracterizar el alcance espacial de la influencia de aguas de salinidad marina, estuarinas y de agua dulce a lo largo del Río Toltén.

Durante diferentes horas del ciclo mareal se obtuvieron secciones verticales de temperatura y salinidad con un CTD (perfilador de Conductividad-Temperatura-Profundidad, modelo Sea Bird SBE-19) (Figura 10), en 18 estaciones ubicadas a lo largo del Río Toltén desde la desembocadura al sector del Cementerio de Toltén Viejo (Figura 11). Con este perfilador se tomaron muestras continuas de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ),

salinidad (ppt) y profundidad (m) (hasta 1 metro del fondo del río). Realizándose este muestreo el día 2 de mayo del 2015.

En forma simultánea se realizaron mediciones de temperatura (°C) y salinidad (ppt) con una sonda multiparámetro YSI 2030 professional seires (Figura 10) en las mismas estaciones pero a profundidades discretas. Se realizó un postprocesamiento de los datos de temperatura y salinidad. Este procesamiento consistió en promediar los datos de los perfiles verticales cada 40 cm, y se conservaron los datos que estaban entre el percentil 2,5 y 97,5 eliminando así los datos extremos o "outliers". Ambas mediciones fueron realizadas a bordo de la embarcación "Chinook". Las mediciones realizadas con ambos instrumentos fueron graficadas simultáneamente y comparadas.

Se realizaron diagramas Hovmöller de temperatura y salinidad para las estaciones más profundas y a lo largo de la transecta principal del Río Toltén (Figura 11), para identificar la intrusión de la cuña salina y la influencia de agua dulce.

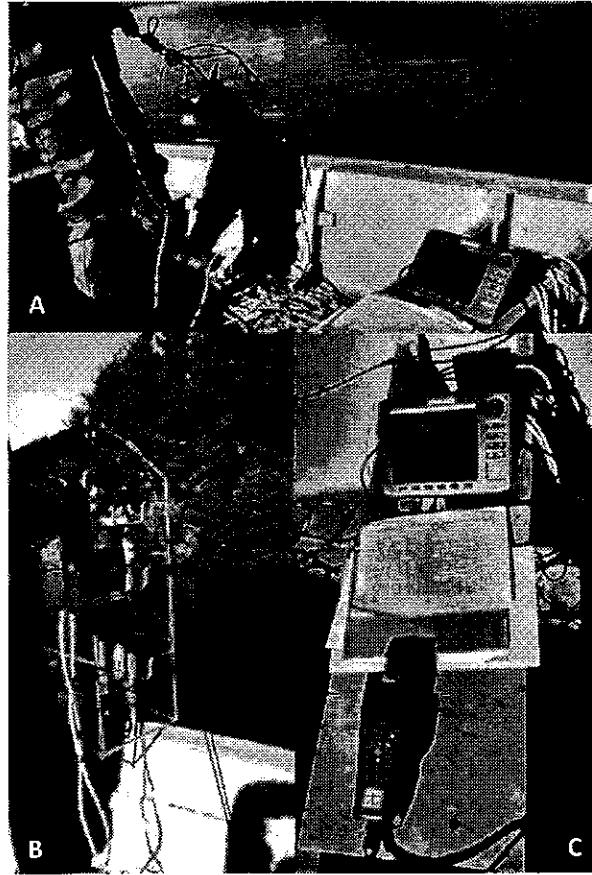


Figura 10. Equipos oceanográficos usados en las estaciones muestreadas: A, B y C (superior), perfilador de Conductividad-Temperatura-Profundidad (CTD); C (inferior), sonda multiparámetro.

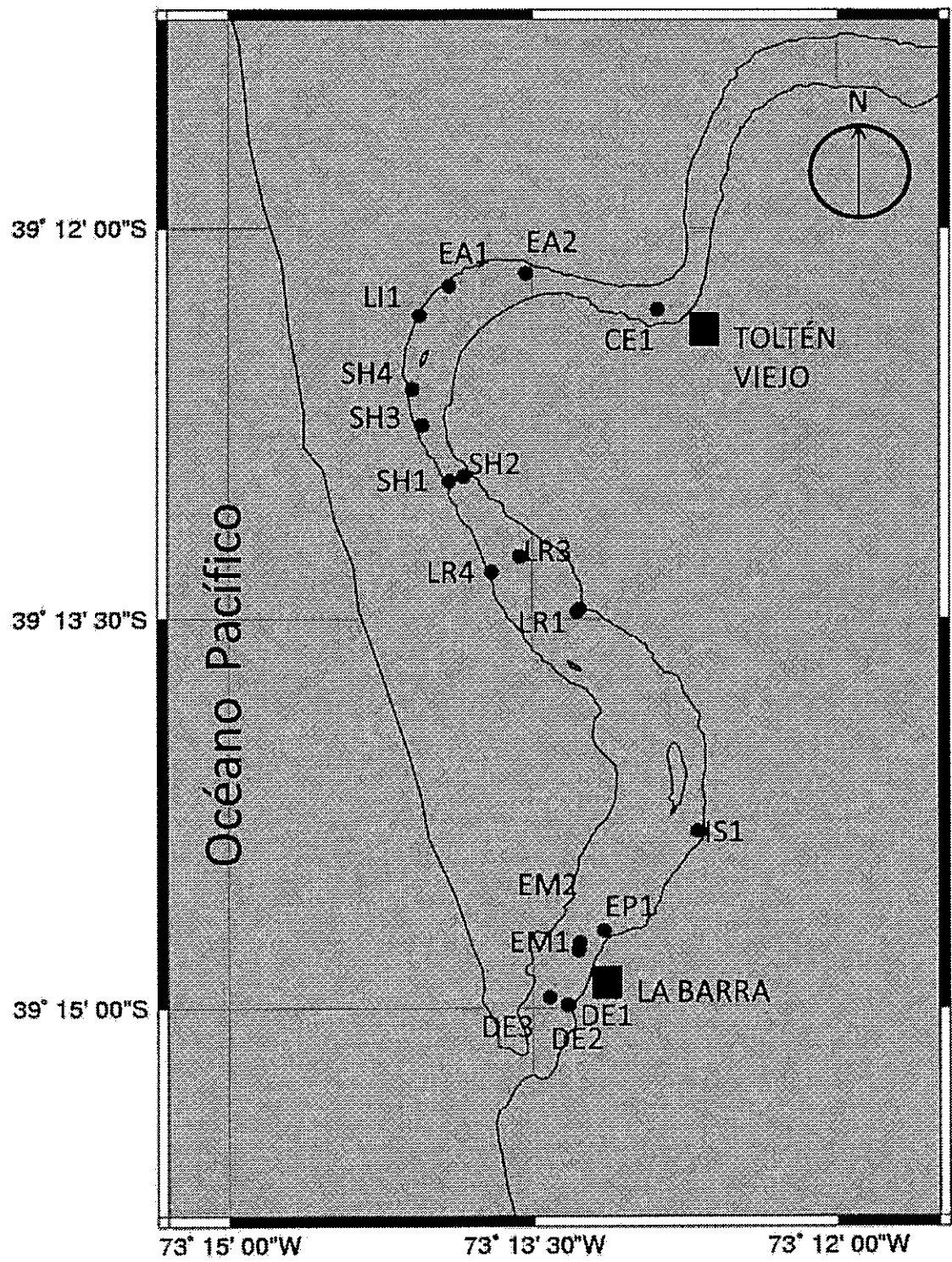


Figura 11. Mapa del Río Toltén con estaciones hidrográficas.

#### 4.3.2.2. Caracterización de los usuarios en el sector La Barra

Desde el primer viaje de reconocimiento se logró caracterizar la caleta de manera general, presentándonos a los pescadores y generando una lista de todos los miembros que fue entregada a través del señor Aldo Ulloa, presidente del sindicato de pescadores de "La Barra", después de esta primera reunión. Posteriormente, se realizaron entrevistas guiadas por los investigadores a cada uno de los miembros del sindicato de pescadores de la caleta, en las cuales se obtuvo información preliminar del arte y metodología de pesca empleado en el sector para capturas del Salmón Chinook, lo cual generó el punto de partida para caracterizar a los usuarios de la pesca del salmón en la caleta, y por otra parte, los modelos para fabricar las redes de enmalle utilizadas en el plan estudio. Durante el transcurso del proyecto, en los meses de diciembre, enero y febrero la totalidad del tiempo hubo permanencia de los investigadores en el sector, lo que permitió determinar la actividad de cada bote, además de la recolección diaria de las bitácoras de pesca.

#### 4.3.2.3. Caracterización del Retorno

##### 4.3.2.3.1. Entrevistas a usuarios

La planificación de la distribución temporal y espacial del esfuerzo de muestreo orientado a cuantificar el retorno del Salmón Chinook en la cuenca del Río Toltén, requirió de conocimiento ecológico de los pescadores respecto del período cuando comienza el ingreso del Chinook retornante. Aunque existe información preliminar en un informe técnico (SERNAPESCA, 2012). Dado que los retornos del Salmón Chinook han ocurrido en esta cuenca desde hace varias décadas, situación documentada tanto en la parte baja del río, por medio de captura artesanal, como en la parte alta de la cuenca, por la pesca recreativa, se consideró que el conocimiento empírico de los usuarios sería informativo.

Dado nuestro interés en desarrollar una estimación del retorno de Salmón Chinook en la parte baja del río, se desarrolló un programa de entrevistas guiadas individuales a la comunidad de caleta "La Barra" (Figura 12) para abordar diversas interrogantes sobre la pesquería y la biología de este recurso. Esta información fue utilizada para definir el comienzo de los muestreos biológico-pesqueros.



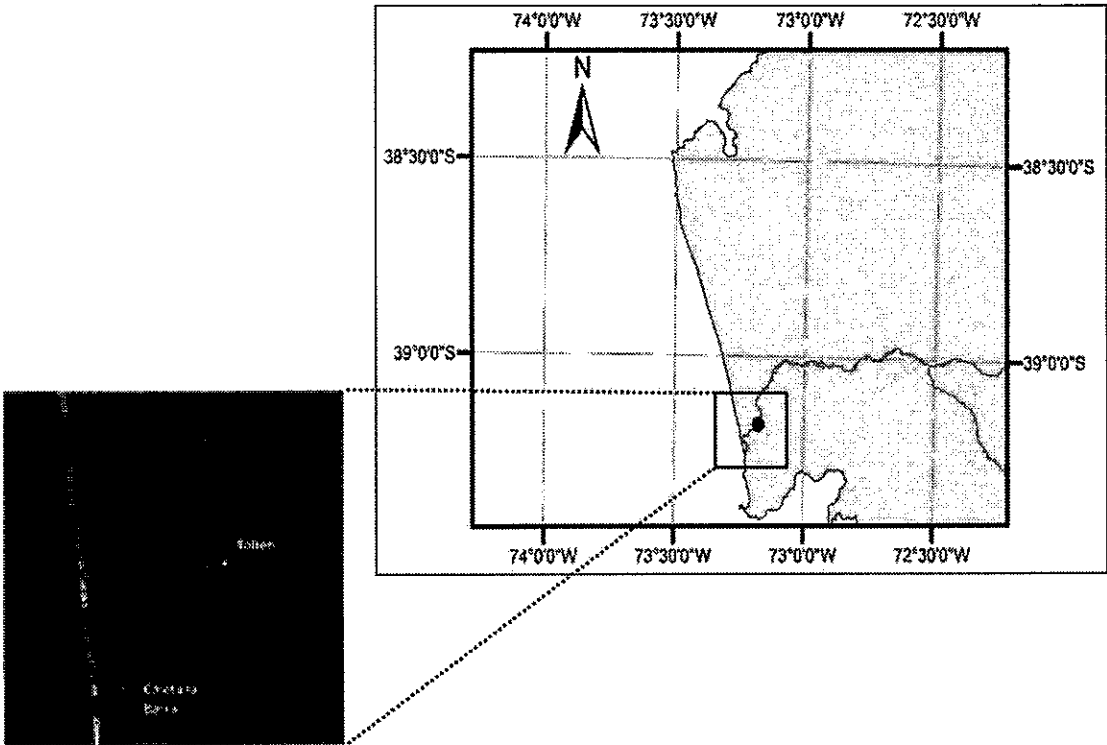


Figura 12. Lugar de muestreo biológico-pesquero y estimación de abundancia mediante hidroacústica.

Se realizaron entrevistas personalizadas a 18 pescadores del sindicato de la caleta La Barra, para lo cual se diseñó una entrevista (Figura 14) enfocada principalmente a definir el intervalo temporal sobre el cual se desarrolla el ingreso de los retornantes de Salmón Chinook al estuario, y así poder acotar el inicio de los muestreos biológico-pesqueros. Otro punto importante que se desarrolló en función de las entrevistas a los pescadores, es el planteamiento de un modelo conceptual del remonte de los salmones en la cuenca del Río Toltén, esto en base a tres modelos alternativos planteados para el tipo de remonte que podría tener esta especie (Figura 13), tomando como base el tipo de remonte que tiene la especie en las aguas continentales de Estados Unidos y Canadá (Healey 1991).

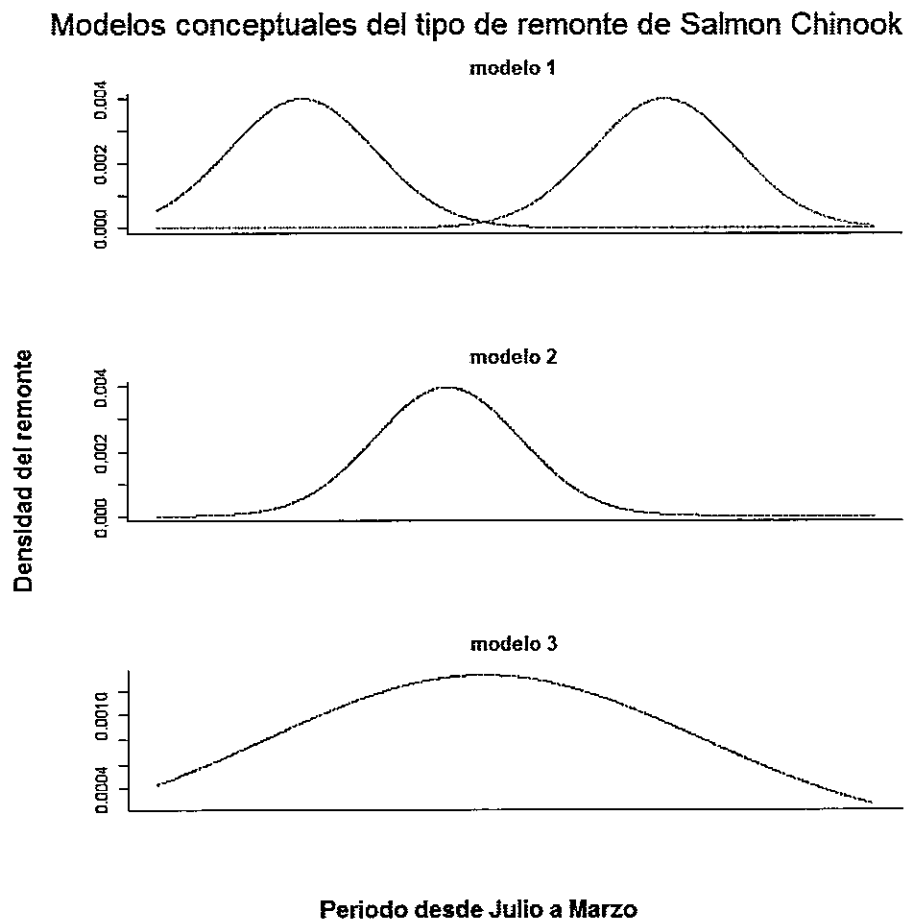


Figura 13. Modelos conceptuales del remonte del Salmon Chinook en la cuenca del Río Toltén.

4.3.2.3.2. Monitoreo de las capturas (bitácoras)

Con la finalidad de caracterizar el remonte del Salmón Chinook, y obtener un censo de la captura que se realiza en el sector de *La Barra*, se implementó un sistema de seguimiento, mediante el cual la recolección de información biológica y pesquera fue registrada por los propios pescadores durante cada faena de pesca y además verificada en muelle al momento de la recalada por parte de nuestro personal (Figura 14). Esto permitió construir una serie diaria de captura y esfuerzo durante el remonte del Salmón Chinook, principalmente en el período noviembre-febrero. Adicionalmente se confeccionaron bitácoras para usuarios de la pesca artesanal de Queule (Figura 15) y usuarios de la pesca recreativa (Nueva Toltén, T. Schimdt, Freire, Pitrufquén y Pucón

(Figura 16). Posteriormente se organizaron talleres de llenado de bitácoras y se distribuyeron a los usuarios durante las salidas a terreno.

|                           |          |               |        |    |        |          |                           |        |
|---------------------------|----------|---------------|--------|----|--------|----------|---------------------------|--------|
| Fecha y hora de Zarpe:    |          |               |        |    | Venta: | Consumo: | Destino de la pesca (Kg): |        |
| Fecha y hora de Recalada: |          |               |        |    |        |          |                           |        |
| Número de tripulantes:    |          |               |        |    |        |          |                           |        |
| N° de paños a bordo:      |          |               |        |    |        |          |                           |        |
| Embarcación: Patron:      |          |               |        |    |        |          |                           |        |
| Captura Salmón            |          |               |        |    |        |          |                           |        |
| Calada                    | N° paños | Tiempo reposo | Sector | N° | Peso   | Entero   | Eviscerado                | Filete |
| 1                         |          |               |        |    |        |          |                           |        |
| 2                         |          |               |        |    |        |          |                           |        |
| 3                         |          |               |        |    |        |          |                           |        |
| 4                         |          |               |        |    |        |          |                           |        |
| 5                         |          |               |        |    |        |          |                           |        |

Figura 14. Bitácora de pesca para pescadores artesanales de La Barra.

|                           |              |            |                           |        |         |          |                          |      |               |      |                          |  |
|---------------------------|--------------|------------|---------------------------|--------|---------|----------|--------------------------|------|---------------|------|--------------------------|--|
| Destino de la pesca (Kg): | Filete       | Eviscerado | Fecha y hora de Zarpe:    |        |         |          |                          |      |               |      | Observaciones:           |  |
|                           |              |            | Fecha y hora de Recalada: |        |         |          |                          |      |               |      |                          |  |
|                           |              |            | Número de tripulantes:    |        |         |          |                          |      |               |      | Virado: Manual / Virador |  |
|                           |              |            | N° de paños a bordo:      |        |         |          |                          |      |               |      |                          |  |
|                           |              |            | Largo paño:               |        |         |          | Alto paño:               |      | Tamaño malla: |      |                          |  |
|                           | Embarcación: |            |                           |        | Patron: |          | Virado: Manual / Virador |      |               |      |                          |  |
|                           | Entero       |            | Eviscerado                |        | Filete  |          | Consumo:                 |      | Venta:        |      | Captura Salmón           |  |
|                           | Calada       | N° Paños   | Hora_cal                  | Sector | Lat_Cal | Long_cal | Hora_vir                 | Prof | N°            | Peso |                          |  |
|                           | 1            |            |                           |        |         |          |                          |      |               |      |                          |  |
|                           | 2            |            |                           |        |         |          |                          |      |               |      |                          |  |
| 3                         |              |            |                           |        |         |          |                          |      |               |      |                          |  |
| 4                         |              |            |                           |        |         |          |                          |      |               |      |                          |  |
| 5                         |              |            |                           |        |         |          |                          |      |               |      |                          |  |
| 6                         |              |            |                           |        |         |          |                          |      |               |      |                          |  |
| 7                         |              |            |                           |        |         |          |                          |      |               |      |                          |  |
| 8                         |              |            |                           |        |         |          |                          |      |               |      |                          |  |
| 9                         |              |            |                           |        |         |          |                          |      |               |      |                          |  |
| 10                        |              |            |                           |        |         |          |                          |      |               |      |                          |  |

Figura 15. Bitácora de pesca para pescadores artesanales de Queule.

|                                           |  |           |  |                                     |  |    |  |                                          |  |  |  |
|-------------------------------------------|--|-----------|--|-------------------------------------|--|----|--|------------------------------------------|--|--|--|
| Nombre del Pescador/Licencia (SI/NO)      |  |           |  | Nombre de Zona de Pesca/Coordenadas |  |    |  | Pesca con embarcación ó Pesca de Orilla  |  |  |  |
| Embarcación (N°Matrícula) con o sin motor |  |           |  | Embarcación cuenta con ecosonda     |  |    |  | Inicio & Término de pesca (Día/Hora/Año) |  |  |  |
| Con Motor                                 |  | Sin Motor |  | Si                                  |  | No |  |                                          |  |  |  |
| N° pescadores sobre la embarcación        |  |           |  | N° artes de pesca utilizados        |  |    |  | Tipo de señuelo utilizado (cantidad)     |  |  |  |
|                                           |  |           |  |                                     |  |    |  |                                          |  |  |  |

|                                    |                     |                     |                  |                              |                              |                                 |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Especie: species                   | N° Peces (N°fishes) | Devueltos (release) | Peso kg (weight) | Talla Mínima cm (mimum size) | Talla Máxima cm (maxim size) | Talla Promedio cm (middle size) |
| Salmon Chinook (King Salmon)       |                     |                     |                  |                              |                              |                                 |
| Salmon Atlántico (Atlantic Salmon) |                     |                     |                  |                              |                              |                                 |
| Trucha Arcoiris (Rainbow trout)    |                     |                     |                  |                              |                              |                                 |
| Trucha Café (Brown trout)          |                     |                     |                  |                              |                              |                                 |
| Salmon Coho (Coho Salmon)          |                     |                     |                  |                              |                              |                                 |
| Otras (others)                     |                     |                     |                  |                              |                              |                                 |

Figura 16. Bitácora de pesca para usuarios de la pesca recreativa.

La información biológica fue registrada en tierra por nuestro equipo de trabajo.

Durante el desarrollo del proyecto se coordinó una reunión con los pescadores para estandarizar el levantamiento de la información en las bitácoras de pesca. La información biológica-pesquera registrada en cada salida de pesca, fue almacenada en bitácoras de terreno. Estas bitácoras fueron construidas con un material resistente al agua (papel *Rite in the Rain*), lo que facilitó el almacenamiento y cuidado de la información, algo esencial, más aun considerando que los datos fueron tomados durante las faenas de pesca.

El relevamiento de la información biológico pesquera puede ser resumida a través de los siguientes pasos: (a) reparto del material de trabajo (lápiz grafito y libreta) a cada uno de los pescadores, (b) llenado de las libretas por parte de los pescadores durante los viajes de pesca, (c) recuperación de las bitácoras de pesca cada dos días por parte de nuestro personal. Esta información fue digitalizada a una base de datos en ACCESS. Las unidades de la captura fueron requeridas en número y en peso (kg).

#### 4.3.2.3.3. Distribución espacial y temporal de la captura y esfuerzo en la zona baja

El programa de monitoreo desarrollado en torno a la pesquería del Salmón Chinook en el Río Toltén durante la temporada 2014/15 permitió recopilar información de los sectores en los cuales los pescadores dirigen su esfuerzo de pesca.

Esto nos permitió crear un catálogo de los lugares de pesca de cada embarcación, su nombre local (tautopónimo) y su asociación con las zonas de pesca. Los pescadores locales junto a la ayuda de científicos en terreno lograron integrar sus bitácoras, informando las capturas por hora de calado y señalando el nombre del lugar de pesca donde fue calada la red. Esto permitió calcular CPUE por zonas de pesca en la zona del estuario del Río Toltén.

Para el caso de esta pesquería, la estadística de captura por unidad de esfuerzo fue estimada considerando el índice de "Horas de calado" como unidad de esfuerzo, registrando además factores como redes (número de paños) por bote, zona de pesca (espacialidad) y fecha de operación (temporalidad).

#### 4.3.2.4. Marcaje y recaptura: muestreo no destructivo

La metodología de marcaje y recaptura requiere que los ejemplares sean capturados con el mínimo de maltrato para asegurar altas tasas de sobrevivencia en el periodo post-marcaje. Por otro parte, se requiere de una metodología que permita capturar un número importante de ejemplares y asegurar altas tasas de recapturas. De los métodos disponibles para capturar salmones en zonas estuarinas se optó por el uso de una red de enmalle. Con este fin se fabricaron dos redes de enmalle con abertura de malla de 5", esto disminuye la probabilidad de retención de las agallas y mejora las tasas de sobrevivencia. Así mismo las redes fueron caladas durante cortos periodos de tiempo (15 minutos), para así no desmejorar la condición de los individuos capturados.

El funcionamiento de dicho proceso considera un activo desempeño de los muestreadores, quienes desde la embarcación retuvieron la relinga de flotadores, siendo esto un buen indicador del momento exacto en el cual el salmón queda enmallado.

La tela utilizada para construir las redes que se implementaron en los muestreos de *La Barra*, fue adquirida a la empresa SEAMAR (Seattle, USA), teniendo las siguientes propiedades:

- Tamaño de malla: 5"
- Material: PA multifilamento (0.1 x 8)
- Altura: 60 mallas (aproximadamente 6,35 metros)
- Largo: 50 brazas (100 metros aproximadamente)
- Color: verde (universal)

La red fue construida con la colaboración de los pescadores de La Barra quienes en base a su experiencia empírica, recomendaron tamaños adecuados a las características del río. El resultado fue 2 redes de enmalle de 50 metros de largo y 6,25 metros de alto (esto depende del encabalgado que se le aplique), 12,6 kilos de plomo de peso y 19,6 kilos de boyantes (Figura 17). En la Figura 18, se observa el proceso de armado de la red, que consistió en el corte del cabo guía para incluir plomos y boyas, y el encabalgado de la red en el cabo mediante el uso de un hilo negro de diámetro 210/48.

Una vez terminadas las redes para capturar salmones retornantes, se procedió a calar de forma transversal al río, con el fin de realizar el muestreo no letal, cuyo objetivo fue capturar individuos para el marcaje y desarrollar muestreos biológicos que permitieran evaluar las características del remonte (Figura 19).

RED DE ENMALLE  
Caleta La Barra  
Toltén

REFERENCIA  
J. Vilches y P. Rivara  
UDEC 2015

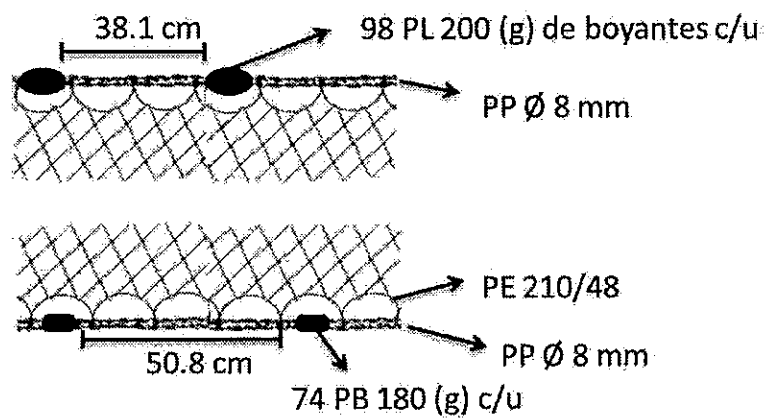
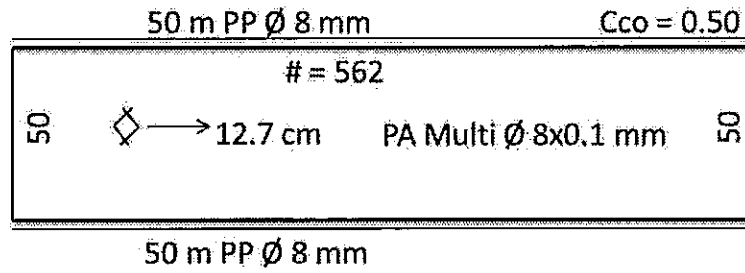


Figura 17. Plano red de enmalle utilizada por investigadores de la Universidad de Concepción para las capturas y marcaje de Salmón Chinook en el Río Toltén, caleta La Barra.

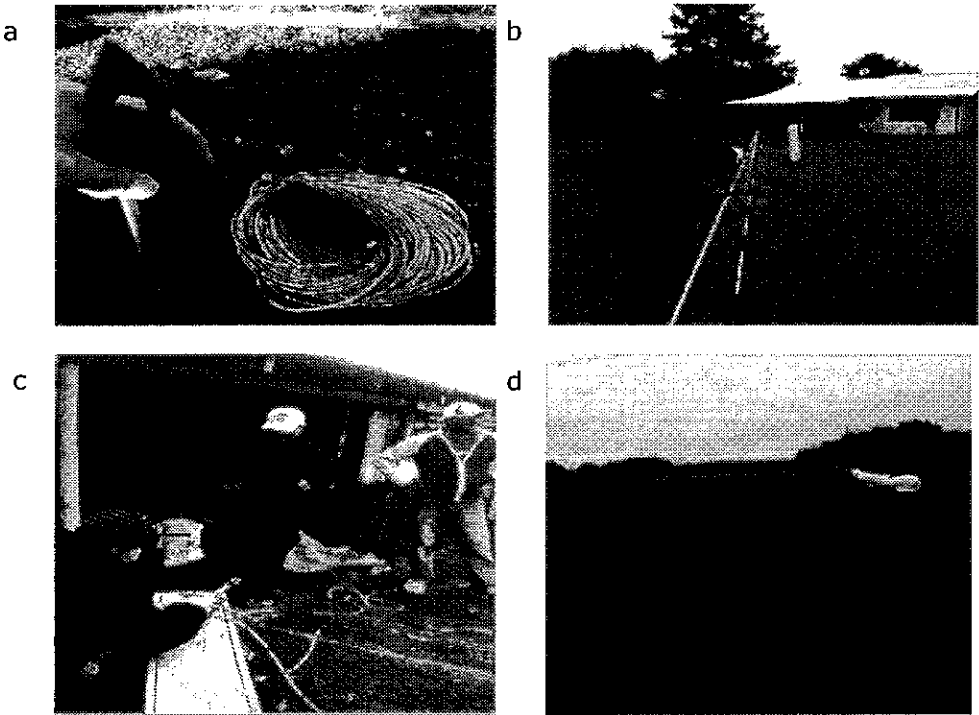


Figura 18. Proceso de armado de redes de enmalle: Agujas de plástico para enhebrar hilo negro (a); encabalgado de la red (b); instalación de los plomos en la red (c) y despliegue de la red (d).

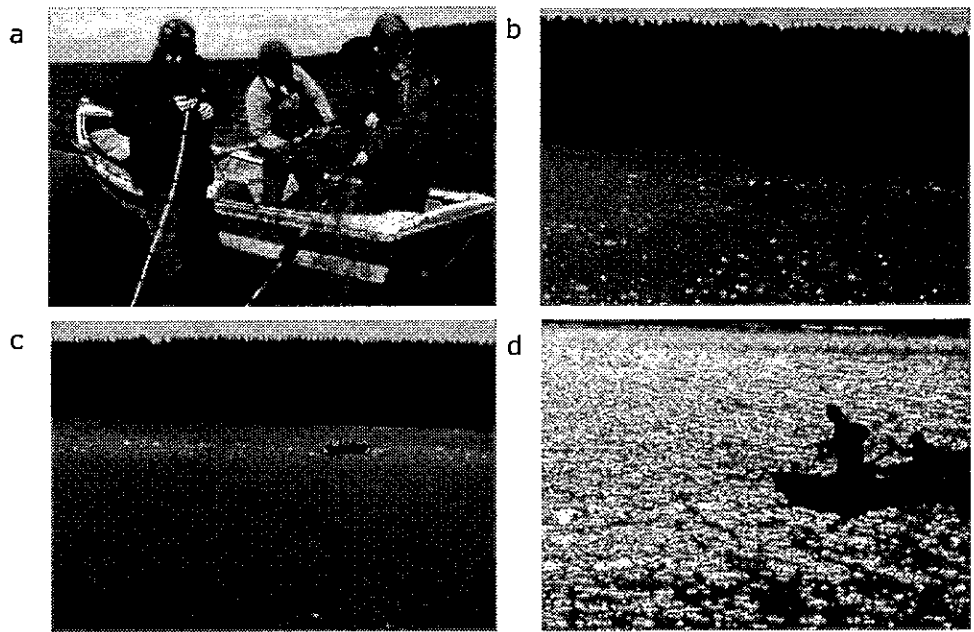


Figura 19. Calada en forma transversal al río: preparación de la red en el bote (a), calado de la red transversal al caudal (b); la red en reposo (c) y virado de la red (d).



Se realizó un muestreo biológico de los individuos capturados, este consistió en determinar el tamaño, peso y sexo, además de la toma de muestras de escamas y tejido. Los individuos capturados fueron marcados individualmente usando *T-bar tags* (*Floytag*, Figura 20). Usando la información de marcaje y recaptura, se estimaron los tiempos de residencia de los salmones en distintos lugares del río durante el retorno.

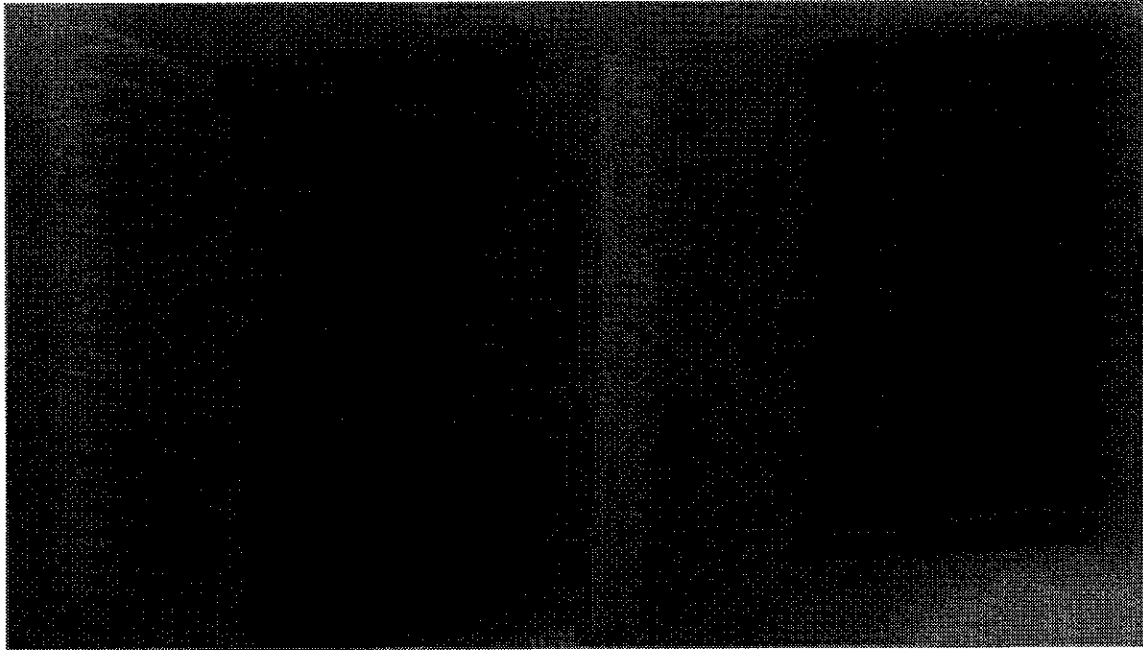


Figura 20. Marcas tipo T-bar tags, con el código correspondiente y el número de teléfono para dar aviso en caso de recaptura.

#### 4.3.2.5. Caracterización del Escape usando métodos hidroacústicos

Con la finalidad de estimar el número de individuos que no son capturados en la desembocadura por la flota artesanal (definido como el escape), se realizó una estimación mediante un equipo hidroacústico. El registro de los datos fue obtenido en un intervalo de tiempo que se extendió desde el 9 de enero hasta el 14 de febrero (2015), que incluyó: área de estudio, campamento y monitoreo hidroacústico. El sitio del estudio donde fueron instalados los equipos hidroacústicos y desarrollada la ecocuantificación de salmones Chinook se encuentra a una distancia de 13 km aproximadamente desde la boca del Río Toltén (IX Región de la Araucanía), precisamente localizado en la ribera norte del sector Nueva Toltén ( $39^{\circ}10'31,77''S$  y

73°10'30,66''W) distante de la ribera sur por un ancho de 210 metros (Figura 21). Este lugar de estudio se ha definido previamente en base a: (1) Una distancia suficiente de la boca del río que evitó cambios bruscos de salinidad y la influencia de la pesquería sobre los equipos; (2) El sitio fue relativamente lineal en la sección del río, encontrándose suficientemente alejado de cualquier curva, e incluso del uso de botes y artes de pesca en la parte baja del río; (3) El flujo y velocidad del caudal fueron adecuados para la instalación y operación de los equipos; (4) Un sustrato de fondo consistente de grava y adoquín que permitió estabilidad en la estructura que sostiene los equipos hidroacústicos; (5) un fondo homogéneo, que favoreció la insonificación del volumen de agua, en consecuencia disminuyendo pérdidas de detección por efecto del relieve, lo que causaría una subestimación o sobrestimación de abundancia. (6) apropiada accesibilidad, lo que incluyó conectividad para abastecer el campamento de servicios elementales, como: alimento, agua y combustible (Mercer & Wilson 2011). El campamento estuvo dotado de una casa rodante, la que permitió la residencia en el lugar del estudio; dos generadores (Honda EU-20i y Emaresa Genpack EY 20-3) que alternadamente alimentaban de energía permitiendo el continuo funcionamiento de los equipos hidroacústicos; dos computadoras que almacenaban los datos levantados por medio de la insonificación; un disco externo que permitió el respaldo de los archivos y linternas (Figura 22).

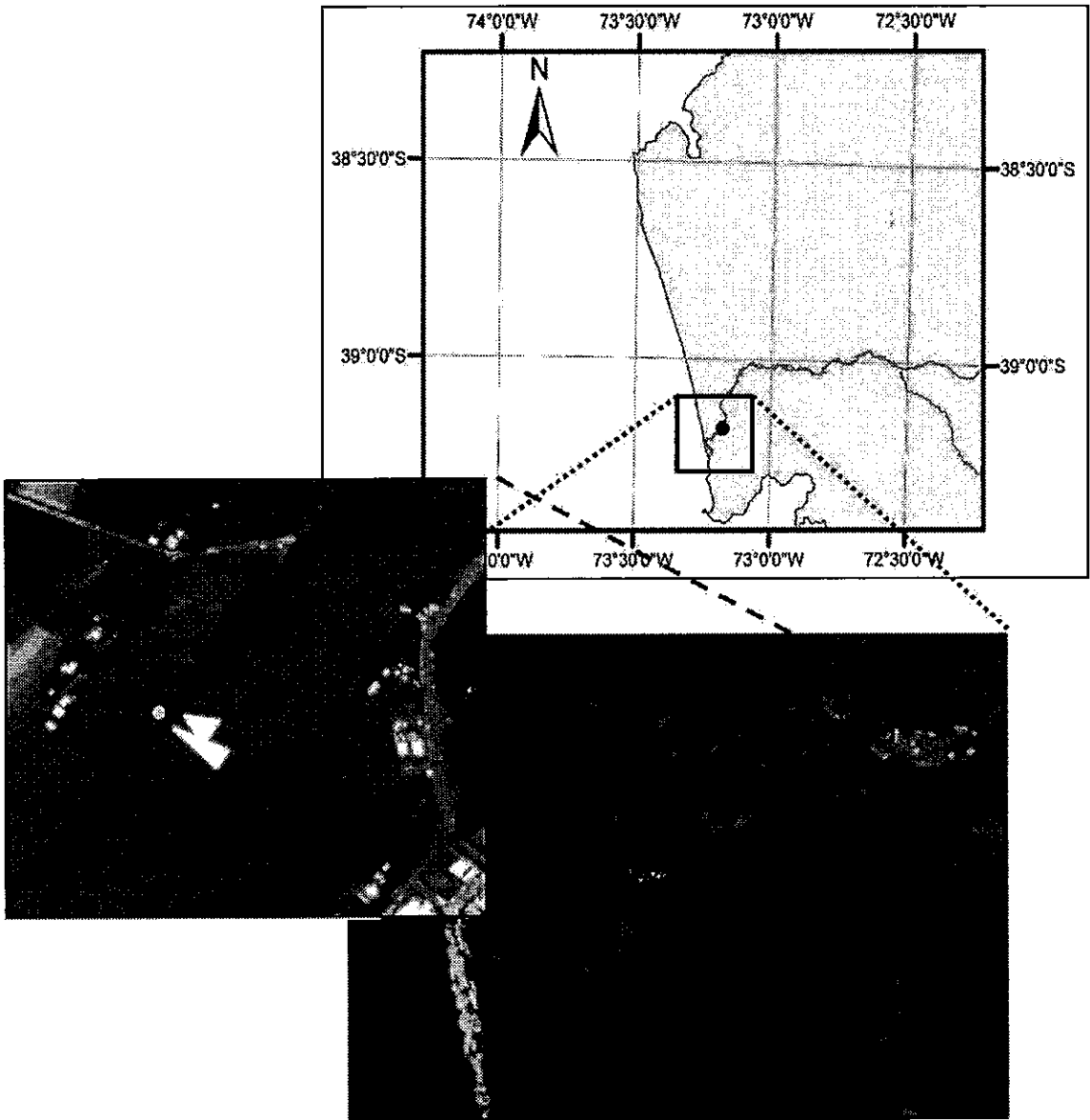


Figura 21. Sector donde se instaló el campamento para la evaluación hidroacústica.



Figura 22. Casa rodante, generadores y computadores en el sitio de campamento en nueva Toltén.

#### 4.3.2.5.1. Monitoreo hidroacústico

Un ecosonda Simrad EK60 transductor 120 KHz 7-C y una cámara video-acústica DIDSON SN 292 *Sound Metrics Corporation*, fueron utilizados para realizar ecocuantificación del escape del Salmón Chinook. Estos equipos se fijaron conjuntamente a una estructura o *frame* tipo-H de acero galvanizado, este tipo de montaje se compone de dos tubos de acero de 1,5 metros de largo en forma de T, conectados mediante un travesaño sobre el cual está montado el transductor (Figura 23). El transductor fue fijado al soporte transversal mediante una placa circular que permite inclinar el transductor según las necesidades del terreno y así no mover la estructura total.

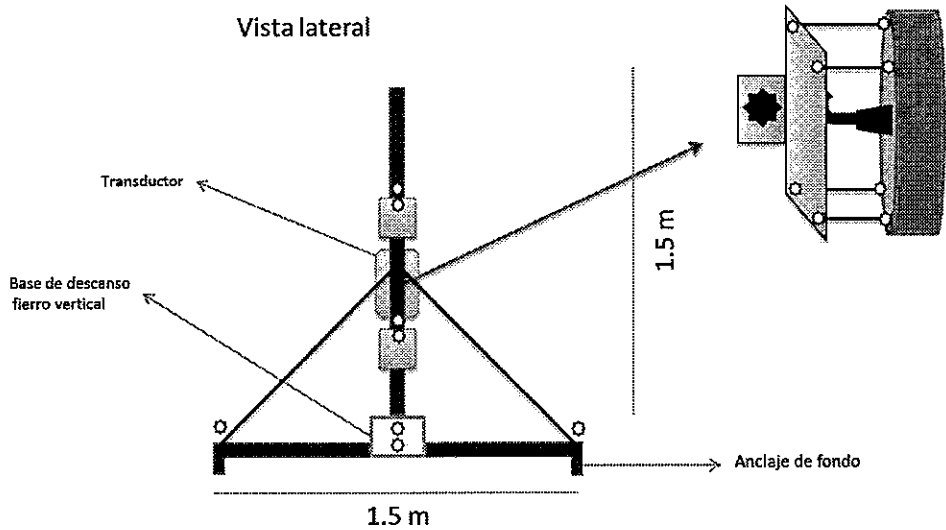


Figura 23. Medidas de la estructura de acero galvanizado para montar los equipos acústicos (frame).

Para que el haz sónico cubriera todo el ancho del río (210 m) desde la superficie y el fondo del río se tuvo que inclinar el transductor 4° desde (ángulo de incidencia). Posteriormente, fue instalado de forma transversal al cauce del río, en la ribera norte (dirección al sur del mismo) (Figura 24). Ambos fueron alimentados de energía para el continuo funcionamiento a través de dos cables (uno para cada equipo), los que se extendieron a equipos intermediarios convirtiendo la energía recibida desde el transductor a imagen y proporcionando imágenes con ecotrazos en el caso de EK60 y video-imagen en el caso de la DIDSON.



Figura 24. Frame utilizado para el montaje de ambos equipos acústicos y a la derecha se observa el funcionamiento de ambos equipos sumergido en el agua.

*Ecosonda EK60*

La fuerza de blanco (*TS*), es expresado en decibeles (dB) y se define como la medida logarítmica de la porción de energía reflejada del objetivo dependiendo en gran medida de la longitud del pez (*L*, cm) y su anatomía. La relación entre estas variables se expresa matemáticamente mediante la ecuación:  $TS = 20 \log (L) + b_{20}$  (MacLennan *et al.* 2002; Linares *et al.* 2009). Donde,

- TS = Fuerza de blanco (Target strength; dB)
- L = Longitud horquilla del pez
- $b_{20}$  = Constante de la ecuación (Coincidencia de las modas de TS y de longitud horquilla)

Las descripciones técnicas con las que desarrolló el registro de datos el ecosonda EK60 7-C son descritas en la Tabla 2. Las variables físicas ingresadas a la configuración del equipo fueron salinidad 34 ‰ y temperatura 19 °C, lo que ha arrojado una velocidad del sonido de 1494 ms<sup>-1</sup>.

Tabla 2. Resumen de parámetros ecosonda Simrad EK60 utilizados durante el registro de datos en el Río Toltén, enero-febrero, 2015.

| Frecuencia<br>(KHz) | Potencia de<br>transmisión<br>(Watts) | Ganancia<br>del<br>transductor<br>(dB) | Longitud<br>del pulso<br>(ms <sup>-1</sup> ) | Duración<br>del pulso<br>(s) | Intervalo<br>del pulso<br>(ms <sup>-1</sup> ) | Ángulo<br>plano<br>(circular) | Rango<br>(m) |
|---------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|--------------|
| 120                 | 500                                   | -27                                    | 0,064                                        | 0,256                        | 1                                             | 7°                            | 1-40         |

Cámara DIDSON

La cámara DIDSON es independiente de las variables físicas, pudiendo operar en condiciones de alto flujo del caudal y alta turbidez (Bergman *et al.* 2012). Los parámetros definidos para su configuración son resumidos en la Tabla 3.

Tabla 3. Resumen de parámetros sonar DIDSON utilizados durante el registro de datos en el Río Toltén enero-febrero, 2015.

| Frecuencia<br>(MHz) | Ganancia<br>(dB) | Ángulos:<br>horizontal-vertical-<br>incidencia. | Tasa de cuadros<br>(cuadros*s <sup>-1</sup> ) | Rango<br>(m) |
|---------------------|------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------|
| 1,8                 | -40              | 28,8° - 8° - 4,8°                               | 7                                             | 1-21         |

El post-proceso del registro obtenido por metodología hidroacústica, se desarrolló de la siguiente manera: ecocuantificación para estimar el tamaño del escape, análisis de datos, estimación de factor de error y análisis estadístico.

4.3.2.5.2. Análisis de datos hidroacústicos

Los datos almacenados fueron analizados a través de programas compatibles con los respectivos archivos. De esta forma los datos obtenidos desde el ecosonda EK60 (archivos *.raw*), grabados con el software ER60, donde cada archivo generado tenía un peso de 600 Mb y correspondía a 1 hora de grabación, fueron revisados mediante EchoView 6.0; y los obtenidos desde la cámara DIDSON (archivos *.ddf*) se analizaron con el programa DIDSON *control and display* V5.21.

Una vez obtenidos los ecogramas se procedió a la clasificación y registro de salmones (conjunto de ecos que dibujan la línea que el pez describe con su movimiento) de los peces insonificados, incluyendo en el registro sólo aquellos ecos que estuvieran dentro del rango de TS de -40 y -26 DB (Figura 25).





#### 4.3.2.6. Caracterización de abundancia relativa de juveniles de Chinook, otros salmónidos y especies nativas

En la zona o curso superior de la cuenca, se realizaron 10 campañas de muestreo con el fin de caracterizar etapas juveniles de Chinook y otras especies, incluyendo otros salmónidos y especies nativas. Se usó una mochila de pesca eléctrica HallTech HT2000 y la técnica de dos pasadas (e.g., Vargas *et al.* 2010). Cada individuo se identificó al nivel de especie. La abundancia se estimó para cada especie y sitio de muestreo como captura por unidad de esfuerzo (CPUE) a partir de la captura en número dividido por el tiempo de pesca (en h).

#### 4.3.3. Composición de tallas

Se obtuvo la longitud total (L) de cada Chinook adulto muestreado mediante un ictiómetro. A partir de los valores de L, se realizó un histograma de frecuencias con todos los individuos por sitio de muestreo y se realizó un análisis de tallas comparando las tallas de los individuos capturados a lo largo del tiempo de muestreo. Los datos de L sirvieron para construir la distribución de frecuencia de este carácter y determinar si se observan diferentes cohortes. Para esto, se utilizó un método estadístico que encuentra grupos de distribuciones en un set de datos y estima los parámetros que definen dichas funciones. El supuesto es que dentro de una cohorte las tallas se ajustan a una distribución normal. El método de descomposición de mezclas distribucionales fue implementado usando el paquete "mixtools" en el software R (Benaglia *et al.* 2009). Se analizaron los datos de tallas separadamente para machos y hembras y cada sector de muestreo, fundamentalmente, La Barra y Queule. Se usó la función "normalmixEM" realizando inferencia basada en máxima verosimilitud, mediante 10.000 iteraciones. Finalmente, la inferencia de cohortes mediante descomposición de mezclas se comparó con la estimación de edad basada en lectura de escamas.

#### 4.3.4. Relación longitud-peso

Se estudió la relación entre longitud y peso del Salmón Chinook proveniente tanto de La Barra como Queule. Esta relación queda definida por una ecuación de tipo potencial de la forma:

$$w = aL^b + \varepsilon$$
$$\log(w) = \log(a) + b * \log(L) + \varepsilon$$

Donde  $w$  es el peso (g),  $L$  es la longitud (mm),  $a$  y  $b$  son constantes,  $\varepsilon$  es la medida de error. La segunda ecuación, es una reparametrización de la ecuación anterior que permite linealizar la relación entre longitud y peso aplicando logaritmo en base 10. La estimación de los parámetros de la relación longitud-peso se estimaron usando la ecuación linealizada usando el método de mínimos cuadrados que se basa en minimizar la suma de los errores cuadráticos.

#### **4.3.5. Estimación de edad y ecotipo de residencia en agua dulce usando escamas**

##### **4.3.5.1. Determinación de edad usando escamas**

La determinación de edad se realizó analizando los patrones de fijación de calcio en escamas a partir de una muestra de individuos capturados en las zonas de pesca (La Barra y Queule). La formación de los anillos de escamas, denominados circuli, corresponde al depósito periódico de calcio en estas estructuras (Figura 26). El conjunto de circuli que se agregan en un ciclo anual se denomina *annulus*. Cuando las condiciones ambientales permiten un crecimiento rápido, los circuli se agregan en forma más separada y a la inversa, en períodos de crecimiento lento, se estrechan. Por lo tanto, el patrón de separación de los circuli que conforman un *annulus*, permite inferir las variaciones estacionales en el crecimiento del pez (Kato, 1996). Así mismo, el conteo de los annuli permite determinar la edad (Endo *et al.* 1998; Koo, 1962) y la medición de los annuli permite reconstruir la historia de crecimiento anual de cada pez (Fisher y Pearcy, 1989).



Figura 26. Fotografía de una escama de Salmón Chinook donde se aprecia los circuli, annuli y núcleo en una transecta trazada en el eje longitudinal de la escama.

Para cada uno de los individuos muestreados desde las pesquerías de *La Barra* ( $n= 74$ ) y *Queule* ( $n= 48$ ), se muestrearon alrededor de 10 escamas desde la zona preferencial descrita por Davis (1992) (Figura 27).



Figura 27. Zona preferente para extracción de escamas en salmónidos.

Las escamas fueron limpiadas con una mezcla de agua con detergente por 24 horas, para luego someterlas a una solución de NaOH al 5%, y posteriormente en agua destilada por 30 minutos. Se removieron los restos de material no deseado cuidadosamente usando un pincel. Posteriormente, se montaron las escamas secas entre dos portaobjetos unidos por cinta adhesiva para su observación en microscopio estereoscópico (modelo Nikon SMZ 745T) y para la obtención de fotografías digitales,

mediante el software Micrometrics SE Premium. Se analizaron entre 3 a 6 escamas por individuo. La determinación de la edad en peces se realizó mediante el análisis visual de marcas anuales (annuli), que representan marcas invernales (Lancelotti et al 2003). Las marcas en las escamas fueron asociadas a marcas anuales en los peces y estos datos fueron registrados en una base de datos dentro de una planilla EXCEL.

#### 4.3.5.2. Determinación de ecotipos ocean-type y stream-type usando escamas

Debido a la complejidad y costos del método de determinación de los ecotipos ocean-type y stream-type mediante el análisis Sr:Ca, se optó por un método alternativo utilizado con frecuencia en otros estudios (Araya *et al.* 2014; Quinn *et al.* 2001). Este fue la determinación mediante el análisis visual de los patrones de fijación de calcio en escamas, con énfasis en las zonas de crecimiento temprano (cercanas al foco), en los individuos del sector de La Barra y Queule. Para esto nos basamos en el estudio realizado por Araya *et al.* (2014), en donde se menciona que si el primer anillo invernal está dentro del periodo de crecimiento en agua dulce el individuo correspondería al ecotipo stream-type (Figura 28); por el contrario, si la primera marca invernal está en el periodo de crecimiento oceánico, este correspondería a ocean-type (Figura 29). Esto debido a que los individuos juveniles de Salmon Chinook tienden a migrar dentro de los primeros meses de eclosionados si son ocean-type (Quinn 2005) o pueden pasar más de un año en sus ríos de origen, lo que correspondería al ecotipo stream-type (Johnson *et al.* 2012). Para esto se analizaron un total de 122 escamas (74 de La Barra y 48 de Queule) las cuales corresponden a muestreos realizados principalmente entre enero y febrero del 2014. Se examinaron 3 escamas por individuos, las cuales fueron analizadas en un microscopio estereoscópico (modelo Nikon SMZ 745T) y se obtuvieron fotografías digitales, mediante el software Micrometrics SE Premium.

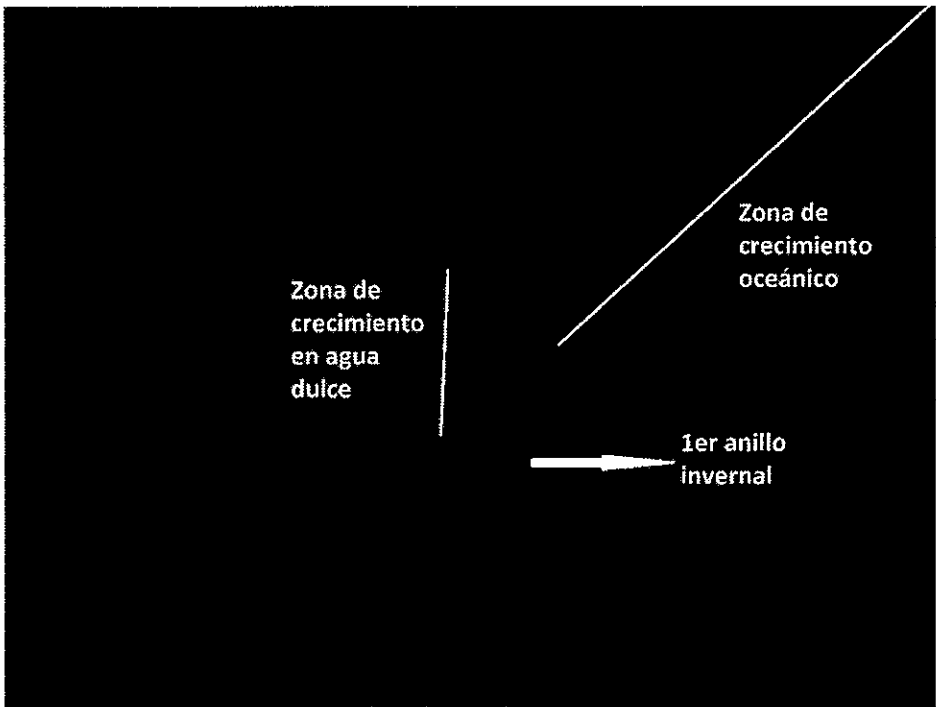


Figura 28. Escama de individuo con ecotipo stream-type.

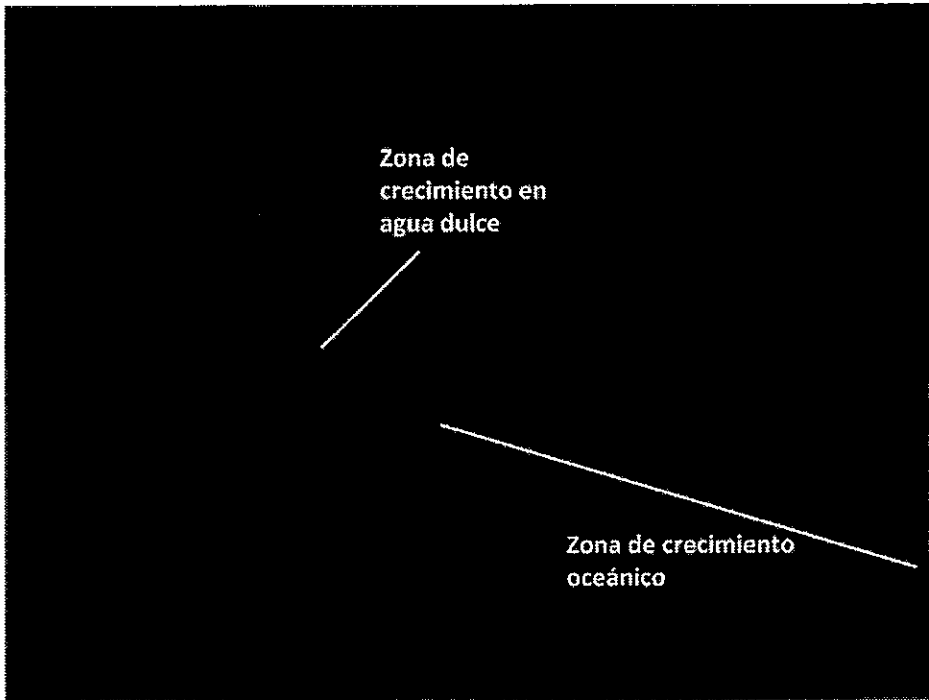


Figura 29. Escama de individuo con ecotipo ocean-type.

#### 4.3.6. Actividad reproductiva

##### Proporción sexual

Es la fracción de hembras en la población, la cual se calculó para el área y zona de estudio como:

$$Ph_{ij} = \frac{Nh_{ij}}{Nh_{ij} + Nm_{ij}}$$

Donde,  $Ph_{ij}$  es la proporción de hembras en el muestreo efectuado en el desembarque del día  $i$  en el mes  $j$ ;  $Nh_{ij}$  es el número de hembras en el muestreo efectuado en el desembarque del día  $i$  en el mes  $j$ ;  $Nm_{ij}$  es el número de machos en el muestreo efectuado en el desembarque del día  $i$  en el mes  $j$ .

Luego, la proporción total de hembras para cada mes al interior de cada área de estudio fue estimada por:

$$\overline{Ph} = \sum_{i=1}^m Ph_{ij} w_{ij}$$

Donde,  $\overline{Ph}$  es la proporción total promedio de hembras por mes al interior de cada área de estudio;  $m$  es el número de días de desembarque por mes;  $w_{ij}$  es la proporción en peso de la captura obtenida en el desembarque  $i$  en el mes  $j$ , la cual se calculó como:

$$w_{ij} = \frac{D_{ij}}{\sum_{i=1}^m D_{ij}}$$

Donde,  $D_{ij}$  es el desembarque en peso de Salmón Chinook en el muestreo efectuado en el día de desembarque  $i$  en el mes  $j$ .

### Escalas de madurez macroscópica

Para cada área de estudio (e.g. Queule, La Barra) y mes de observación se calculó la frecuencia de los estadios de madurez sexual macroscópicos en ambos sexos, según el siguiente indicador.

$$EMS_{ij} = \frac{EMS_i}{\sum_{i=1}^n EMS_j}$$

Donde,  $EMS_{ij}$  es la proporción del  $i$ -ésimo estado de madurez sexual en el mes  $j$ ;  $EMS_j$  es la totalidad de ejemplares en la campaña  $j$ .

Tabla 4. Estados de madurez gonadal de machos y hembras de salmónidos, de acuerdo a escala macroscópica internacional. Extraída de Niklitschek & Aedo (2002).

| Estadio | Denominación  | Característica                                                                                                                                                                                                              |
|---------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | Virginal      | Gónadas delgadas, color pálido, no se diferencia el testículo de los ovarios. Peces muy jóvenes.                                                                                                                            |
| 2       | Inmaduro      | Ovarios y testículos delgados, se alcanza a ver el contorno de las ovas a través de la membrana ovárica.                                                                                                                    |
| 3       | En maduración | Ovarios más gruesos, ovas de color anaranjado, de diferentes tamaños; los ovarios ocupan más o menos la mitad de la cavidad visceral. Testículos también más grandes y de color blanquecino.                                |
| 4       | Pre-maduros   | Los ovarios ocupan más de la mitad de la cavidad visceral, los testículos son de color lechoso y los ovarios de color naranja más acentuado, hay un aumento marcado en el volumen de las gónadas.                           |
| 5       | Maduros       | Los ovarios y testículos ocupan casi toda la cavidad visceral. Ovocitos traslúcidos. Los peces están próximos al desove.                                                                                                    |
| 6       | Desovante     | Estadio en que los ovarios y los testículos expulsan con facilidad productos sexuales. Las ovas salen sin sangre e independiente una de otra, la madurez de la ova y espermatozoide es óptima para realizar la fecundación. |
| 7       | En regresión  | Estadio en que las gónadas se encuentran ya vacías y flácidas.                                                                                                                                                              |

Índice Gonadosomático

Los cambios en el peso de la gónada como consecuencia del proceso de maduración, fueron analizados a través del cálculo del Índice Gonadosomático (IGS), mediante la siguiente expresión:

$$IGS = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{PG_i}{PT_i - PG_i} * 100}{n}$$



Donde:  $PG_i$  es el peso de la gónada  $i$  (g);  $PT_i$  es el peso total corporal del individuo  $i$  (g).

$$V(\overline{IGS}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (IGS_i - \overline{IGS})^2$$

#### Talla de madurez sexual

Para la estimación de la talla de madurez en Salmón Chinook se consideró inicialmente el cálculo de la talla promedio a la cual ingresan las hembras de la especie al estuario del Río Toltén, para iniciar su migración hacia los sitios de desove localizados en el curso superior de la cuenca del mismo nombre. El bajo número de hembras capturadas y muestreadas en el estuario del Río Toltén, esto es, 5 hembras maduras colectadas en el mes de enero de 2015, motivó complementar este análisis con individuos hembras colectados durante enero y febrero desde el desembarque artesanal ocurrido en caleta Queule.

A partir de las hembras registradas en caleta La Barra durante enero, la talla de madurez se calculó según la siguiente expresión:

$$LH_{TMS} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n LH_i$$

A su vez, la varianza del estimador de la talla de madurez queda definido como:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (LH_i - LH_{TSM})^2}{n}$$

Por otro lado, para el cálculo de la talla de madurez sexual a partir de las muestras colectadas por la flota artesanal de Queule, se utilizó el Método de Incremento Relativo en el Índice Gonadosomático (IGS), según el cual el mayor incremento relativo en el IGS entre clases de talla sucesivas indica el intervalo de tallas en que se expresa la madurez media gonadal del stock (Grimes, 1976 *fide* Finucane & Collins, 1984).

Se agrupó a los ejemplares en clases de tamaño de 20 cm de longitud horquilla y se obtuvo el valor promedio del IGS para cada clase de tallas. El incremento relativo del índice Gonadosomático (IR.IGS) se estimó de acuerdo a la siguiente expresión:

$$IR.IGS = \frac{(IGS_{j+1} - IGS_j)}{IGS_j} 100$$

Donde:  $IGS_j$  es el valor del IGS promedio de la clase de talla  $j$ ;  $IGS_{j+1}$  es el valor del IGS promedio de la clase de talla inmediatamente superior.

#### Estimación de la fecundidad

La estimación de la fecundidad en hembras de Salmón Chinook se planificó a partir de la recolección de muestras en curso inferior/desembocadura. Sin embargo, el bajo número de hembras colectadas durante el mes de enero ( $n=5$ ), sumado al alto precio por el que se tranzas las ovas de Salmón Chinook, no permitió disponer de los ovarios para llevar a cabo el análisis. Por tanto, esta resultó ser una de las actividades fallidas del proyecto.

#### 4.3.6.1. Caracterización de sitios de desove

Para el reconocimiento de los sitios de desove nos guiamos en el manual de Gallagher *et al.* (2007). En este manual se enseña el método de reconocimiento de Redd, como se denominan a la seguidilla de nidos que produce una hembra de salmónido.

Como el objetivo del reconocimiento de los sitios de desove para este proyecto es solamente localizar los cauces en los que ocurre la reproducción y no un conteo detallado de los sitios, solo se estudió la forma de localizar espacialmente los nidos, y no el proceso de marcaje y conteo temporal que se detalla en el documento.

En cada terreno se realizó un recorrido a pie por ambas riberas y en el caso de que esto no fuera posible se realizó un recorrido por dentro del cuerpo hidrográfico. Cada sector fue identificado mediante GPS, cartas geográficas y uso de prismáticos. También se destaca que en cada salida se procedió a interactuar y recolectar información con lugareños durante los trayectos. Además de constatar la presencia de actividad de pesca furtiva. Para la caracterización de los sitios de nidificación se empleó la metodología descrita por Gallagher *et al.* 2007, en donde detalla que la hembra escava en el sustrato del lecho del río, donde deposita sus huevos para que sean fertilizados de forma externa por uno o más machos, luego la hembra cubre

nuevamente los huevos, y dispone a cavar otro nido. La hembra no abandona el sitio donde desova y permanece protegiéndolo (Gallagher *et al.* 2007).

La forma del nido se presenta en las siguientes dos imágenes extraídas del documento:

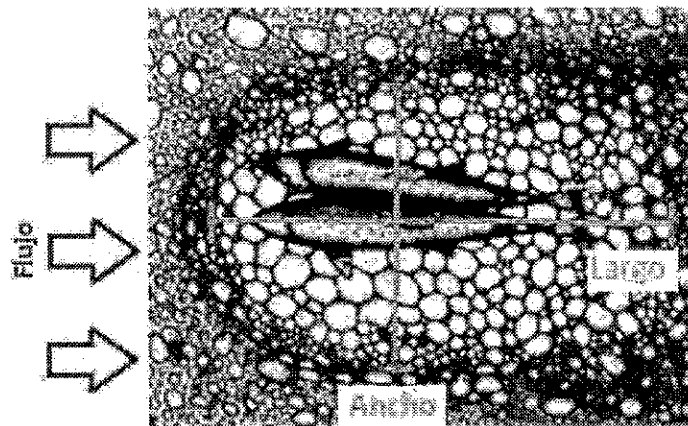


Figura 30. Vista en planta de un nido de desove con una pareja en su interior.

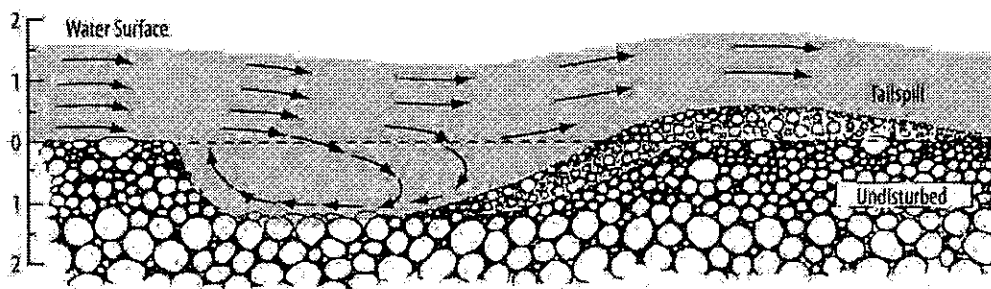


Figura 31. Corrientes típicas en un nido de salmónido. Ilustración: Andrew fuller; Burner 1951, 98.

Como se puede observar en las imágenes (Figura 30 y Figura 31) la zona donde la hembra escava queda reconocible por varios aspectos, que utilizamos de criterio para la selección de los sitios a caracterizar.

Los sitios fueron localizados en recorridos realizados a pie por los distintos tributarios de la cuenca del Toltén, cercano a la cordillera, en el sector de Melipeuco y en cada uno de ellos se procedió a caracterizarlos midiendo los siguientes parámetros:

- Coordenadas del sitio
- Profundidad del agua hasta el fondo del nido
- Velocidades del flujo a 0,2 - 0,4 y 0,8 veces la profundidad del flujo

Las coordenadas fueron georeferenciadas mediante GPS (manual lowrance H<sub>2</sub>O, Datum WGS84) y comprobada con cartas Instituto Geográfico Militar (Villa Garcia: G-085, Melipeuco: G-086, Cunco: G-084). Escala 1:50000, UTM, DATUM: SIRGAS (WGS84), Huso: 19.

Para la medición de la velocidad del flujo se utilizó un correntómetro Ott C-2, que permite medir velocidades mayores a 2,5 cm/s en profundidades desde 4 cm con un error del 1%. Pueden usarse distintas hélices, con rangos de velocidad y desviación diferentes según la velocidad del flujo que se requiere medir. Con el correntómetro se midió las revoluciones en un tiempo fijo, para luego utilizar la ecuación entregada por el proveedor para transformar las revoluciones por segundo en velocidades. La velocidad del flujo en el sitio se midió en los puntos característicos de un perfil de velocidades a cauce abierto.

#### **4.3.7. Contenido estomacal**

La colecta de estómagos en Salmón Chinook para análisis dietario pudo ser implementada con éxito en el área costera y mar, y en el curso inferior/desembocadura, concentrándose casi exclusivamente sobre peces adultos. A pesar de varios muestreos de peces juveniles en el curso medio y superior, se capturó un reducido número de individuos mediante pesca eléctrica. Para todos los casos se aplicó el siguiente protocolo que a continuación se explica.

Para cada ejemplar adulto se registró la longitud horquilla (LH), el peso total (PT) y el sexo. Luego, se removió el estómago y se almacenó en bolsas plásticas rotuladas y preservadas en formaldehído al 10% para su posterior transporte a laboratorio. En el caso de peces juveniles, el individuo completo se almacenó en bolsas rotuladas y hielo.

En el laboratorio los contenidos estomacales fueron tamizados para evitar la pérdida de material en avanzado estado de digestión y separados inicialmente en taxa mayores. Después se procedió a separar las presas de cada taxa inicial en diferentes morfos o tipos. Para cada tipo de presa se registró el número de ejemplares y peso (g). Para la identificación de presas se utilizaron claves taxonómicas de peces, crustáceos, cefalópodos, insectos y otros grupos taxonómicos.

### Análisis de datos

Para cuantificar la importancia de las presas en la dieta se utilizó los índices de porcentaje en número (%N), peso (%P) y de frecuencia de ocurrencia (%F) de acuerdo con Hyslop (1980). Debido a que estas tres medidas proporcionan una comprensión distinta de los hábitos alimentarios de un predador, se construyó dos índices compuestos, el Índice de Importancia Relativa (IIR; Pinkas *et al.* 1971),  $IIR = (\%N + \%P) \times \%F$ , y el Índice de Importancia Numérica (IIN; Castro, 1993),  $IIN = (\%N \times \%F)^{1/2} \times 100$ . Ambos índices se expresaron en porcentaje con el propósito de hacer los resultados comparables con otros estudios (Cortés, 1997).

Para investigar variaciones en la dieta de Salmón Chinook con respecto al sexo, tamaño, época-área de muestreo, se usó el Índice de Similitud de Bray-Curtis (BC; Bloom, 1981) sobre la base del IIR e IIN. Los restos de ítemes presa no identificados no se utilizaron en los análisis comparativos. La expresión de BC es:

$$BC = \frac{2 \sum_{i=1}^S \min(x_{ij}, x_{ik})}{\sum_{i=1}^S (x_{ij} + x_{ik})}$$

Donde:  $\min(x_{ij}, x_{ik})$  corresponde al valor mínimo del IIR (o IIN) de la  $i$ -ésima presa en la dieta de Salmón Chinook espada entre las variables a comparar  $j$  y  $k$  (sexo, tamaño, época-área de muestreo);  $S$  es el número total de ítemes presa.

### Modelo de tramas tróficas

Se construyó un diagrama de flujo con las interacciones predador-presa entre individuos adultos (área marino y costera) de Salmón Chinook y sus principales presas. El diseño de muestreo implementado se dirigió a caracterizar la dieta más que a tratar de cuantificar la ración diaria de alimento. *El bajo número de individuos juveniles capturados no permitió replicar el diagrama de flujo durante su permanencia en la cuenca del Toltén.*

#### 4.3.8. Estado Sanitario

El objetivo de este módulo fue determinar el estado sanitario de la población de Salmón Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) en la cuenca del Río Toltén en la Región de la Araucanía.

En primer lugar, se recolectaron 9 ejemplares de Salmón Chinook para análisis anatomopatológicos y necropsias para realizar el muestreo bacteriológico a partir de órganos hematopoyéticos y responsables directos y/o indirectos de la respuesta inmune (riñón, hígado y bazo). También se incluyó tejidos externos con alteraciones o lesiones. Las muestras biológicas se sembraron en placas conteniendo distintos medios de cultivo microbiológico usando asas estériles. Todas las colonias bacterianas crecidas se aislaron e identificaron por métodos fenotípicos clásicos y también, dependiendo del género bacteriano, por métodos moleculares como secuenciación del gen ribosomal 16S ARN.

En segundo lugar, y con el fin de determinar la presencia de potenciales patógenos prevalentes de la salmonicultura chilena, se recogieron 67 biopsias de órganos internos (hígado, riñón, bazo y/o corazón) de 21 ejemplares de Salmón Chinook las que se sometieron a diagnóstico mediante diferentes técnicas de PCR y sus variantes. El análisis de estas muestras permitió conocer el estado sanitario de los salmones Chinook silvestres, así como determinar si estos se encontraban afectados por patógenos bacterianos que clásicamente afectan a salmones cultivados intensivamente. El objetivo fue evaluar si son portadores de los principales microorganismos patógenos de la salmonicultura chilena: *Piscirickettsia salmonis*, *Vibrio ordalii*, *Vibrio anguillarum*, *Streptococcus phocae*, *Flavobacterium psychrophilum*, *Aeromonas salmonicida* y *Renibacterium salmoninarum*.

##### 4.3.8.1. Recolección de las muestras biológicas

Aunque en la propuesta inicial se consideró realizar 2 tipos de muestreo, la situación de campo fue muy diferente y sólo se realizó el análisis sanitario con sacrificio. Para ello, 9 ejemplares de Salmón Chinook fueron capturados en el curso inferior del Río Toltén, área donde los individuos adultos inician su recorrido aguas arriba hacia la cordillera.

#### 4.3.8.2. Examen anatomopatológico y necropsia

Los peces analizados microbiológicamente se sometieron inicialmente a una inspección directa con el fin de detectar macroscópicamente la existencia de alteraciones externas de piel, aletas, ojos y branquias. Una vez realizada la necropsia de los peces se procedió a registrar la existencia de alteraciones en los órganos internos de la cavidad abdominal.

#### 4.3.8.3. Aislamiento en medios microbiológicos

Muestras de riñón, hígado, bazo y en algunos casos lesiones externas de piel se sembraron en placas Petri conteniendo agar nutritivo, agar de tripticasa de soja con y sin suplemento de 1% de cloruro de sodio (TSA y TSA-1, respectivamente) así como TSA suplementado con 5% de sangre de cordero o agar triptona extracto de levaduras y sales (TYES) usando un asa estéril de 10 µl. Todas las placas se incubaron a 15°C por 7 días y los morfotipos de colonias crecidos se purificaron mediante resiembra en nuevas placas. Una vez crecidos, todos los aislados se almacenaron en viales comerciales de criopreservación Cryobilles (AES Laboratory, Francia) a -80°C para su posterior identificación a nivel de especie bacteriana.

#### 4.3.8.4. Identificación a nivel de especie de los componentes bacterianos dominantes en Salmón Chinook

Los aislados desde viales de criopreservación se cultivaron en el medio de cultivo más apropiado. Posteriormente, el ADN bacteriano de 2 a 3 colonias se extrajo a partir de cada aislamiento usando el kit comercial InstaGene DNA Purification Matrix (Bio-Rad) siguiendo las instrucciones del fabricante. El gen ribosomal 16S ARN se amplificó utilizando los oligonucleótidos universales pA (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3') y pH (5'-AAGGAGGTGATCCAGCCGCA-3') siguiendo el protocolo de Edwards *et al.* (1989). El producto de amplificación esperado de aproximadamente 1500 pares de bases (pb) se secuenció en MacroGen (Seúl, Corea) y las secuencias de 16S ARN resultantes se analizaron usando el programa DNASTAR Lasergene SeqMan (<http://www.dnastar.com/t-error404.aspx>). En base a los resultados obtenidos en BLAST, las secuencias de las cepas de tipo de otras especies cercanas a

taxonómicamente fueron alineadas utilizando el software MEGA versión 5 (Tamura *et al.* 2011).

#### 4.3.8.5. Diagnóstico molecular mediante PCR y sus variaciones

Se realizó el diagnóstico molecular en 21 ejemplares de Salmón Chinook, los cuales fueron seleccionados de manera aleatoria durante el periodo de estudio. Para llevar a cabo este estudio, se recogieron biopsias de entre 20 a 30 mg de riñón, hígado, bazo y/o corazón, los cuales se dispusieron en tubos Eppendorf conteniendo la solución RNeasy®. Para lograr la identificación de los patógenos bacterianos en los tejidos, se realizó la extracción de ADN y ARN total a partir de los tejidos almacenados usando TRIzol® reagent (Invitrogen) siguiendo las instrucciones indicadas por el fabricante. La concentración y la calidad de cada muestra de ADN se examinó espectrofotométricamente a 260 nm utilizando un ScanDrop® modelo Analytik-Jena (Life Sciences) y se ajustó a una concentración de 50-100 ng/μl. Todos los ADNs fueron mantenidos a -20°C hasta su uso. Para la reacción de amplificación convencional se utilizó GoTaq® Green Master Mix, usando 2 μl de cada ADN.

Para la identificación de los distintos microorganismos bacterianos y virales reconocidos como patógenos en salmónidos cultivados en agua dulce y marina descritos en Chile, se consideró lo descrito por Avendaño-Herrera (2011). Para cada de estos patógenos se emplearon los protocolos de detección que han sido estandarizados y validados en artículos científicos indexados. Por tanto, para *F. psychrophilum* se empleó el método de Urdaci *et al.*, (1998); para *A. salmonicida* los protocolos descritos por Godoy *et al.* (2010); para *R. salmoninarum* el de Pascho *et al.* (1998); y el virus de la necrosis pancreática infecciosa a Callejas *et al.* (2012). Además, se consideró realizar la búsqueda de patógenos marinos como *P. salmonis*, *V. anguillarum* y *S. phocae* usando la técnica de multiplex descrita recientemente por nuestro equipo de investigación (Tapia-Cammas *et al.* 2011) así como también para la detección de *Vibrio ordalii* (Avendaño-Herrera *et al.* 2014).



#### 4.3.9. Genética

##### 4.3.9.1. Área de estudio

Las muestras fueron extraídas desde los ríos Llaima y Allipén (importantes tributarios en los que se ha avistado Salmón Chinook a lo largo de la cuenca del Río Toltén) en el curso superior del río (Figura 32). En esta área se obtuvieron y muestrearon 145 individuos juveniles de Salmón Chinook de forma no destructiva mediante pesca eléctrica (124 individuos del Río Allipén y 21 del Río Llaima).

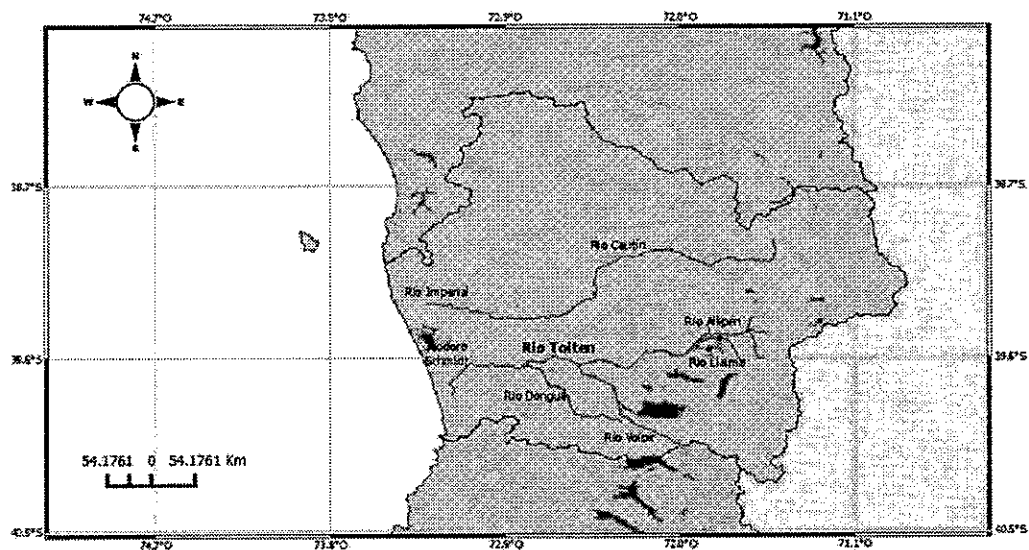


Figura 32. Curso superior de la cuenca del Río Toltén (Río Allipén; Río Llaima)

##### 4.3.9.2. Muestreo

Se capturaron 145 individuos juveniles mediante un equipo de pesca eléctrica Halltech 2000, que fueron almacenados en baldes de 20 L para anestesiarnos paulatinamente con 0,5 µl/L de benzocaína. Luego de anestesiados se procedió a extraer una biopsia no letal de la aleta adiposa y caudal. Los individuos fueron reanimados colocándolos rápidamente luego de muestreados en un segundo balde con agua sin benzocaína y con movimiento constate del agua para permitir una mejor aireación de esta. Las muestras de estos individuos fueron conservadas en criotubos (Biologix) con 1,5 mL de

alcohol al 96%, los que fueron transportados al laboratorio AcuiGen (Universidad de Concepción) con el fin de preservarlas a -80°C para su posterior análisis.

#### 4.3.9.3. Extracción de ADN y tipificación de SNPs

Se extrajo ADN desde 145 individuos del Río Toltén. Este procedimiento se llevó a cabo mediante la utilización del Kit NucleoSpin® Tissue (Qiagen) según las instrucciones del fabricante, en las dependencias del laboratorio AcuiGen (Universidad de Concepción). El ADN extraído fue cuantificado utilizando un espectrofotómetro NanoDrop 2000, en el Laboratorio de Genética y Biotecnología Acuicola del Centro de Biotecnología (Universidad de Concepción). Posteriormente se tomó una alícuota de 25 µL de ADN de cada individuo y fueron puestos en placas para PCR, las que se enviaron al laboratorio de Genómica Ecológica de la Universidad de Washington (Estados Unidos) para realizar la tipificación de SNPs según el protocolo de Seeb *et al.* (2009). Los SNPs (Polimorfismos en un solo nucleótido) son variaciones en nucleótidos que no cambian la longitud total de la secuencia de ADN, existen en todo el genoma y la mayoría se localizan en regiones no codificantes sin efecto directo en el fenotipo del individuo. No obstante, algunos introducen mutaciones en regiones que influyen en la expresión génica (codificante), por lo tanto nos permiten caracterizar polimorfismos que puedan tener importancia adaptativa y neutral (Morin *et al.* 2004). Los SNPs adaptativos permiten caracterizar la variación adaptativa en relación a factores ambientales y espaciales (Gomez-Uchida *et al.* 2012; Limborg *et al.* 2012) y los SNPs neutrales, son utilizados para comparar la distribución de los alelos entre las poblaciones, y por lo tanto permiten medir migración y deriva entre éstas; también es posible estimar el número efectivo de reproductores ( $N_b$ ) y el tamaño efectivo de la población ( $N_e$ )(Gomez-Uchida *et al.* 2012).

Se realizó una verificación manual de los SNPs amplificados por cada individuo en el software Fluidigm® SNP Genotyping Analysis. Se excluyeron los individuos que presentaban más del 75% de sus SNPs sin información.

#### 4.3.9.4. Estructura genética basada en individuos

Para realizar los análisis se usó una base de datos conteniendo información de 191 SNPs para un total de 233 individuos: 145 del Río Toltén y 88 individuos del Río Petrohué (Cañas 2014). Los genotipos del Río Toltén corresponden a individuos juveniles obtenidos en las campañas de muestreo durante los meses de noviembre y diciembre de 2014 en los tributarios Llaima y Allipén. Mientras que los individuos del Río Petrohué provienen de un estudio anterior que analizó la estructuración del Salmón Chinook en Sudamérica (Cañas, 2014). Con esta información se llevó a cabo un análisis de componentes principales (PCA), usando el paquete de R *ade4* versión 1.4-2, el cual utiliza análisis multivariantes como método estadístico (Jombart 2008). Estos análisis son muy útiles actualmente, para evaluar la estructuración genética consenso entre un conjunto de marcadores genéticos, así como para investigar el patrón espacial de la variabilidad genética.

#### 4.3.9.5. Identificación genética del stock (GSI)

Con la finalidad de identificar y comprender el o los orígenes genéticos de cada uno de los individuos del GA se realizó un test de asignación al stock de origen nativo e introducido, mediante el software ONCOR (Kalinowski *et al.* 2008). Para esto se utilizó la misma base de datos mencionada anteriormente, incluyendo a esta 25 individuos de Salmón Chinook pertenecientes al Hatchery de Pichicolo, ubicado en la X Región de los Lagos.

Las poblaciones de referencias utilizadas corresponden a 41 poblaciones nativas del Hemisferio Norte desde Alaska a California que fueron tipificadas para un panel de 192 SNPs (Warheit *et al.* 2013). Para usar idénticos SNPs entre ambas bases de datos se seleccionaron los SNPs comunes en R utilizando la función *match* (R-Core-Team 2015). Las poblaciones fueron agrupadas en *reporting groups*; grupos de poblaciones que son genéticamente más homogéneas que poblaciones de otros grupos (Tabla 5), de manera de facilitar la asignación de cada individuo a las poblaciones de referencia nativas.

Tabla 5. *Reporting groups* de las poblaciones nativas utilizadas como base de datos de referencia para el análisis de identificación genética del stock (GSI).

| <b><i>Reporting groups</i></b> | <b>Localidad en el Hemisferio Norte</b>  |
|--------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Central Valley</b>          | Central Valley                           |
| <b>Eel</b>                     | Eel River                                |
| <b>OR-CA Cost</b>              | Oregon-California Coast                  |
| <b>LColrR-Willamette</b>       | Lower Columbia River- Willamette         |
| <b>CR_OceanType-Deschutes</b>  | Columbia River fall                      |
| <b>CR_StreamType</b>           | Columbia River Stream Type               |
| <b>PNW Coast-W VI</b>          | Pacific Northwest Coast-W VI             |
| <b>South Thompson</b>          | South Thompson                           |
| <b>Puget Sound-SBC</b>         | Puget Sound - South British Columbia     |
| <b>U Fraser</b>                | U Fraser                                 |
| <b>NBC-SEAK</b>                | North British Columbia, Southeast Alaska |
| <b>TransB-Tahini</b>           | Southeast Alaska                         |
| <b>Alsek-Cooper</b>            | Alsek-Cooper                             |
| <b>Western-Alaska</b>          | Western-Alaska                           |

#### **4.4. Objetivo Específico 2**

Suministrar datos espaciales para el manejo integrado de la población del Salmón Chinook bajo un enfoque de manejo de cuenca.

##### **4.4.1. El ambiente físico**

Para la caracterización ambiental del sistema hidrológico (i.e., cuenca del Río Toltén) se recolectó información digital sobre uso de suelos, vegetación, plantaciones, áreas protegidas, áreas urbanas y de interés turístico, presencia de carreteras, áreas de interés para pueblos originarios, caudales, represas y otras obras hidráulicas, redes hidrográficas, parques nacionales, precipitación y otros datos meteorológicos, los que fueron obtenidos desde sitios web, descargando información georeferenciada disponible en diferentes bases de datos nacionales e internacionales. Comenzando por los sitios nacionales, desde la página del IDE Servicio de Mapas del Ministerio del Medio Ambiente para obtener datos de uso de suelo; desde el sitio web de rulumahue se descargaron datos de los recursos hídricos, red vial, centros urbanos, relieve y unidades geomorfológicas (Albers, 2012); y bases de datos globales se consultó y descargó información sobre 19 variables bioclimáticas desde Worldclim, entre las que se encuentran disponibles temperatura, precipitaciones y altura (Hijmans *et al.* 2005). La red hidrográfica se obtuvo a partir de las cartas base del Instituto Geográfico Militar de Chile. Se integró información de la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI) para combinar la información disponible de los terrenos comprados por la CONADI en el año 2102 a la información preexistente de los títulos de merced históricos de propiedad indígena. Por otra parte, para conocer los roles de las propiedades colindantes al Río Toltén, se consultaron bases de datos del Servicio de Impuestos Internos del año 2009. Además, se usó información recopilada de entrevistas con los grupos de interés para georreferenciar áreas de uso que será posteriormente digitalizada. Toda esta información se usó para consolidar mapas con información relevante para contextualizar espacialmente el recurso Salmón Chinook naturalizado en el Río Toltén, utilizando el software QGIS (QGIS Development Team, 2014).

## **Calidad de agua**

Se realizaron dos aproximaciones para determinar la calidad de agua de la cuenca del Río Toltén. La primera fue empíricamente en los sitios de desove del Salmón Chinook en el curso superior; también se analizó el curso medio y la zona costera con un número reducido de mediciones. La segunda consistió en una revisión bibliográfica de las series de tiempo desde 1983 al 2002 de la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas.

Para la evaluación de la calidad de agua empíricamente en los sitios de desove, el curso medio y la zona costera de la cuenca del Río se utilizaron indicadores fisicoquímicos. Los parámetros medidos fueron temperatura (°C), conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), oxígeno ( $\text{mg}/\text{L}$ ) y salinidad (ppt). En el curso inferior (desde la desembocadura al sector del Cementerio de Toltén Viejo), durante diferentes horas del ciclo mareal se obtuvieron secciones verticales de temperatura y salinidad con un CTD (perfilador de Conductividad-Temperatura-Profundidad, modelo Sea Bird SBE-19). Con este perfilador se tomaron muestras continuas de temperatura (°C), salinidad (ppt). Para el curso superior e inferior, se tomaron los indicadores utilizando un multiparámetro YSI Pro 2030.

Las fuentes de información utilizadas para el análisis de la cuenca del Río Toltén se presentan en la Tabla 6. Más detalles se encuentran en el diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad en la Cuenca del Río Toltén, realizado por la DGA (2004). Para la caracterización de la calidad de agua de la cuenca los parámetros seleccionados fueron los siguientes: conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, RAS, cobre, cromo total, hierro, manganeso, aluminio, mercurio.

Tabla 6. Monitoreo de calidad de aguas de la DGA, periodo de registro desde 1983 - 2002

| REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DGA |                    |                         |                           |                     |              |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------|--------------|
| Cuenca                                | Toltén             |                         |                           |                     |              |
| Cuerpos de Agua Monitoreados          | Medición de Caudal | N° Parámetros Medidos   | N° Parámetros Instructivo | Período de Registro | N° Registros |
| Río Toltén                            |                    |                         |                           |                     |              |
| En Longitudinal (*)                   | NO                 | 28                      | 18                        | 1984-1996           | 37           |
| En Pitrufquén (*)                     | NO                 | 18                      | 13                        | 1994-1995           | 2            |
| En Teodoro Schmidt                    | SI                 | 31                      | 20                        | 1984-2002           | 63           |
| En Villanica                          | SI                 | 31                      | 20                        | 1984-2002           | 74           |
| Río Allipén                           |                    |                         |                           |                     |              |
| En Los Laureles                       | SI                 | 31                      | 20                        | 1983-2002           | 71           |
| En Melipeuco                          | SI                 | 31                      | 20                        | 1984-2002           | 71           |
| Río Donguil                           |                    |                         |                           |                     |              |
| En Gotbea                             | SI                 | 31                      | 20                        | 1983-2002           | 63           |
| Río Lincura                           |                    |                         |                           |                     |              |
| En Livcuta (*)                        | SI                 | 13                      | 7                         | 1983                | 1            |
| Río Payehue                           |                    |                         |                           |                     |              |
| En Quirafue (*)                       | SI                 | 13                      | 7                         | 1983                | 1            |
| Río Trancura                          |                    |                         |                           |                     |              |
| En Pucon                              | SI                 | 31                      | 20                        | 1984-2002           | 70           |
| Antes río Llafenco (*)                | SI                 | 9                       | 4                         | 1983                | 1            |
| En Curarrehue (*)                     | SI                 | 13                      | 7                         | 1983                | 1            |
| Parámetros medidos Instructivo        |                    |                         |                           |                     |              |
| • Indicadores físico-químicos         | SI                 | • Orgánicos plaguicidas |                           | NO                  |              |

**Uso comercial y recreativo: áreas de manejo, concesiones de acuicultura y amenazas de actividades humanas directas e indirectas**

La información relacionada con áreas de manejo, presencia de concesiones de acuicultura, así como el uso comercial (turismo: guías de pesca y boteros; pesca artesanal) y recreativo (pescadores “deportivos”) de la cuenca se solicitó a través de bases de datos de la Subsecretaría de Pesca de Chile, SERNAPESCA, SERNATUR y el levantamiento de información que se haga en terreno con los grupos de interés mediante entrevistas y la implementación de cuestionarios.

El procedimiento para identificar los proyectos con posibles impactos para la cuenca del Río Toltén y por ende para la zona de tránsito del Salmón Chinook fue el siguiente: Utilizando la información geográfica entregada por la Dirección General de Aguas en

“Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según objetivos de calidad, Cuenca del Río Toltén, 2004” se delimitó la cuenca y se individualizaron las comunas en las cuales está ubicada.

Se accedió a la base de datos en línea del SEA en su página en internet donde los proyectos están categorizados por comuna, y se seleccionaron los proyectos propuestos ubicados en los cauces naturales de la cuenca del Río Toltén. ([http://seia.sea.gob.cl/reportes/rpt\\_proyectos\\_comunas.php](http://seia.sea.gob.cl/reportes/rpt_proyectos_comunas.php)).

Se construyó una ficha para cada proyecto seleccionado, con el nombre del proyecto, el tipo de proyecto, el estado dentro del SEA, su ubicación (imagen entregada por SEA, donde el proyecto está ubicado con una bandera naranja) y una pequeña descripción. Los datos entregados en la ficha son los entregados por los proponentes en el SEA y la falta de alguno de los puntos antes mencionados responde a la ausencia de esta información en la base de datos en línea. Las fichas fueron entregadas a su vez categorizadas según la comuna en que se encuentra el proyecto propuesto.

La información fue georreferenciada e integrada a las bases de datos creadas dentro del proyecto. Adicionalmente, se sabe de la existencia de pescadores furtivos que realizan su actividad fuera del marco regulatorio existente. Respecto a ellos se obtuvo información espacial a través de los otros grupos (pescadores artesanales, recreativos, guías de pesca). Toda esta información se consolidó y georreferenció en el software QGIS (QGIS Development Team, 2014).

#### 4.4.2. Elaborar un modelo espacio temporal del ciclo de vida del Salmón Chinook

Siguiendo la Figura 2 de los antecedentes, se elaboró un modelo conceptual que sintetiza las siguientes estimaciones en el ciclo e historia de vida del Salmón Chinook del Río Toltén: tiempo de emigración al río (migración reproductiva; adultos), tiempo de residencia en el río, tiempo de residencia en el océano, tiempo de reproducción y desove (rango), distribución espacial y temporal de la abundancia de juveniles y adultos desovantes, tiempo de emigración al océano (migración alimenticia; juveniles).

Como primera aproximación a la construcción de un modelo conceptual sobre el ciclo de vida de Salmón Chinook en la cuenca del Río Toltén, se llevó a cabo una serie de entrevistas con los usuarios del recurso en cuatro zonas geográficas, espacialmente



distintas, pero que entre las cuales existe conectividad sobre el patrón de migración de esta especie en relación con su desplazamiento aguas arriba de la cuenca durante el proceso reproductivo en adultos, y posteriormente, durante su emigración aguas abajo hasta llegar al océano.

#### Conformación de entrevistas

Se construyó 4 distintos tipos de entrevistas dependiendo de la zona geográfica donde los usuarios realizan su actividad extractiva: a) hábitat costero/mar; b) hábitat curso inferior/desembocadura; c) hábitat curso inferior; d) hábitats curso medio y superior

##### a) Hábitat costero/mar

Corresponde al hábitat ubicado por fuera de la zona estuarina donde desemboca el Río Toltén, área en la cual se lleva a cabo captura de Salmón Chinook principalmente como fauna incidental en la pesca de especies como corvina (*Cilus gilberti*). En esta área operan de forma casi exclusiva embarcaciones artesanales provenientes de caleta Queule.

##### b) Hábitat curso inferior/desembocadura

Está delimitada por el tramo del Río Toltén donde existe influencia de las propiedades físico-químicas del agua marina (e.g. salinidad), que se extiende desde la desembocadura del Río Toltén (39°15'02" S – 73°13'06" O) y hasta aproximadamente el sector denominado "Cementerio" en Toltén Viejo (39°12'20" S – 73°12'59" O). En esta área operan de forma casi exclusiva embarcaciones artesanales provenientes de caleta La Barra.

##### c) Hábitats curso inferior

Se considera desde el tramo del Río Toltén en el cual no ocurren cambios en las propiedades físico-químicas (e.g. salinidad) del efluente Toltén por la acción del agua marina, hasta el área de Hualpín, poblado ubicado entre Nueva Toltén y Teodoro Schmidt. En este tramo del río realizan pesca usuarios artesanales de Nueva Toltén y pescadores recreativos de Nueva Toltén, Hualpín y Teodoro Schmidt.

d) Hábitat curso medio y superior

Se considera desde Pitrufoquén hasta la zona camino a Melipeuco, en particular los ríos Allipén, Llaima y Toltén, como los principales; aunque los entrevistados señalan una variedad de ríos que desembocan en el Allipén o en el Toltén. En el curso medio y superior realizan pesca usuarios de Freire, Pitrufoquén y Villarrica, del tipo pescadores recreativos y guías de pesca. Mientras que entrevistados pertenecientes a la localidad de Cunco, concentran la pesca recreativa y pesca furtiva en el curso superior.

Consideraciones sobre el análisis de entrevistas

Las entrevistas corresponden a una conversación semi-estructurada conformada por un número variables de preguntas, la cual tiene la ventaja de permitir al entrevistado extender su conocimiento sobre distintos aspectos de la especie y la actividad asociada, pero que sin embargo, falla en algunas ocasiones en recoger información más precisa y detallada sobre algún elemento en particular. A modo de ejemplo, ante la pregunta "¿cuándo empiezan a entrar salmones Chinook en *La Barra*?", algunos podrían responder con un intervalo de tiempo (diciembre – marzo), y otros con un mes en particular (desde diciembre). En este segundo caso, el entrevistado no descarta la posibilidad de otros meses posteriores a diciembre, siendo entonces, una respuesta abierta. Otro ejemplo lo constituyen aquellas preguntas en las que el entrevistado no respondió la pregunta, sino que se refirió a otros elementos, casos en los cuales se incorporó la categoría "nr", esto es, "no responde".

La información proporcionada por las entrevistas será expresada cuantitativamente a la forma de frecuencia de ocurrencia (en porcentaje). Sobre esta frecuencia de eventos se ha propuesto una primera aproximación al ciclo de vida del Salmón Chinook en la cuenca del Río Toltén.

#### 4.5. Objetivo Específico 3

Organizar y desarrollar una propuesta de manejo del Salmón Chinook consensuada a escala de la cuenca.

##### 4.5.1. Métodos y técnicas de investigación

El punto de partida para conocer a los principales actores de la Cuenca, asociados al Salmón Chinook, es entender la pesca como un fenómeno humano (McGoodwin, 2002), con dinámicas socioculturales propias, a través de una **metodología cualitativa y un enfoque etnográfico multilocal** (Marcus, 2001).

En este marco y en primera instancia, se realizó un reconocimiento de la cuenca para identificar *in situ* los actores relevantes en el territorio, que tuvieran relación con el Salmón Chinook: organizaciones, instituciones y usuarios. Se trabajó desde una mirada etnográfica en terreno, cuyo método permite la participación, abierta o encubierta, en la vida diaria de las personas durante un periodo de tiempo, observando lo que sucede, escuchando lo que se dice, haciendo preguntas, recopilando cualquier información que sirva para esclarecer el tema central de la investigación (Hammersley y Atkinson, 1994). El trabajo de campo permite obtener información de primera mano, estableciendo los vínculos sociales y humanos fundamentales con los actores, accediendo a los sentidos comunes y cosmovisiones locales (Guber, 2004) y concretamente, comprendiendo la correlación entre sus modos de vida y la dependencia al recurso.

La recolección de datos se realizó a través de trabajo de campo y entrevistas semi-estructuradas (Tabla 7), que fueron complementadas con el acercamiento etnográfico a los actores y localidades de interés, donde sus historias de vida y el contexto cotidiano percibido por el investigador a través de la observación participante, son las fuentes primordiales de información. Los contactos en cada una de las localidades se lograron a través de informantes claves, que permitieron al equipo llegar a las personas y sus organizaciones.

La entrevista semi-estructurada constituyó una herramienta de apoyo claro en la secuencia de preguntas, dejando la suficiente apertura para facilitar el abordaje de las distintas hipótesis o supuestos del investigador, permitiendo además identificar otras

estructuras de relevancia de los entrevistados, que pudieran ser de interés para explorar (De Souza, 2009). En este marco, se realizaron 42 entrevistas, tal como lo muestra la siguiente Tabla 7, en las diversas localidades de interés para el proyecto:

Tabla 7. Entrevistas semi-estructuradas realizadas.

| Localidad    | N° entrevistas |
|--------------|----------------|
| La Barra     | 18             |
| Queule       | 7              |
| Nueva Toltén | 4              |
| Pitrufquén   | 5              |
| Villarrica   | 5              |
| Cunco        | 3              |
| <b>TOTAL</b> | <b>42</b>      |

Para el análisis de las entrevistas y del acercamiento etnográfico, se realizó un análisis de contenido de los datos obtenidos (Fernández, 2002), a través de tres categorías de análisis:

- a) *Dimensión socio-económica*, considerando todos los aspectos socioeconómicos de cada grupo, como los demográficos, de remuneraciones, actividades económicas preponderantes, etc. entre otros.
- b) *Dimensión cultural*, la información relevante relacionada con los sentimientos de arraigo e identidad asociado a la pesca de los diversos grupos y que articulan los modos de vida locales.
- c) *Dimensión ecológica*, que comprende la utilización y relación con los recursos naturales disponibles en el territorio.

La interrelación entre estas categorías (Figura 33) permite comprender, de forma integral, los discursos y prácticas de cada grupo de interés asociado a la pesca del Salmón Chinook y su nivel de dependencia del mismo. Este diagnóstico inicial es el que da pie a la identificación de los actores claves y/o “*key stakeholders*”, elemento esencial para desarrollar la segunda fase de este Objetivo.

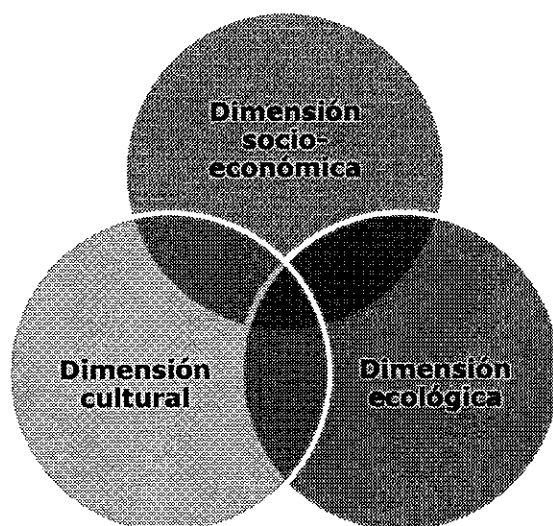


Figura 33. Diagrama Categorías de Análisis Entrevistas Semi-estructuradas

Dentro de la primera fase de la investigación, para complementar los datos obtenidos y comprender el marco territorial general, se realizó también una revisión de fuentes secundarias.

En segunda instancia, y dado el objetivo fundamental de generar una propuesta consensuada del manejo del Salmón Chinook en la Cuenca del Río Toltén, se utilizaron las herramientas metodológicas asociadas a la **planificación estratégica**. De esta forma, se elaboró para este objetivo y para todos, una matriz de marco lógico para el seguimiento de los objetivos del proyecto y sus actividades asociadas, además de sus índices de cumplimiento (Anexo 15). En este objetivo en particular se definió a su vez, tres tipos de *stakeholders* o actores claves (GTZ, 2007) a destacar en el análisis:

- Los actores claves, ya identificados en el levantamiento cualitativo y etnográfico (*key stakeholders*);
- Los actores primarios, fundamentales para el funcionamiento del consenso, pero fuera de nuestro diagnóstico inicial (*primary stakeholders*);
- Los actores secundarios, que existen en la Cuenca, que no son fundamentales para este recurso, pero sí sus actividades pueden tener repercusión en el mismo (*secondary stakeholders*).

Tras la identificación y caracterización de actores, se procedió a la etapa de planificación de talleres por grupos de interés, principalmente actores claves y

primarios, donde se presentaron los principales hallazgos del proyecto. Este proceso se realizó con el objetivo de validar la información obtenida y evaluar el compromiso de los diversos actores con la generación de acuerdos para el manejo de la extracción del Salmón Chinook.

Se buscó identificar los atributos de cada uno de los tres tipos de *stakeholders* en relación al Chinook y a la posibilidad que tiene cada uno de influir en las decisiones sobre las actividades en la Cuenca del Toltén. En relación a los Atributos relacionados con el Salmón Chinook se considera:

- a) El conocimiento que tiene el grupo sobre este recurso en particular: ciclos, ubicación, artes de pesca adecuados, vías de comercialización, etc;
- b) La dependencia del Recurso, en este caso Salmón Chinook, que posea el grupo en específico. Es decir, si los ingresos percibidos por la pesca de este recurso son fundamentales dentro de su economía o no;
- c) Importancia estratégica del grupo para la sustentabilidad del recurso, este atributo tiene que ver con cómo las prácticas de este actor pueden influir en que el recurso perdure en el tiempo.

Para el caso de los atributos relacionados con su posibilidad de influir en el territorio, específicamente la Cuenca del Toltén, las categorías son dos:

- a) PODER, entendido como el "peso" de los actores y/o *stakeholders*, al momento de influir en las decisiones locales o regionales, este aspecto también considera el manejo del grupo en los ámbitos externos para hacer primar su posición, si se tiene representatividad política, si su organización es fuerte y conoce mecanismos de presión, etc.
- b) RECURSOS, entendidos como recursos en información y formación de sus miembros, en infraestructura, en recursos monetarios, etc.

Las categorías utilizadas para los atributos son:

- ALTA
- MEDIA
- BAJA

La valoración de estas categorías se realizó en base a lo visto en terreno, al trabajo etnográfico y a los resultados de las entrevistas.

En cada taller se trabajó una matriz FODA (Fortalezas – Oportunidades Debilidades – Amenazas), que permitiera a cada grupo de usuarios identificar aspectos positivos y negativos de sí mismos y del entorno que facilitarían o dificultarían la regulación de la actividad extractiva de este recurso en la cuenca del Toltén. El análisis FODA permite realizar, a través de una actividad esquemática y participativa, una evaluación ex-ante de los grupos y organizaciones (Geilfus, 2002), que complementará las visiones previamente identificadas a través del levantamiento de información en terreno, reconociendo ventajas, inconvenientes y visualizando posibles problemáticas que deben ser abordadas dentro del *Protocolo de Acuerdos*. Se analizaron los nudos críticos que debía enfrentar una propuesta de manejo del Salmón Chinook en la Cuenca del Toltén y las oportunidades dentro de estos mismos actores para resolverlos y lograr acuerdos. Se estimaron los niveles de conflictividad y posibilidad de trabajar en conjunto, en pos de una propuesta de manejo consensuado. Este análisis buscó identificar los conflictos entre los *stakeholders*, aquellos grupos más aislados, aquellos que pueden formar alianzas y que pudieran generar acuerdos.

Con esta información se realizó una segunda fase de talleres, donde se reunieron a los actores entregándoles esta información elaborada por el equipo y que fue complementada en el taller con dos ejercicios. El primer ejercicio consistió en discutir nuevas ideas de oportunidades para resolver los nudos críticos desde los actores en un formato abierto, lo que sería la base del *Protocolo de Acuerdos* y uno de los productos del presente estudio. El segundo ejercicio consistió en una visión de futuro construida de manera participativa. Para esta instancia, se trabajó con la técnica de lluvia de ideas o *brainstorming*, que busca generar nuevas informaciones sobre temas específicos y promover el pensamiento creativo entre los participantes, siendo muy provechosa para la investigación social (De Souza, 2009).

Finalmente, en base a lo elaborado en estos talleres se construyó un *Protocolo de Acuerdos* para el manejo del Salmón Chinook en la Cuenca del Toltén, el que fue presentado a los actores en el taller final. Dicho protocolo, más una *Propuesta de Uso*, incluyó los resultados del levantamiento de información social, cultural y etnográfica en terreno y desde los talleres, se integraron con la información biológica del recurso

obtenidas desde la captura (Objetivo Específico 1) y la información física de la cuenca y el modelo espacio-temporal (Objetivo Específico 2).



Tabla 8. Resumen Propuesta Metodológica.

| ACTIVIDADES REALIZADAS                                                                                                                          | METODOLOGÍA PROPUESTA                                                                                                                                                                                             | OBJETIVO DE LA METODOLOGÍA                                                                                                                              | ENFOQUE METODOLÓGICO                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Reconocimiento de la cuenca y observación en terreno para identificar in situ actores relevantes, posibles organizaciones y usuarios en general | Observación en terreno<br>Revisión de fuentes documentales<br>Levantamiento de datos socioeconómicos<br>Incorporación equipo social al resto de las actividades para comprender lógica del recurso y sus actores  | Reconocimiento y aproximación al objeto de estudio                                                                                                      | Etnografía<br>Aproximación cualitativa<br>Revisión de fuentes secundarias |
| Aplicación de entrevistas <sup>1</sup> a actores claves involucrados en la captura, comercialización y turismo del Salmón Chinook.              | Aplicación de Entrevistas semi estructuradas, en base a pauta elaborada de forma interdisciplinaria para recoger datos básicos de los actores claves y responder a varios de los objetivos del estudio (Anexo 12) | Conocer desde la fuente primaria al objeto de estudio, y recabar mayores datos específicos de los usuarios, para hacer comparaciones y generalizaciones | Aproximación cuantitativa y cualitativa                                   |
| Talleres por grupos de interés                                                                                                                  | Devolución de información: la                                                                                                                                                                                     | Validar el estado de avance del                                                                                                                         | Planificación                                                             |

<sup>1</sup> En la propuesta inicial del proyecto se presentaron las encuestas como mecanismo para levantar la información, sin embargo, dada la cantidad y profundidad de información requerida, se optó por realizar entrevistas para cumplir a cabalidad el objetivo.

|                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                               |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| para devolución de información y análisis FODA en relación a la extracción del Chinook. | entrega de información a los usuarios es fundamental para su validación y compromiso para el paso siguiente<br>Análisis FODA: permite analizar las fortalezas y debilidades de cada grupo, en relación a su propia organización y las amenazas y oportunidades externas, para generar una matriz de <i>stakeholders</i> en relación a una posible regulación del recurso. | estudio y agradecer la participación de los actores. Además lograr generar un análisis de posiciones “realista” de cada uno de los actores.                   | estratégica                  |
| Trabajo de Gabinete<br>Equipo social                                                    | En base a toda la información levantada, el equipo social sistematiza, categoriza y elabora una matriz de <i>stakeholders</i> , buscando los nudos críticos que no le permiten avanzar en la concreción del objetivo nº3, además de las propuestas ya generadas para resolverlos de cada grupo.                                                                           | Este insumo será la base para la discusión del segundo paso en el análisis y levantamiento de propuesta, para generar un piso de acuerdos en el taller final. | Planificación<br>estratégica |
| Talleres de Diálogo entre diversos actores de la Cuenca,                                | Técnicas de análisis grupal para generar Visión de futuro colectiva y                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Buscar puntos en común y compromisos por cada uno de                                                                                                          | Planificación<br>estratégica |

|                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                |                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| tanto de la Cuenca Alta y Baja del Río Toltén e instituciones fiscalizadoras, para lograr acuerdos y sentar las bases mínimas para generar un manejo consensuado. | oportunidades de resolver nudos críticos, lluvia de ideas para la generación de acuerdos y diálogos que se realizan a partir de la exposición de esta matriz de stakeholders por parte del equipo social. | los actores                                                                                                                                    |                           |
| Taller final de entrega y validación de resultados y protocolos de acuerdo con una propuesta consensuada de manejo.                                               | Exposición de todo el proceso y entrega del protocolo de acuerdo sistematizado.                                                                                                                           | La información levantada y los acuerdos generados se validan en la plenaria con todos los actores presentes y con las autoridades pertinentes. | Planificación estratégica |

#### 4.5.2. Definición del Área de Estudio: alcances y limitantes

La aproximación metodológica tuvo a su vez un correlato territorial, subdividiendo el área de estudio en cuatro zonas principales de acuerdo a la Figura 6.

Las localidades seleccionadas por cada zona para el levantamiento de información en terreno y aplicación de entrevistas fueron las siguientes:

- a) Zona costera: Queule
- b) Curso Inferior: La Barra, Nueva Toltén
- c) Curso Medio: Pitrufrquén
- d) Curso Superior: Villarrica, Pucón Cunco

Si bien inicialmente la exploración se propuso por todas aquellas las comunas y localidades que tuviesen algún grado de vinculación a los distintos tipos de actividades socioeconómicas existentes en torno al Salmón Chinook, existieron dificultades para abarcar la cuenca en su totalidad, principalmente dada la gran extensión de ésta y los distintos grados de interés y/o niveles de organización de los grupos de actores. Se realizaron numerosos intentos de concretar contactos con organizaciones o grupos de otras localidades sin alcanzar el éxito esperado de generar acercamientos concretos que los involucraran dentro de la investigación.

Considerando las dificultades logísticas y territoriales ya expuestas, la identificación y caracterización de los actores y grupos de interés se trabajó desde el enfoque de la etnografía multilocal. De acuerdo a Marcus (2001), este recurso define los objetos o sujetos de estudio se construye a partir del rastreo de cadenas, sendas o tramas de locaciones donde el/la investigador/a tomó presencia, ya sea literal o física, realizando conexiones o asociaciones entre las distintas evidencias del proceso de investigación. De esta manera, desde los discursos de los distintos actores e instituciones abarcadas y la observación científico-social en terreno, se comprenden las interrelaciones entre los territorios, construyéndose así el panorama general de la cuenca.

4.5.3. Cronograma de Trabajo

El equipo social del proyecto estuvo presente en prácticamente todos los meses de ejecución, siendo múltiples las actividades realizadas, tal como lo detalla el cronograma en la página siguiente:

Tabla 9. Cronograma de Actividades Objetivo 3.

| Actividades                                                                                                  | Meses   |  |  |  |           |  |  |  |           |  |  |  |       |  |  |  |      |  |  |  |       |  |  |  |       |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--|--|--|-----------|--|--|--|-----------|--|--|--|-------|--|--|--|------|--|--|--|-------|--|--|--|-------|--|--|--|
|                                                                                                              | Octubre |  |  |  | Noviembre |  |  |  | Diciembre |  |  |  | Enero |  |  |  | Mayo |  |  |  | Junio |  |  |  | Julio |  |  |  |
| Terreno 1. Levantamiento información cuenca baja y media: Pesca Artesanal, Pesca Recreativa, Sector Turismo. |         |  |  |  |           |  |  |  |           |  |  |  |       |  |  |  |      |  |  |  |       |  |  |  |       |  |  |  |
| Revisión de fuentes secundarias, transcripción y análisis de datos terreno 1                                 |         |  |  |  |           |  |  |  |           |  |  |  |       |  |  |  |      |  |  |  |       |  |  |  |       |  |  |  |
| Terreno 2. Levantamiento datos cuenca alta: Pesca Recreativa, Pesca Furtiva.                                 |         |  |  |  |           |  |  |  |           |  |  |  |       |  |  |  |      |  |  |  |       |  |  |  |       |  |  |  |
| Análisis de datos y elaboración Informe de Avance.                                                           |         |  |  |  |           |  |  |  |           |  |  |  |       |  |  |  |      |  |  |  |       |  |  |  |       |  |  |  |
| Revisión de fuentes secundarias. Análisis de contenido datos terrenos 1 y 2.                                 |         |  |  |  |           |  |  |  |           |  |  |  |       |  |  |  |      |  |  |  |       |  |  |  |       |  |  |  |
| Terreno 3: Levantamiento datos cuenca media: Pesca Recreativa, Sector Turismo.                               |         |  |  |  |           |  |  |  |           |  |  |  |       |  |  |  |      |  |  |  |       |  |  |  |       |  |  |  |
| Revisión de hallazgos, planificación talleres locales                                                        |         |  |  |  |           |  |  |  |           |  |  |  |       |  |  |  |      |  |  |  |       |  |  |  |       |  |  |  |
| Taller Informativo                                                                                           |         |  |  |  |           |  |  |  |           |  |  |  |       |  |  |  |      |  |  |  |       |  |  |  |       |  |  |  |

[illegible]

El trabajo a su vez, se distribuyó en dos etapas principales:

a) *Levantamiento de información con actores locales y revisión de fuentes documentales entre los meses de Octubre de 2014 y Enero de 2015*

En esta etapa se realizaron observaciones en terreno, donde el equipo social se incorporó a las distintas actividades programadas dentro del proyecto para comprender la lógica que opera a nivel local en torno al recurso del Salmón Chinook y generar un acercamiento a la realidad de los actores. En esta fase se recogieron datos socioeconómicos y se aplicaron las entrevistas semi-estructuradas, con su posterior transcripción y análisis. En estos meses se abarcó las localidades de La Barra, Queule, Nueva Toltén, Pitrufrquén, Cunco y Villarrica.

*b) Planificación y desarrollo de Talleres Locales con actores relevantes de la cuenca entre Mayo y Julio de 2015*

Una vez identificados los principales *stakeholders*, se realiza un análisis interno y se generan los talleres participativos, primero como espacio de devolución de la información, segundo para identificar nudos críticos y puntos clave con el fin de generar acuerdos entre los distintos grupos de interés. Resultados que fueron presentados en el Taller Final de Difusión, durante el mes de julio de 2015.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Objetivo Específico 1

#### 5.1.1. Revisión bibliográfica

##### 5.1.1.1. Tiempo de ingreso a agua dulce

El concepto “*run*” está asociado a la población de salmones que retorna a un río o lago antes del desove. El período de ingreso al agua dulce de individuos conocido como “*run timing*”, y se define como la mediana de la fecha de ingreso de salmónidos al agua dulce luego de crecer y alimentarse en el océano (Quinn 2005). Este parámetro es importante para conocer la dinámica espacial y temporal de salmónidos. Por ejemplo, un *run* de invierno correspondería a la población de peces que ingresa a agua dulce para luego iniciar el remonte a las zonas de reproducción. En el rango nativo de distribución del Salmón Chinook, estudios indican que el ingreso de individuos adultos desde áreas marinas hacia ríos es variable en el espacio (i.e. ríos, tributarios o lagos) y en el tiempo, posiblemente debido a variaciones ambientales en varias escalas—interanuales, fenómenos como El Niño, y fluctuaciones inter decadales (Mantua *et al.* 1997).

La mayor cantidad de estudios referente a *run timing* en Salmón Chinook provienen del Hemisferio Norte. Estos corresponden principalmente a informes de Departamentos de Pesca y Caza en varios estados de EEUU (e.g. Alaska, Washington, California, Idaho: ADFG 2014, Hess *et al.* 2014, Keefer *et al.* 2004, Satterthwaite *et al.* 2014, Hearn *et al.* 2014) y Canadá (e.g. British Columbia, Yukon) (DFO 2014). En el estado de Alaska, Estados Unidos, se han descrito *runs* de primavera, verano, otoño e invierno. El tipo de *run* predominante es el de verano (junio), seguido del período de primavera (mayo), mostrando un patrón de ingreso a agua dulce diferente al general en otoño tardío e invierno (noviembre a febrero) en el área Prince William Sound y Resurrection Bay, donde hay un máximo de disponibilidad de individuos grandes (i.e. adultos). En los estados de Washington, Oregon y Idaho, en donde el Río Columbia es alimentado desde muchos tributarios, se han observado *runs* de primavera y verano (Hess *et al.* 2014, Keefer *et al.* 2004). Sin embargo, comparando temporalmente los meses donde comienza el ingreso, desde los registros de Keefer *et al.* (2004) y Hess *et al.* (2014), se puede observar una amplia variabilidad en “*run timing*”. Por ejemplo, para los ríos John Day, Yakima, Columbia (superior), Snake (inferior), y Clearwater, el *run timing* descrito por Keefer *et al.* (2004) fue el mes de abril, al contrario de



lo observado por Hess *et al.* (2014), donde el inicio del *run timing* fue en mayo. Para los ríos South Fork Salmon y Salmon (superior), el *run timing* descrito por Keefer *et al.* (2004) fue en el mes de mayo, a diferencia de lo observado por Hess *et al.* (2014) donde el inicio del *run timing* fue en junio. En el estado de California, en el Río Sacramento, se puede encontrar diferentes *runs* (i.e. invierno, primavera, otoño, otoño tardío), aunque en este río se encuentra un *run* de invierno muy particular, ya que presenta un período de desove único en toda su distribución geográfica nativa (Quinn 2005).

En Nueva Zelanda, existen varios estudios que muestran evolución rápida del *run timing* de poblaciones de Chinook retornantes a los ríos Rakaia y Waitaki (Quinn *et al.* 2000, Quinn & Unwin 1993). Se trata por lo tanto de un rasgo altamente heredable que puede ser rápidamente seleccionado por el ambiente. Para el Río Waitaki, las poblaciones de Chinook no experimentaron cambios en el tiempo de ingreso a agua dulce entre el año 1993 y 2000. Sin embargo, para el Río Rakaia, el *run timing* para el año 1993 fue registrado en el mes de febrero y continuando en marzo, mientras que para el año 2000 el *run timing* registrado fue en el mes de marzo, lo que mostrando retrasos en el periodo de remonte (Quinn *et al.* 2000, Quinn & Unwin 1993).

En Argentina el *run timing* registrado para el Río Caterina entre febrero y marzo, sin embargo, en el Río Santa Cruz es sólo durante marzo (Ciancio *et al.* 2005). En Chile, el establecimiento de Salmón Chinook a lo largo de la Patagonia (Correa & Gross 2008) da cuenta de diferentes registros de retornos en la distribución que ocupa. Desde uno de sus establecimientos más al norte, Río Toltén y tributario Río Allipén, se ha determinado que aquella población presenta un *run timing* en los meses de otoño (Correa & Gross 2008). En el tributario Los Patos del Río Petrohué en la región de Los Lagos se ha especificado un *run* en el mes de abril (Soto *et al.* 2007, Jara & Soto 1996). En la región de Aysén, para los ríos Simpson y Aysén se ha registrado una *run timing* en el período de verano (Behnke 2002, Niklitschek *et al.* 2011, Niklitschek & Aedo 2002). En el Río Pascua y en el Río Baker se han descrito retornos de individuos en el mes de marzo (Correa & Gross 2008). Cayún (2010) indicó que los individuos de Chinook que habitan el Río Jaramillo, cuenca del Río Baker (XI región), podrían presentar *runs* de primavera dada la información recopilada para la temporada 2006 – 2007. Por último, basado en la estructura poblacional observada por Escobar (2014) en los muestreos realizados en el Río Palena, la población de Chinook correspondería a un *run* de verano.

#### 5.1.1.2. Abundancia

Para definir qué tan abundante es un remonte o retorno de salmones, nos referimos a "*run size*". Existe variada literatura que indica la enorme variabilidad en abundancia de diferentes tipos de *runs*, así como también la variabilidad temporal de la abundancia del retorno de una misma población. El *run size* de una población puede presentar gran variabilidad entre años; por ejemplo, Hess *et al.* (2014) mediante marcaje y recaptura describieron una disminución en abundancia en Río Columbia desde alrededor de 353.000 peces (año 2004) a 124.000 (año 2007). Chase *et al.* (2007) estimó los siguientes tamaños poblacionales (en número de individuos) para el Río "Ruso" (Russian river, California): Año 2001 = 20,021; Año 2002 = 225,135; Año 2003 = 46,579; Año 2004 = 91,352. Aunque estos ejemplos demuestran las fluctuaciones temporales del *run size* de Salmón Chinook en su distribución nativa (Beckman & Larsen 2005, Bradford 1994, Chase *et al.* 2007, Hess *et al.* 2014, Murry *et al.* 2010), se observa una tendencia general a la disminución de la abundancia (Chase *et al.* 2007). Paradójicamente, las poblaciones de Salmón Chinook introducidas en Nueva Zelanda y Sudamérica han incrementado su abundancia de forma exponencial desde que artificialmente colonizaron estas latitudes (Soto *et al.* 2007; Correa & Gross, 2008).

Existen diferentes factores que pueden afectar el *run size*. Uno de ellos es la creación de represas para la obtención de electricidad producen una disminución en los caudales de agua y por lo tanto generan una disminución en la abundancia de individuos adultos que posteriormente van a desovar (Bradford 1994). Por otro lado, características medioambientales como la oscilación decadal del Pacífico—parecido a la oscilación del sur El Niño pero de mayor amplitud—donde la temperatura superficial del mar aumenta (e.g. Mantua *et al.* 1997) han sido descritas como factores que afectan positiva o negativamente la abundancia de Salmón Chinook (e.g. Crozier & Zabel 2006).

Los ejemplos anteriores fueron descritos para salmón Chinook en su rango de distribución nativo. En su rango no nativo, la literatura es más escasa. En Argentina, específicamente en el Río Caterina, mediante conteo directo se estimó la presencia de 134 individuos maduros en el área de desove (Ciancio *et al.* 2005), lo cual es un valor muchísimo más bajo que lo descrito en su rango nativo (e.g. Beckman & Larsen 2005, Hess *et al.* 2014, Murry *et al.* 2010).

Registros de abundancia para Chile han reportado estimaciones desde 1990 en adelante en diferentes sectores. Por ejemplo, se registró baja abundancia de salmón Chinook en el mar

interior de Chiloé (16 individuos) y Aysén (0 individuos) entre los años 1995-1996, capturado mediante redes de enmalle, aunque con más frecuencia en invierno en Calbuco, Lemy y Pichicolo (Soto *et al.* 1997). En el año 2000, un bajo número de individuos fue capturado en aguas continentales en los alrededores de centros de cultivos, no así en sitios de muestreo en el mar (Intesal 2000). Posteriormente, Gallardo (2006) en el Río Cobarde, Aysén, capturo 14 y 25 adultos en las temporadas 2003-2004 y 2004-2005, donde las hembras presentaron un tamaño medio mayor que los machos. La abundancia de juveniles en el Río Cobarde, basado en captura por unidad de esfuerzo, fue de 0,6 peces / hr / equipo (Gallardo 2006). En el Río Petrohué, región de Los Lagos, se estimó una densidad de 0,2 individuos juveniles por m<sup>2</sup> y las mayores densidades ocurrirían en septiembre y octubre (año 2004) (Soto *et al.* 2007). Por otro lado en el Río Poicas, región de Los Lagos, se estimó una densidad mayor de 0,35 individuos juveniles por m<sup>2</sup> (Soto *et al.* 2007), mayor que en el Río Petrohué. El valor más bajo que hemos podido registrar al momento de esta revisión bibliográfica se fue obtenido en Río Negro-Hornopirén, encontrándose 0,03 individuos juveniles por m<sup>2</sup> (Soto *et al.* 2007). En el Río Jaramillo, se estimó una abundancia de 190 individuos  $\pm$  48 (EE) basado en marcaje y recaptura (Cayún 2010). Basado en conteo visual directo, se contó en un día hasta 81 peces, de los cuales 50 eran cadáveres y 31 individuos vivos, lo cual fue un buen estimador de la abundancia de salmón Chinook en uno de los tramos del Río Jaramillo (Cayún 2010). Utilizando conteo de nidos como medida de abundancia, se estimó un total de 42 individuos a partir de 21 nidos registrados y considerando un total de dos individuos adultos por nido (Cayún 2010). Por último, la abundancia del salmón Chinook en el Río Jaramillo basado en el conteo de cadáveres estimó una abundancia de 100 individuos (Cayún 2010). Por último, se capturó un total de 127 individuos de Chinook desde el fiordo de Aysén, a donde desemboca la cuenca del Río Aysén (Niklitschek *et al.* 2011).

#### 5.1.1.3. Estructura de tallas

La composición de estructura de tallas en Salmón Chinook varía según sexo, edad y población. La estabilidad en cada uno de estos factores es alta, sin embargo perturbaciones o modificaciones medioambientales pueden generar cambios. Algunos ejemplos en su distribución nativa (e.g. Alaska) son detallados a continuación:

Para el Río Chena, Alaska se encontró que las tallas de los individuos muestreados en verano del 1992 el rango de hembras fue de 645 – 980 mm, mientras que en machos fue de 460 – 1085 mm. Individuos menores a 750 mm fueron principalmente machos, y en promedio las hembras fueron presentaron mayores tamaños que machos (Everson 1992).

Para el año siguiente en el río Chena, se encontró que las tallas de los individuos muestreados osciló entre 345 y 995 mm para ambos sexos, sin embargo las hembras presentaron rangos de talles sustancialmente mayores, esto es para hembras entre 720 – 995 mm (862 mm; SE = 3) y machos entre 345 – 955 mm (593 mm; SE = 8) (Everson 1993). Esta diferencia estuvo asociadas el rango de edades asociadas a cada sexo (i.e. hembras 3+ a 5+ años, y machos 1+ a 4+ años). La estructura de tallas asociadas a edades para ambos sexos dio cuenta que para edad 1 el rango de tallas fue de 345 – 440 mm; edad 2 el rango fue 380 – 855 mm; edad 3 fue de 590 – 895 mm; edad 4 fue de 750 – 970 mm (Everson 1993). Esto da cuenta de mantención en tendencias con pequeñas variaciones entre diferentes años para un mismo río (Everson 1993). En el Río Unuk, Alaska se encontró un rango de tallas para ambos sexos entre 460 – 1000 mm, donde las clases de edad más frecuentes para machos fueron 4+ y 5+, en cambio para hembras sólo 5+ (Pahlke *et al.* 1996). En el río Kuskokwim se estimó la composición de tallas por sexo para diferentes partes del río (baja, media y alta). Para la zona baja del río se encontró que la hembras tendieron a ser mas grandes que los machos en casi todas las edades, excepto para las edad menor (i.e. edad 3+). Para el curso medio y superior, se observó la misma tendencia, siendo la hembras de mayor tamaño que los machos, en todas las edades (Molyneaux *et al.* 2004).

Roni *et al.* (1995) estimaron la variación en talla para un total de 108 poblaciones de salmón Chinook en norteamérica. Los resultados mostraron que el promedio para todas las poblaciones fue mayor en machos (45, 5 cm) que en hembras (28,6 cm). No encontrando diferencias en el largo promedio para los diferentes ecotipos, *stream-type* y *ocean-type*. Roni *et al.* (1995) sugieren que las diferencias en tamaños poblacionales entre las diferentes poblaciones puede ser producto de adaptaciones locales en periodos de etapa en agua dulce.

En Río Los Patos en Petrohué los tamaños obtenidos oscilaron entre 73 – 130 cm de longitud (Soto *et al.* 2007). Para el río Toltén se ha estimado una distribución de frecuencias para ambos sexos entre 786 – 956 mm, siendo los machos los que presentan mayor tamaño promedio que las hembras, 913 mm y 852 mm, respectivamente (Correa & Gross 2008). Para el río Petrohué, se ha observado un rango de talla entre 730 – 1100 mm para ambos sexos, para el río Aysén un rango de 750 – 1215 mm, y para el río Baker un rango de tallas entre 600 – 1260 mm (Correa & Gross 2008). En todos estos casos los individuos machos presentaron mayores tamaños promedio que las hembras (Correa & Gross 2008).

En Argentina, específicamente en el río Santa Cruz, se estimó un rango de talla entre 660 – 1040 cm para el año 2003 y 470 – 990 cm para el año 2004 (Ciancio *et al.* 2005). Por otro

lado, se ha estimado un rango de talla en salmón Chinook en la Patagonia entre 53 – 120 cm en río Corcovado, 88 – 100 cm en río Futaleufú y 84 – 111 cm para río Pico (Di Prinzio & Pascual 2008).

En Chile, para el río Cobarde se encontraron similares rangos de tallas para las temporadas 2004 y 2005, oscilando entre 79 – 102 cm y 57 – 109 cm, respectivamente (Gallardo 2006). Para el río Jaramillo, fue de 60 – 126 cm para el año 2004 (Cayún 2010). Para el río Palena las tallas observadas oscilaron entre 3,6 – 23,3 cm, siendo las tallas mas comunes menores a 5 cm (Escobar 2014). Además se registró en río Palena y para el lago Claro que hembras fueron de mayor tamaño que machos para una misma edad, 4+ y 2+, respectivamente (Escobar 2014).

#### 5.1.1.4. Biología reproductiva

La biología reproductiva del Salmón Chinook presenta un ciclo de vida complejo. Los adultos vuelven a desovar a su río natal, en su mayoría en otoño, salvo algunas excepciones (Quinn, 2005). Los desovantes pueden pertenecer a dos o tres grupos de edad o cohortes, lo que sugiere que pueden madurar y migrar desde o hacia a los ríos a diferentes edades (Figura 2). Su reproducción está mediada por un proceso intrincado de cortejo entre el macho y la hembra. La hembra selecciona, prepara y custodia los sitios de ovipostura en el lecho del río (i.e. nidos o *redds*), los que pueden encontrarse a cientos de km de la desembocadura del río (Chase *et al.* 2007). Una vez formada la pareja reproductiva, el macho libera la esperma que fertilizará los huevos (Quinn, 2005). Del proceso de reproducción podemos obtener individuos juveniles *parr* prematuros (edad 1) o *mini-jack* (edad 2) que pasan todo su ciclo de vida en agua dulce, así como individuos subadultos que migran hacia el mar. Éstos últimos, si pasan un año en agua dulce previo a migrar al mar se les denomina ecotipo *stream* y si migran directamente hacia el océano se les llama ecotipo *ocean* ([www.nwfsc.noaa.gov](http://www.nwfsc.noaa.gov)). Los individuos que migran hacia el océano pueden pasar 3 a 5 años previo a volver a reproducirse nuevamente (Quinn, 2005).

En los eventos de reproducción, *parr* prematuros, *mini-jack* y adultos que migraron desde el océano compiten para fecundar huevos de las hembras. De esta manera, se había pensado que machos más grandes y agresivos tendrían mayor éxito reproductivo que *parr* prematuros o *mini-jack*, sin embargo estos últimos presentarían esperma de mayor calidad que machos dominantes, lo cual le da una ventaja para poder reproducirse, teniendo en

cuenta lo agresivo que son los machos dominantes respecto a los pequeños (Young *et al.* 2013).

Uno de los puntos importantes en el ciclo de vida Salmón Chinook, es la sobrevivencia de los estados tempranos. Se ha descrito que la hembras ejercen un efecto en la sobrevivencia desde huevo a huevo con ojo, pero no así los machos (Wipf & Barnes 2012). Por otro lado, en condiciones de cultivo, se ha determinado que la máxima sobrevivencia se encontró en huevos que se le extrajo el líquido del ovario previo a la fertilización (Wipf *et al.* 2011). Esto último es bastante útil debido a que, en el Hemisferio Norte, hay muchos programas de escapes de juveniles previamente criados en centros de cultivos para mantener las poblaciones de los ríos en su distribución geográfica nativa. Williamson *et al.* (2010) encontraron que el éxito reproductivo y la sobrevivencia en machos y hembras está influenciado por diferentes factores, o una combinación de ellos: el tamaño aumenta el éxito reproductivo y sobrevivencia en hembras, mientras que en machos, una combinación de tamaño y la edad determinan su éxito reproductivo y sobrevivencia. El máximo de actividad reproductiva se alcanza generalmente en otoño para todos los *runs*; sin embargo, el *run* de invierno del río Sacramento desova en primavera y verano (Banks *et al.* 2000; Quinn 2005).

Estudios en Argentina han demostrado que el Salmón Chinook mantiene dentro de su comportamiento la construcción de nidos o *redds* para aparearse (e.g. Río Caterina, Río Lapataia y Río Ovando, Canal Beagle) (Ciancio *et al.* 2005, Fernández *et al.* 2010). Los nidos fueron encontrados en áreas caracterizadas por un caudal de agua moderado y un tamaño de grava pequeño (10-100 mm) (Ciancio *et al.* 2005). Fernández *et al.* (2010) encontraron diez individuos maduros entre marzo y mayo, consistentes con el ecotipo *stream* en el Río Lapataia y Río Ovando, Canal Beagle. Esto último indicaría que individuos de estos ríos pasarían al menos un año en agua dulce previo a emigrar hacia el océano.

En Chile se ha observado retornos masivos para desovar en los años 1995, 1996, 2000 y 2004, con un máximo de desove en los meses de marzo y mediados de mayo (Soto *et al.* 2007). En la cuenca del Río Aysén, Niklitschek & Aedo (2002) determinaron un período pre-reproductivo y reproductivo entre los meses de enero, febrero y marzo. En el Río Cobarde, región de Aysén, la temporada de desove en el Río Cobarde se ha reportado en febrero, en donde se avistaron los retornos de adultos hacia las áreas de desove (Gallardo 2006). Según (Gallardo 2006), la proporción sexual no fue la misma entre las temporadas 2003-2004 (a favor de los machos—0,71: 0,39) y la temporada 2004-2005 (a favor de las hembras—0,64:

0,36); sin embargo, estos resultados pueden ser no concluyentes dado el bajo número de ejemplares muestreados.

La construcción de nidos y el periodo reproductivo del Chinook en el Río Cobarde se extendió desde el 8 de marzo hasta el 22 de marzo 2005 (Gallardo 2006). Las hembras prefieren aguas tranquilas y profundas para construir sus nidos. Generalmente se encontraron dos machos y una hembra por nido, aunque se observó también la presencia de hasta cuatro machos en un nido compitiendo por reproducirse (Gallardo 2006). La densidad de nidos por hectárea fue de 2,7 en el Río Cobarde y el tiempo en construirlos es de dos semanas (Gallardo 2006). Por último, se relacionó el aumento de caudal, producto de las lluvias, con el período reproductivo (Gallardo 2006).

En el Río Petrohué se han contabilizado una gran cantidad de nidos—entre 420 y 560—y estimando unos 800 individuos en la misma sección del río (Soto *et al.* 2007). Por otra parte, la descripción de nidos en el Río Jaramillo en la región de Aysén dada por Cayún (2010), mostró un total de 21 y 66 nidos para las temporadas 2006-2007 y 2007-2008, respectivamente, donde hembras estaban acompañadas por uno o cuatro machos. La estacionalidad reproductiva en el Río Jaramillo para el salmón Chinook en las temporadas entre el 2006 - 2007 da cuenta de un inicio a mediados de noviembre llegando a la subcuenca del Lago Vargas, donde luego a principios de marzo hubo avistamientos en el Río Jaramillo y con un término de período reproductivo a fines de abril. Por otro lado, para la temporada 2007- 2008 los primeros avistamientos variaron con respecto a la temporada anterior, esto es, a fines de enero, febrero y marzo (Cayún 2010).

En el Lago Puyehue, X Región de los Lagos, se ha observado la presencia de individuos maduros con un tamaño igual o superior a 40 cm de largo (Soto *et al.* 2007). En términos de fecundidad, hembras entre 85-95 cm de largo obtenidas en el río Petrohué presentan entre 4180 y 4950 huevos maduros (Soto *et al.* 2007). Para individuos colectados en el Río Palena, se registraron estados reproductivos avanzados en los meses de febrero y marzo (2012), sin embargo la mayoría de los individuos estuvieron en estados I y II (Escobar 2014). Hembras maduras (estados III – IV y estados V – VI – VII) fueron registradas en el Río Palena y en el Lago Claro Solar, que presentaron una longitud de 84 cm y 49, 4 cm, respectivamente (Escobar 2014). Por otro lado, para machos, solo en el Río Palena se encontraron en estados III – IV (71, 4 cm) y estados V – VI – VII (113,2) (Escobar 2014). Individuos retornantes maduros tanto hembras como machos presentaron una edad de 4+ (Escobar 2014).

#### 5.1.1.5. Hábitats

El hábitat donde se distribuye el Salmón Chinook es importante a lo largo de su ontogenia (i.e. estadios tempranos, alevines, juveniles y adultos), ya que juega un papel importante para aspectos reproductivos, migratorios, sobrevivencia y alimentación (Quinn 2005). En general, los adultos retornantes de Salmón Chinook utilizan ríos y tributarios con ciertas características para su desove y posterior sobrevivencia de estadios tempranos, alevines y juveniles. Dentro de las características que debe tener el hábitat, al menos para el desove, son bancos de grava, en donde las características de hábitat con altas velocidades de flujo intersticial se ha descrito que confiere una ventaja moderada para la incubación de embriones (Utz *et al.* 2013).

Los rangos óptimos de temperatura para adultos retornantes varían entre diferentes *runs* de Salmón Chinook. *Runs* de invierno, primavera y verano migran río arriba en rangos de 10,6 - 19,4°C, 3,3 - 13,3°C y 13,9 - 20°C, respectivamente (Bell 1986). La profundidad mínima para que se produzcan retornos de Salmón Chinook de invierno, primavera y verano es de 0,24 m, y por último, la velocidad máxima de caudal para el desove de Salmón Chinook de invierno, primavera y verano es de 2,44 (m/s) (Thompson 1972). Estos parámetros en estudios posteriores dan cuenta de cómo, por ejemplo, la temperatura y caudal tienen una relación negativa con el tamaño de juveniles emigrantes (Zeug *et al.* 2014). Otro aspecto de las características del hábitat que promueve la permanencia de individuos de Chinook son hábitats ribereños que presentan mayor tamaño de troncos y sustrato. Hábitats con una mayor cobertura de sombras tienden además a aumentar el tiempo de permanencia de los juveniles en algunas cuencas (Zajanc *et al.* 2013). Hay que tener en cuenta que juveniles de diferentes *runs* pueden utilizar diferentes porciones de ríos o tributarios. En el Río Columbia (Oregon, EEUU), se encontró que juveniles de Chinook de diferentes *runs* usan diferentes hábitats en la cuenca de Columbia river (i.e., zona baja, media y alta) (Teel *et al.* 2014). La distribución de individuos juveniles también se ve afectada por las características del hábitat. Por ejemplo, individuos pequeños se han encontrado agregados encima de vegetación (Tabor *et al.* 2011).

Aparte de la temperatura del agua, la concentración de clorofila *a*, biomasa de copépodos, variables espaciales (Yu *et al.* 2012) y características hidrográficas (Wells *et al.* 2012) han sido correlacionadas significativamente con la densidad de Chinook. La oferta alimenticia del hábitat también juega un papel importante para que el hábitat sea utilizado por individuos de Chinook. Sin embargo, cuando el alimento escasea, una mayor área de grava puede



soportar un mayor número de juveniles y adultos pese a una baja oferta alimenticia (Utz *et al.* 2012). Las modificaciones del hábitat también juegan un papel importante para diferentes estadios de historia de vida del Salmón Chinook. Por ejemplo se ha observado una relación positiva entre tasa de desviación de aguas y arrastre de peces, lo cual genera una mayor tasa de mortalidad cerca de la presencia de desvíos (Zeug & Cavallo 2014). En un contexto metodológico, para aumentar el éxito de un proyecto marcaje-recaptura, conocer como es la calidad de agua puede por lo tanto promover un aumento en las tasas de recuperación (Zeug & Cavallo 2013).

En Chile, dentro de los antecedentes que se tienen a la fecha, Soto *et al.* (2007) describieron que características del hábitat como el caudal medio del río, parece afectar la intensidad de los retornos de Chinook. En la región de Aysén, específicamente en el Río Cobarde, se registraron temperaturas entre los 9 y 11,5°C para el período reproductivo (Gallardo 2006). Los nidos en este río mayoritariamente estuvieron distribuidos en la mitad inferior del río donde las características del hábitat fueron: 48 cm de profundidad, velocidad de corriente media 0,48 m/s y 0,22 m/s en la mitad y fondo del nido respectivamente (Gallardo 2006). En la descripción hecha por Cayún (2010), en el Río Jaramillo, se registra que el salmón Chinook prefiere microhábitats con velocidades de corriente moderada, profundidad variable y grava de tamaño entre 1-15 cm; estos atributos favorecerían la filtración de agua a través de la grava para la incubación y desarrollo de huevos. El hábitat para construcción de los nidos mostró estabilidad temporal (Cayún 2010). En el Río Palena, región de los lagos, la temperatura osciló entre 6,1°C y 14,9°C en el sector alto del río entre invierno y verano (Cáceres 2013). Por otro lado, en el sector medio del río la temperatura osciló entre 8,2°C y 13,2°C en las mismas estaciones, respectivamente (Cáceres 2013). La velocidad de corriente más alta registrada para el sector alto es de 2 m/s para invierno y 7,6 m/s en verano para el sector medio del Río Palena (Cáceres 2013).

En la región de Aysén, hábitats en donde se ha descrito la presencia del Salmón Chinook corresponden al Río Huemules, Río El Blanco, Arroyo El Negro, desagüe Lago General Carrera, desagüe Lago Quetro, Lago Tranquilo, Puente El Sordo, Puerto Bertrand, Puerto Río Tranquilo, Puerto Sánchez, Puerto Guadal, Río Baker, Río Cochrane (desagüe), Río Exploradores, y sector Río El Maqui (Sernapesca, 2015). Finalmente, en los hábitats del Río Serrano y Río Grande en la región de Magallanes y Antártica Chilena, también se ha registrado la presencia del salmón Chinook (Correa & Gross 2008; Sernapesca 2012b), lo que sugiere que reúnen las características necesarias para el establecimiento de la especie.

#### 5.1.1.6. Migraciones

Quinn (2005) define migración como el movimiento de individuos de una población en tiempo y espacio. El Salmón Chinook presenta un ciclo de vida anádromo, lo que significa que se reproducen en agua dulce; luego la progenie se desplaza hacia aguas oceánicas más productivas y con mayor oferta alimentaria para un mayor crecimiento somático (Quinn 2005). Antecedentes científicos sugieren que las poblaciones de Chinook que migraron hacia el océano se encuentran generalmente en aguas costeras, frecuentemente distribuidos al norte de su río de origen, mientras otras permanecen relativamente cerca de su río natal (Nicholas & Hankin 1989, Myers *et al.* 1998). Una vez que en el mar tienden a permanecer en zonas de surgencia y de aguas más frías (Quinn 2005). El movimiento en salmónidos es en respuesta a diferentes variables ambientales como temperatura, salinidad, pH, u oxígeno disuelto, por lo que los procesos de migración no son al azar (Quinn 2005). Hay registros que indican que el patrón de migración es relativamente estable en el tiempo para muchas poblaciones de Chinook entre British Columbia y Alaska, a pesar de las fluctuaciones de las características oceanográficas (Tucker *et al.* 2012).

La migración de los estados tempranos (emigración al océano) está fuertemente influenciada por los caudales; una mayor descarga de agua acumulada puede generar un desajuste entre flujo y rasgos de historia de vida y reducir éxito de la migración (Zeug *et al.* 2014). Otro factor importante es la oferta alimentaria; si es abundante, juveniles de Chinook tienden a migrar más lentamente. Tomaro *et al.* (2012) encontraron una relación significativa entre el tiempo de emigración y la abundancia de copépodos. Steel *et al.* (2013) sugirieron que el caudal del río sigue siendo una de las variables más importantes para predecir la ruta migratoria de smolts.

En cuanto a aspectos de velocidad de migración, se han descrito varias tasas. Juveniles de Chinook del Río Snake (Oregon, EEUU) se mueven río abajo hasta 169 km (7,5 km/d) y más de un 90% pasa a través de una o más represas durante el invierno (Tiffan *et al.* 2012). La tasa de movimiento no es constante en el tiempo; puede variar entre años (9,2 a 11,3 km/d), aumentando desde invierno a verano (Tiffan *et al.* 2012). También existe variabilidad en cuanto a la direccionalidad y velocidad dentro de un mismo río. Juveniles del Río Sacramento (California, EEUU) mostraron un nado más directo y migraron a mayores velocidades que en el delta del Río San Joaquín (Steel *et al.* 2013).

Es ampliamente conocido que los salmones que regresan desde aguas oceánicas pasan tiempo en aguas estuarinas o migran lentamente río arriba con la finalidad de osmorregular, previo a comenzar el remonte hacia áreas de desove (Quinn 2005). Sin embargo, recientemente Strange (2013) refuta este enunciado sugiriendo que la presión de depredación de pinnípedos podría generar que individuos que remontan pasen menos tiempo en áreas de estuarios osmorregulando. Estos individuos podrían osmorregular previamente en la pluma del río y posteriormente migrar rápidamente río arriba, promoviendo una breve residencia en lagunas estuarinas y una rápida migración en estos hábitat (Strange *et al.* 2013).

En Chile, información sobre la migración de los adultos se reduce a aspectos de *run timing*, los que ya fueron cubiertos en un párrafo anterior (ver 5.1.1.1). Por otra parte, se conoce poco sobre el *timing* de emigración de los juveniles, tópicos que sólo recientemente han comenzado a ser revelados. Por ejemplo, los Chinook retornantes a los Ríos Ñirehuao y Huemules de la Cuenca del Río Aysén corresponden en un 64% al ecotipo *stream* (emigran después de 1 año) y 36% al ecotipo *ocean* (emigran dentro del año) (Araya *et al.* 2014).

#### 5.1.1.7. Pesquería y manejo

La administración de pesquerías de salmónidos anádromos de ciclo seméiparo (i.e., que desovan sólo una vez y mueren) está basada fundamentalmente en el concepto de *escapement* ("escape"), que corresponde a la porción del stock desovante que sobrevive a la presión pesquera y alcanza las zonas de reproducción (Parsons & Skalski, 2010). El Salmón Chinook no es la excepción y puede estar sometido a altos niveles de mortalidad por pesca dependiendo del nivel de productividad de una determinada cuenca (Quinn, 2005). Metas y objetivos anuales claros y científicamente respaldados de *escapement* han resultado ser una de las medidas de administración más exitosas para salmónidos seméiparos del Hemisferio Norte, en particular Alaska, que sustenta una de las pesquerías más rentables del planeta y que ha mantenido su sustentabilidad por décadas (Hilborn *et al.* 2003). Otras herramientas, tales como el "*daily bag limit*" o un límite diario de captura, al parecer son ineficientes en otras especies anádromas y no se han implementado en salmónidos (Claramunt *et al.* 2009). En el caso de salmónidos iteróparos, con múltiples eventos reproductivos, su administración es más compleja y son menos flexibles a la explotación (Pascual *et al.* 2009).

Una de las herramientas más importantes en la administración de salmónidos anádromos o residentes, seméiparos o iteróparos, ha sido la implementación de principios de genética de

poblaciones y el uso de marcadores moleculares cuyo desarrollo se ha acelerado durante los últimos 20 años (revisado recientemente en Limborg *et al.* 2014). La filopatría de los salmónidos permite la identificación de poblaciones discretas, reproductivamente aisladas unas de otras, con consecuencias directas en su administración, dado que dichas diferencias genéticas explican parcialmente diferencias en productividad entre poblaciones que habitan diferentes cuencas (Gomez-Uchida *et al.* 2011). Por otro lado, las pesquerías de salmónidos generalmente corresponden a mezclas de poblaciones discretas al momento del retorno a aguas continentales, y dicha mezcla puede ser cuantificada mediante métodos estadísticos y marcadores moleculares (Limborg *et al.* 2014). En el caso del Salmón Chinook, Larson *et al.* (2014) recientemente describe la aplicación de decenas de miles de polimorfismos de único nucleótido para identificar poblaciones discretas que habitan el oeste de Alaska. Otras aplicaciones de la genética de poblaciones incluyen estados juveniles. Teel *et al.* (2014) encontraron evidencia para tres poblaciones genéticamente distintas mediante análisis de mezcla de juveniles emigrantes en el estuario del Río Columbia (Oregon, EEUU). En curso inferior del estuario se encontró el *run* de otoño, en curso medio una mezcla de diferentes stocks y en curso superior individuos de *runs* de verano e invierno.

En Chile, la administración de salmónidos y Salmón Chinook están circunscritas al marco de la Ley de Pesca Recreativa N°20,256 que regula la extracción de los salmónidos en aguas continentales. Sin embargo, no existen regulaciones para la extracción de salmónidos anádromos semélparos como el Salmón Chinook durante el periodo de retorno en el estuario o la zona costera.

Para la extracción de salmónidos y Salmón Chinook se requiere un permiso previo (licencia de pesca) otorgado por el Servicio Nacional de Pesca. Esta licencia da una cuota diaria de 3 ejemplares o 15 kg por jornada por pescador. La LPR indica que sólo se podrán utilizar señuelos artificiales con un anzuelo simple o triple ("araña"), plomada con peso máximo de 100 g y sin utilizar carnada viva (Sernapesca 2012). A la fecha no hay tamaños mínimos legales, pero si se aplica un período de veda que ocurre entre el lunes siguiente al primer domingo de mayo y el jueves previo al segundo viernes de noviembre de cada año. La LPR indica que algunas de estas medidas vigentes dependen de cada región (LPR, Sernapesca 2012a). Cáceres (2013) registró mediante encuestas que los pescadores recreativos del Río Palena eligen principalmente un río por su calidad y abundancia de peces, utilizando pesca con mosca, lanzamiento y arrastre como principales métodos de pesca, información que puede ser utilizada como dato para administración de pesca recreativa.

Dentro del manejo es esencial la fiscalización de la pesca furtiva, de esta manera se han cursado infracciones e incautación salmón Chinook desde el Petrohué y algunos afluentes (Sernapesca 2013), Laguna La Pata (Sernapesca 2012d) y el Río Hueñu Hueñu, ambos en la región de Los Lagos (Sernapesca 2014).

#### 5.1.1.8. Condición sanitaria

La condición sanitaria de salmónidos en planteles de crianza en cautiverio está relacionada con la exposición prolongada a factores estresantes en el cuerpo de agua (e.g., río, lago o mar) como manipulación o hacinamiento asociado con traslados. Estos pueden promover una mayor susceptibilidad a agentes patógenos (Van Gaest *et al.* 2011). Van Gaest *et al.* (2011) identificaron patógenos desde riñones de individuos de Chinook criados en centros de cultivo, donde detectaron ocho patógenos (i.e. *Aeromona hydrophila*, *Listonella anguillarum*, *Flavobacterium psychrophilum*, *Yersinia ruckeri*, *Aeromonas salmonicida*, *Renibacterium salmoninarum*, virus necrosis hematopoyética infecciosa (VNHI), virus necrosis pancreática infecciosa, y un hongo de la familia Saprolegniaceae). Los más prevalentes fueron *R. salmoninarum*, VNHI y el hongo. La prevalencia fue mayor en peces que son transportados en barcas (Van Gaest *et al.* 2011).

*Renibacterium salmoninarum* es un agente patógeno responsable por la "enfermedad bacteriana del riñón" (*bacterial kidney disease*, en Inglés) y ha sido ampliamente descrito en Chinook de diferentes *runs* (e.g. Mesa *et al.* 1998, Elliott *et al.* 1997, Weiland *et al.* 1999). Otro patógeno es el protista *Ichthyophonus* sp. cuya prevalencia y abundancia en una población de Salmón Chinook ha sido bien documentada (Zuray *et al.* 2012). En la década de los 90, Kent *et al.* (1990) indicaron la presencia de una nueva enfermedad referida como "anemia marina" que correspondería a leucemia plasmacitoidea, la cual causa una alta mortalidad (Kent *et al.* 1990, Kent & Dawe 1990). Esta enfermedad es caracterizada por una invasión general del tejido visceral y las orbitas de los ojos por células plasmacitoideas (Kent & Dawe 1990). Esta enfermedad observada en individuos de Chinook por primera vez puede ser transferida a otros salmónidos (Kent & Dawe 1990). Eaton & Kent (1992) reconocieron que la leucemia plasmacitoidea correspondía a un retrovirus, el cual fue posteriormente aislado (Eaton *et al.* 1993). Este hallazgo dio inicio a la producción de anticuerpos los cuales no tuvieron reacción en Salmón Chinook silvestre (Newbound *et al.* 1993). Dado los daños y la intención de identificarlo se crearon métodos de diagnóstico de la enfermedad (Stephen & Ribble 1996).

Otro aspecto sanitario a considerar es la contaminación orgánica de tejidos de salmónidos. Yanagida *et al.* (2012) cuantificaron la concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en juveniles de Chinook. Ellos encontraron que concentraciones de HAP de <100 a >10,000 ng/g de peso húmedo en contenido estomacal. Esto sería el resultado de la emigración juvenil a través de estuarios urbanos. Los HAP están asociados a la disfunción inmune en salmónidos juveniles (Yanagida *et al.* 2012).

En Chile, posterior a la aparición del virus ISA en el año 2009, la autoridad fijó densidades de cultivo máximas a cosecha (Res. Ex. N° 1449/2009; Sernapesca 2009) para diferentes especies de salmónidos cultivados en el país. Para el Salmón Chinook se estableció un cultivo máximo a cosecha de 10 kg/m<sup>3</sup>. Esto último se traduce finalmente en un N° de peces máximo a ingresar al inicio de etapa de engorda. Esta es la única medida de bioseguridad para mitigar la aparición de nuevos brotes de virus ISA. De la misma manera, se han llevado a cabo planes de control sanitarios por personal de Sernapesca con la finalidad de reforzar las medidas de fiscalización sanitaria sobre cargas del ectoparásito *Caligus* (Sernapesca 2012c).

Bravo (2005) registró diferentes parásitos en individuos de salmón Chinook los cuales fueron *Hepatoxylon trichuri*, *Diphyllobotrium* sp., *Anisakis* sp. y *Contracaenum* sp., donde los tres últimos tendrían potenciales efectos negativos sobre humanos, aves y mamíferos. Cayún (2010) registro la post larva de un parásito cestodo llamado *H. trichuri*, el cual ya ha sido reportado en otras cuencas tales como Toltén, Petrohué y Aysén. Este parásito no tendría efectos negativos para el consumo humano, sino a nivel económico donde produce un mal aspecto en la carne (Cayún 2010). Al igual que en estudios anteriores, Escobar (2014) registró una post larva de *H. trichuri*, mientras que Reyes (1982) da cuenta de cestodos del mismo parásito capturados en Chile.

Aunque el foco de la investigación estaba relacionado con catastrar las enfermedades en peces nativos circundantes a centros de cultivo, durante el muestreo se capturó individuos de Chinook en los cuales se diagnosticó la presencia de *Diphyllobotrium*, y un 3,2% presentó parásitos branquiales en el sector Taique del Lago Puyehue para otoño e invierno en el 1999 (Intesal 2000).

Basado en un estudio que da cuenta de los riesgos de introducción de enfermedades infectocontagiosas en salmónidos, Pinto *et al.* (2003) en su revisión se detalla que la Necrosis Hematopoyetica Infecciosa (IHN) y Piscirickettsiosis se han encontrado en

individuos de Chinook en otros países, y son enfermedades de notificación inmediata ante la Oficina Internacional de Epizootias (OIE). Piscirickettsiosis (*Piscirickettsia salmonis*) aunque reportada en inicios para salmón Coho, se ha extendido a otras especies de salmónidos cultivados en Chile dentro de estas el salmón Chinook (Campalans *et al.* 2002). Microsporidiosis afecta a varias especies de peces salmónidos marinos y de agua dulce, como salmón Chinook de cultivo (Campalans *et al.* 2002).

Aunque el salmón Chinook se distribuye en varias zonas donde no hay intervención humana (i.e. ambientes prístinos), Montory *et al.* (2010) cuantificaron concentraciones de Polutantes Orgánicos Persistentes en tejidos de salmones en el Río Huemules y Río Ñirehuao (XI región de Aysén). Aunque los valores son equivalentes a estudios en el Hemisferio Norte y bajos comparados con otros estudios, se sugiere que la incorporación de POPs puede venir desde el océano durante su ciclo de vida oceánico (Montory *et al.* 2010).

#### 5.1.1.9. Interacción con otras especies

Una de las principales ítemes alimentarios del Chinook en su rango de distribución nativo es el Clupeiforme *Alosa pseudoharengus* (Claramunt *et al.* 2009). Tal es la interacción y el consumo de los Chinook que se ha evaluado el colapso de algunas poblaciones de *A. pseudoarengus* (Murry *et al.* 2010). En los últimos 50 años la interacción de Chinook con sus presas disminuyó o desapareció (basado en dieta) con las siguientes especies: *Sebastes* spp., *Eufausidos* (krill), el arenque *Clupea pallasii*, el calamar *Doryteuthis opalsecens* (Thayer *et al.* 2014). Por otro lado, desde 2000 aumentó el consumo de *Sardinops sagax* y *Engraulis mordax* por parte de Chinook (Thayer *et al.* 2014).

En términos de competencia, Spilseth & Simenstad (2011) compararon la dieta entre juveniles de Chinook y el Espinoso (*Gasterosteus aculeatus*). Ellos encontraron competencia entre recursos explotados entre ambas especies, principalmente entre tasa de consumo, aunque la dieta se traslapó entre marzo y junio (Spilseth & Simenstad 2011). En el caso de interacción con otros salmónidos, basado en experimentos controlados, McMichael & Pearsons (1998) indicaron que no hay un efecto negativo en tasas de crecimiento o abundancia de la trucha arcoíris *Onchorhynchus mykiss* por parte del Salmón Chinook.

En una revisión de salmónidos en Sudamérica, se determinó que el Chinook, así como salmón del Atlántico y Coho, difieren bastante en caracteres como tamaño corporal y rango respecto a Galáxidos, lo que puede dar como resultado que estos dispersen más

rápidamente y tiendan a tener un mayor potencial de depredación sobre especies de peces nativos, resultado de su ventaja en tamaño (García de Leaniz *et al.* 2010). Basado en observaciones de campo en el Río los Patos, Petrohué, los huevos de Chinook son consumidos por trucha arcoíris, trucha café, salmón coho, trucha de arroyo y crustáceos del género *Aegla* sp. (Soto *et al.* 2007). Por otro lado, se ha observado un incremento en depredación de parte de salmónidos (incluido Chinook) sobre las especies nativas (i.e. *Galaxias platei*, *G. maculatus* y *Aplochiton zebra*; Arismendi *et al.* 2009). Vargas *et al.* (2010) evidencia el solapamiento que hay entre juveniles de salmón Chinook con el pez nativo *Trichomycterus areolatus* en el Río Allipén, evidenciando el efecto negativo de parte de los juveniles de Chinook al bagre. Ibarra *et al.* (2011) concluyeron que los juveniles de Chinook corresponden a una nueva interacción negativa para la fauna íctica patagónica nativa, ya que ingresan a los sistemas patagónicos como depredadores, donde individuos de edad 1+ presentaron dietas piscívoras principalmente Galáxidos nativos. Por otro lado individuos menores a 1 año su dieta estuvo basada en insectos de origen alóctono (Ibarra *et al.* 2011). Relación entre Chinook provenientes de cultivo y asilvestrado fue registrado por Astorga *et al.* (2008), donde mediante marcadores genéticos del tipo microsatélites descubrieron que no hay interacción entre ellos, esto es, el origen de los individuos asilvestrados no serían los escapes de cultivo, por lo que no habría una interacción entre ellos.

Aunque poco estudiado en Chile, Cayún (2010) rescata una discusión sobre los potenciales efectos de la acumulación de nutrientes por parte de los cadáveres de salmón Chinook, los cuales pueden aportar nutrientes a invertebrados, peces y vida salvaje. Cayún (2010) indica que es muy probable que el salmón Chinook se alimente sobre especies nativas, ya que los endoparásitos encontrados provendrían del consumo de especie marinas. Individuos de salmón Chinook obtenidos desde el Fiordo de Aysén presentaron hábitos piscívoros (i.e. Actinopterygii y Nototheniidae) (Niklitschek *et al.* 2011), lo que da cuenta de la interacción con especies endémicas presentes en el Fiordo.

Escobar (2014) describe diferentes presas del Chinook, donde la mayor parte fueron insectos, arácnidos, crustáceos y peces. De estos últimos, Escobar (2014) concluye que la depredación por parte de los Chinook sobre la ictiofauna nativa pone en riesgo la diversidad de abundancia de estos en el Lago Claro Solar.

#### 5.1.1.10. Conservación



En su rango geográfico nativo en el Hemisferio Norte, se ha establecido que algunas poblaciones de Chinook están amenazadas o en peligro de extinción, por ejemplo, las del Río Sacramento (Zeug *et al.* 2012). Esto ha resultado de persistentes intervenciones de hábitat y construcciones de represas. Zeug *et al.* (2012) mediante modelos estocásticos simularon el ciclo de vida de la población de invierno (*winter run*) del Río Sacramento, y como resultado se obtuvo que dicha población se encuentra en peligro de extinción. El análisis de sensibilidad reveló que los parámetros de entrada que influyeron en la variación del escape de salmones dependían de la clase de edad examinada y sus interacciones con mortalidad de huevos, supervivencia en el delta, y supervivencia en el océano (Zeug *et al.* 2012).

Walters *et al.* (2013) indicaron que se debe tener en cuenta para la conservación del Salmón Chinook los efectos del cambio climático como estresante adicional en hábitat donde se han intervenidos con desvíos de caudales, ya que la sobrevivencia fue menor en caudales con desvíos que sin desvíos. Para caudales desviados, el efecto del cambio climático resultó en una disminución adicional en la supervivencia (Walters *et al.* 2012). Otras características del ambiente como caudales y temperatura también han sido modelados con la finalidad de conocer cómo será la sobrevivencia a largo plazo de poblaciones de primavera de Chinook (*spring run*) (Thompson *et al.* 2011). Los resultados obtenidos para esta población en Butte Creek (California, EEUU) mostraron que es improbable que de cara al cambio climático global, simples ajustes en las operaciones de agua modifiquen el estado de vulnerabilidad de esta población (Thompson *et al.* 2011). Regímenes de caudal, pérdida de hábitat y barreras a la migración en 27 tributarios que son mantenidos por poblaciones de otoño, y 22 tributarios que son mantenidos por poblaciones de primavera, fueron estudiados con la finalidad de determinar la probabilidad de extirpación de tributarios y su relación con las barreras de migración (Zeug *et al.* 2011).

En intentos de conservar poblaciones de Salmón Chinook en el Hemisferio Norte, es común que se suplementen poblaciones usando salmones juveniles o individuos adultos para mantener los tamaños poblacionales y abundancias de esta especie en diferentes tributarios. Stark *et al.* (2014) encontraron que Chinook de cautiverio y silvestres presentaron similares comportamientos en selección de hábitats y desove; sin embargo, hubo algunas diferencias en tiempo de desove. Además evaluaciones de producción de huevos y *fry* indicaron que peces de centros de cultivo son desovadores exitosos, produciendo descendencia. Por último se sugiere que programas de devolución de individuos de criadero a ambientes naturales es una buena estrategia para poblaciones disminuidas y en peligro (Stark *et al.* 2014).

Las metodologías genéticas también han sido utilizadas como herramientas para generar mejores programas de conservación y restauración de poblaciones, ya sea identificando agrupaciones genéticas espaciales o temporales como disminuciones o incrementos de diversidad genética. Un tópico de gran importancia es la interacción genética entre Chinook de cautiverio y silvestres a través de hibridación. Van Doornik *et al.* (2013) indicaron que hay hibridación desde inicios de 1900, pero que solo tuvo un efecto sustancial en dos poblaciones nativas. Los investigadores concluyen que los esfuerzos de incorporación de Chinook desde cultivo parece tener un mínimo efecto sobre la diversidad genética en poblaciones de Chinook silvestres (Van Doornik *et al.* 2013).

Por último, en el Hemisferio Norte se ha intentado cuantificar cambios genéticos temporales para optimizar medidas de manejo en Chinook (Van Doornik *et al.* 2011). Estos investigadores no encontraron evidencia de cambios temporales, así como de su estructura poblacional en Río Salmon (Idaho, EEUU). Esto estaría explicado por grandes tamaños efectivos poblacionales y la utilización de adultos desde ambientes naturales para obtener descendencia en cultivo. La ausencia de una disminución en la diversidad genética es alentador dado que la especie está amenazada bajo la Ley de Especies en Peligro de Estados Unidos (Van Doornik *et al.* 2011).

### **5.1.2. Abundancia**

#### **5.1.2.1. Caracterización física del sistema**

##### **5.1.2.1.1. Batimetría del sistema**

A partir del muestreo batimétrico en la zona de estudio se identificaron sectores con mucha profundidad y un fondo muy irregular. La Figura 35, representa la información de terreno integrada a través de un modelo en la plataforma ARCGIS. Las zonas más oscuras corresponden a las más profundas, llegando a un máximo de 20 metros de profundidad en algunos sectores. Las líneas azules corresponden a transectas sobre las cuales se obtuvo perfiles transversales de profundidad. El gráfico muestra el perfil de una de las líneas transversales al río, el eje x corresponde al ancho del río y el eje y a la profundidad y forma del fondo en esa transecta.

Se identificaron 10 zonas de pesca desde la boca del Río Toltén hasta el sector del cementerio del Toltén viejo (Figura 34), donde se concentró la totalidad del esfuerzo de captura de la flota de caleta La Barra y fueron usadas más adelante para caracterizar la distribución espacial del esfuerzo y los rendimientos de pesca.

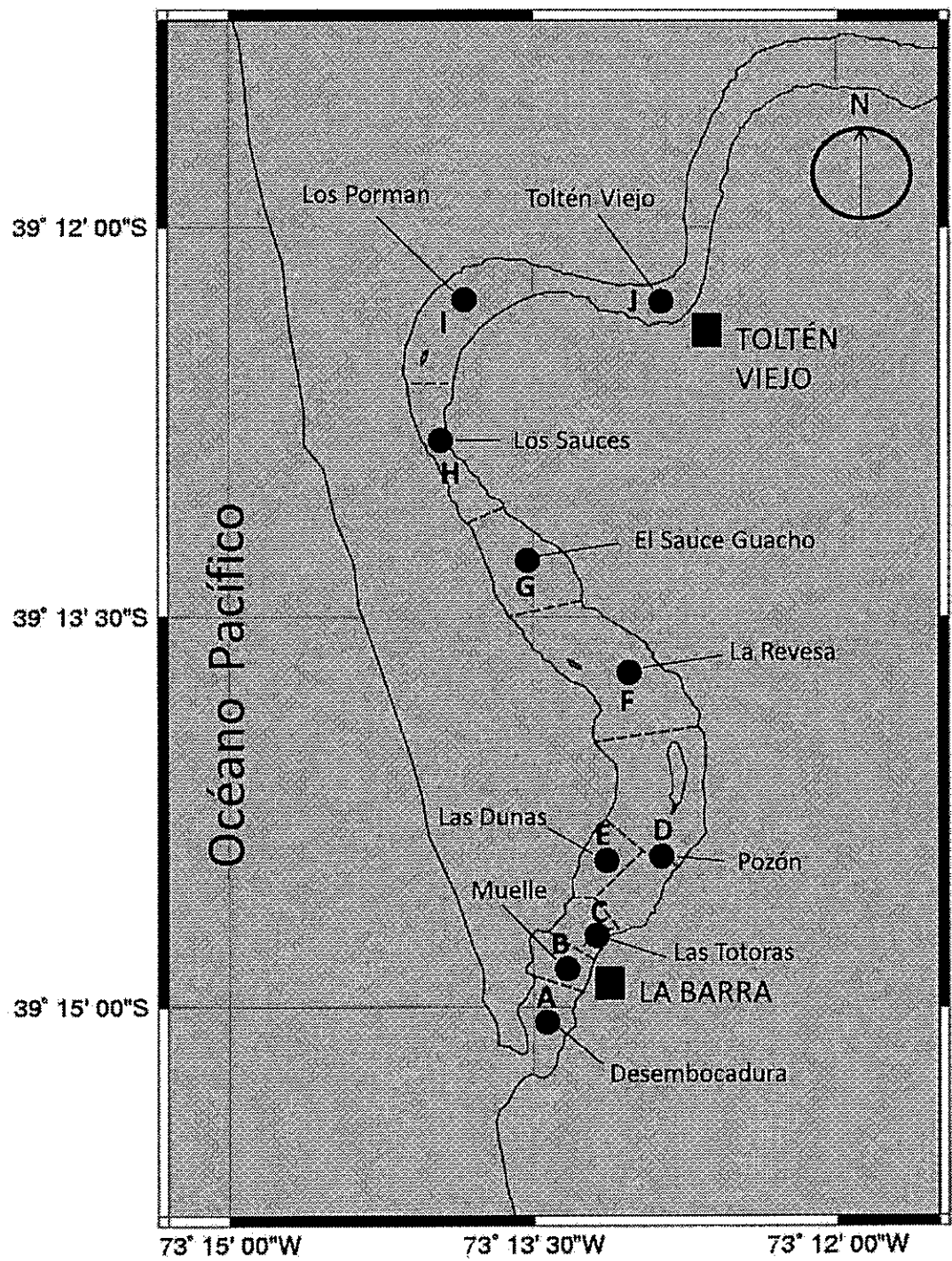


Figura 34. Principales zonas de pesca para Salmón Chinook de la flota de caleta La Barra.

Se logró caracterizar la batimetría de los principales sectores usados para calar las redes en la caleta La Barra, los que se pueden apreciar en la Figura 36. Los paneles están organizados desde la boca del estuario hacia río arriba. Desde la boca hasta el sector del muelle la máxima profundidad llega hasta los 8 metros, siendo este segundo sector de relieve discontinuo, al igual que el sector de las Totoras. El sector de las Dunas y el Pozón, dependiendo del nivel de mareas se puede formar una pequeña isla de arena en la parte central del río, ya que su profundidad máxima en verano llega a los 1,5 metros. En el sector de la Revesa, en plena marea baja, se produce una reducción considerable del ancho del río, como se puede apreciar en la gráfica donde de los 0 a los 300 metros, la profundidad no supera el metro de agua. Desde el sector Sauce Guacho hasta las cercanías de Toltén viejo el lecho del río es más regular y de profundidad menos variable (Figura 37). Con respecto al ancho del río se puede apreciar que desde las Dunas hasta el sector Sauce Guacho se alcanza el ancho máximo de la cuenca con un valor de 700 metros en la Revesa (Figura 36 y Figura 37).

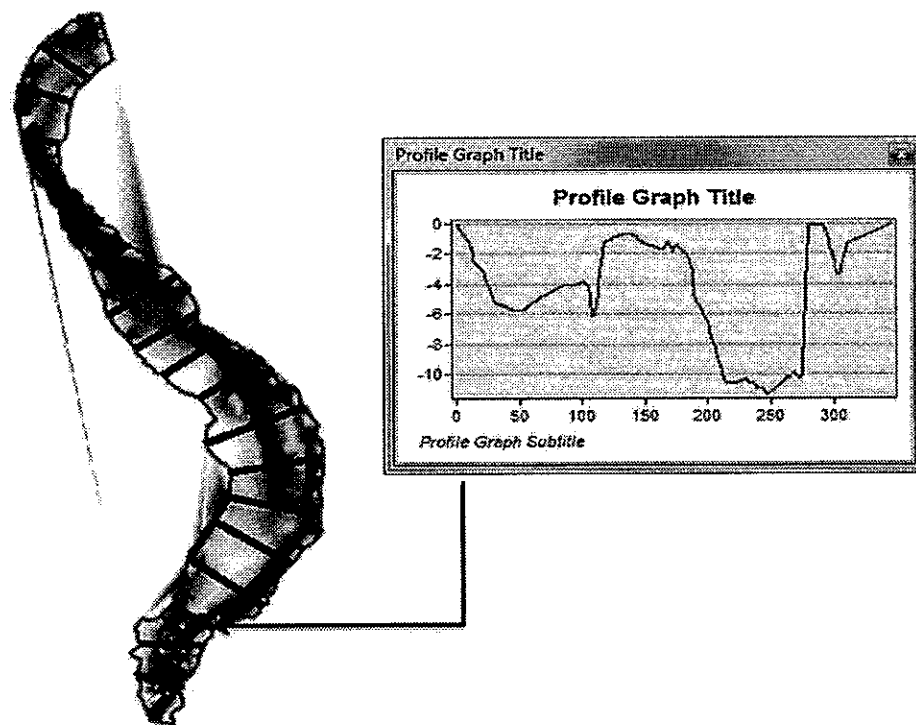


Figura 35. Perfiles batimétricos realizados en software ARCGIS.

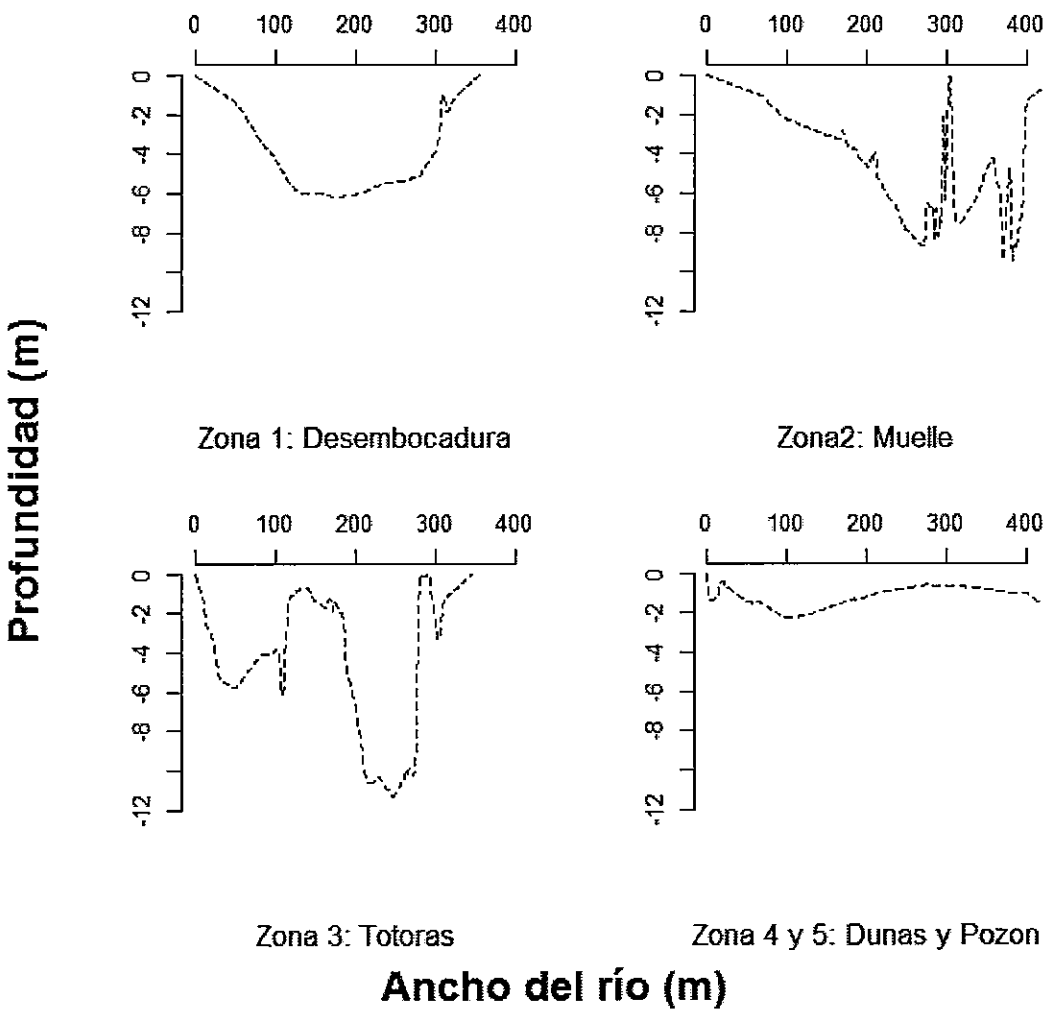


Figura 36. Batimetría y ancho de los principales sectores de pesca en caleta La Barra, zona 1-5.

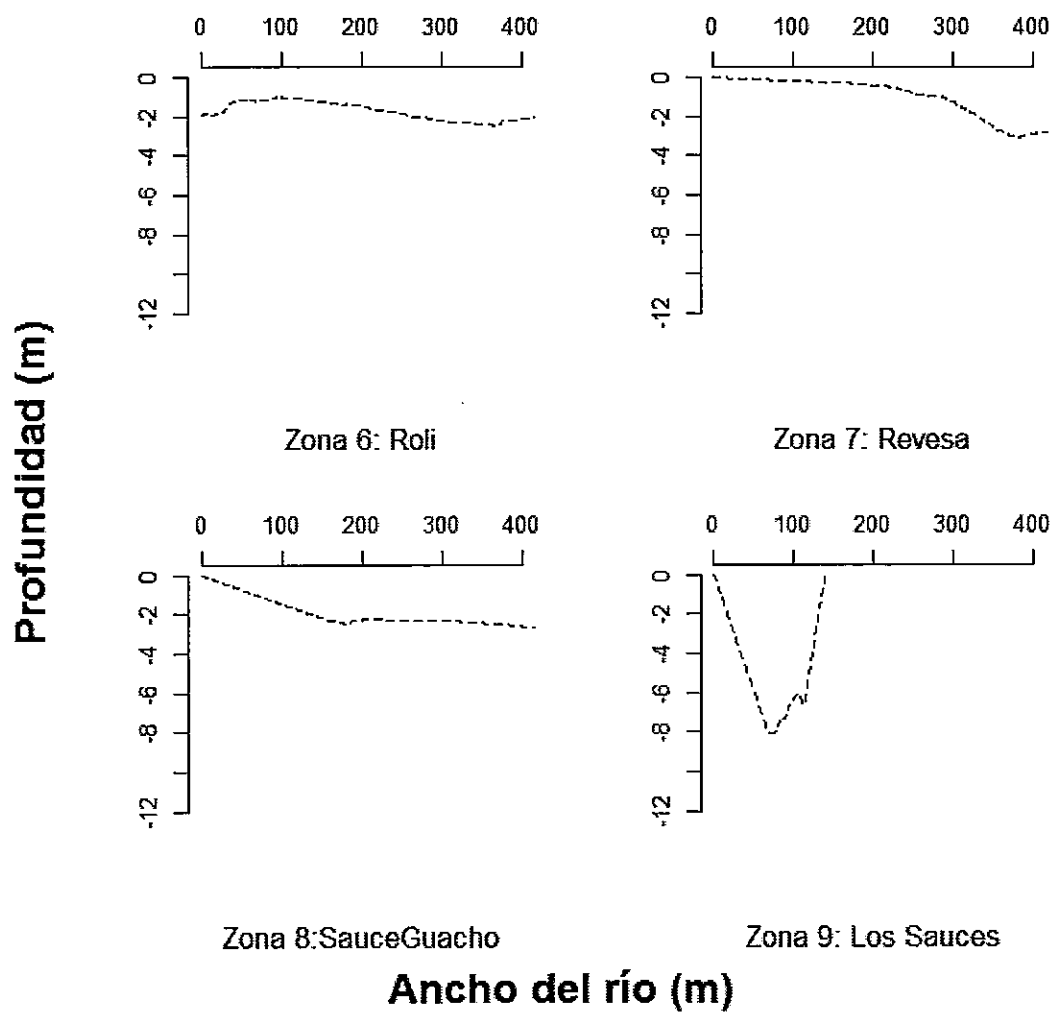


Figura 37. Batimetría de los principales sectores de pesca en caleta La Barra, zona 6-9.

#### 5.1.2.1.2. Determinación de la extensión estuarina en la zona baja del Toltén

##### Secciones verticales de salinidad y temperatura

En la Tabla 10, se indican los números identificadores y códigos de las estaciones, las posiciones geográficas de las estaciones y distancia desde la desembocadura. La distribución geográfica de las estaciones se muestra en la Figura 11. La distancia (km) de las estaciones muestreadas ordenadas desde la boca o desembocadura del río y la profundidad máxima de las estaciones se observa en la Figura 38.

Las secciones verticales de salinidad y temperatura a lo largo del río desde la desembocadura del río se muestran en la Figura 39, Figura 40, Figura 41, Figura 42 y Figura 43.

##### Diagrama Hovmöller de salinidad y temperatura

El diagrama Hovmöller de temperatura (Figura 44a) y salinidad (Figura 44b) a lo largo de la sección del río, muestra la influencia de agua salina en profundidades de 2 a 11 m de profundidad hasta 4 km de la desembocadura del río. Luego la cuña de agua salobre se profundiza mostrando su influencia hasta los 6,5 km. Las temperaturas se caracterizan por ser menores a 13,1°C hasta valores de 12,9°C. La salinidad en esta sección fluctúa entre valores mayores a 20,00 ppt hasta 30,35 ppt. En profundidades más someras las salinidades son menores a 20 ppt. Entre los 4 y 5 km de la desembocadura se produce una zona de transición, que pasa desde un régimen mayormente impactado por el agua de mar en profundidad a un régimen donde la columna de agua completa es caracterizada por la influencia del río con bajas salinidades (<20 ppt) y con temperaturas bastantes homogéneas alrededor de 13,7°C. La influencia del río en la columna de agua completa se observa desde esta zona de transición hasta los 8 km de la desembocadura que correspondió a la última estación muestreada.



Tabla 10. Resumen de las estaciones muestreadas, sus respectivos códigos, georeferencias y distancias de la boca del río.

| Estacion | Codigo | Latitud | Longitud | Dist Boca (m) | Dist Boca (Km) |
|----------|--------|---------|----------|---------------|----------------|
| 0        | LR1    | 39.2246 | 73.2214  | 3804,83       | 3,80           |
| 1        | LR2    | 39.2244 | 73.2212  | 3831,87       | 3,83           |
| 2        | LR3    | 39.2210 | 73.2261  | 4404,63       | 4,40           |
| 3        | LR4    | 39.2220 | 73.2284  | 4446,13       | 4,45           |
| 4        | SH1    | 39.2162 | 73.2319  | 5121,24       | 5,12           |
| 5        | SH2    | 39.2159 | 73.2307  | 5075,67       | 5,08           |
| 6        | SH3    | 39.2126 | 73.2341  | 5521,09       | 5,52           |
| 7        | SH4    | 39.2103 | 73.2349  | 5787,64       | 5,79           |
| 8        | LI1    | 39.2056 | 73.2343  | 6160,95       | 6,16           |
| 9        | EA1    | 39.2037 | 73.2319  | 6429,37       | 6,43           |
| 10       | EA2    | 39.2029 | 73.2256  | 6902,2        | 6,90           |
| 11       | CE1    | 39.2052 | 73.2148  | 7853,13       | 7,85           |
| 12       | IS1    | 39.2386 | 73.2115  | 2200,18       | 2,20           |
| 13       | EP1    | 39.2450 | 73.2192  | 1406,65       | 1,41           |
| 14       | EM1    | 39.2463 | 73.2213  | 1092,87       | 1,09           |
| 15       | EM2    | 39.2458 | 73.2212  | 1167,87       | 1,17           |
| 16       | DE1    | 39.2498 | 73.2222  | 706,28        | 0,71           |
| 17       | DE2    | 39.2498 | 73.2222  | 687,83        | 0,69           |
| 18       | DE3    | 39.2493 | 73.2237  | 711,45        | 0,71           |

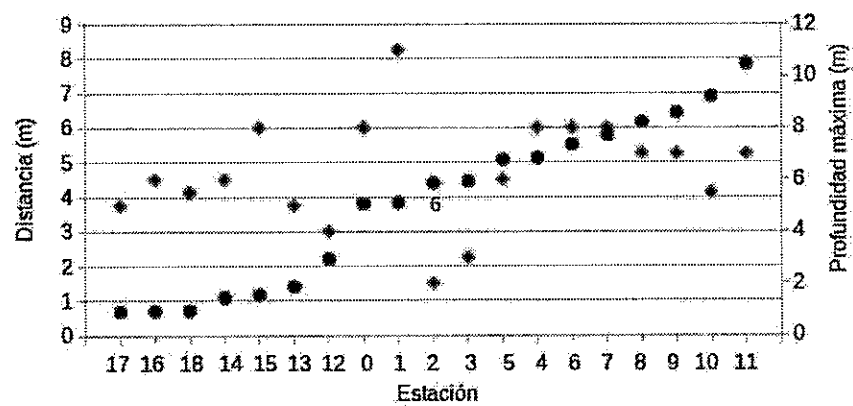


Figura 38. Distancia de las estaciones desde la desembocadura del Río Toltén y profundidad máxima de cada estación muestreada (Rojo, profundidad.; Azul, distancia.)

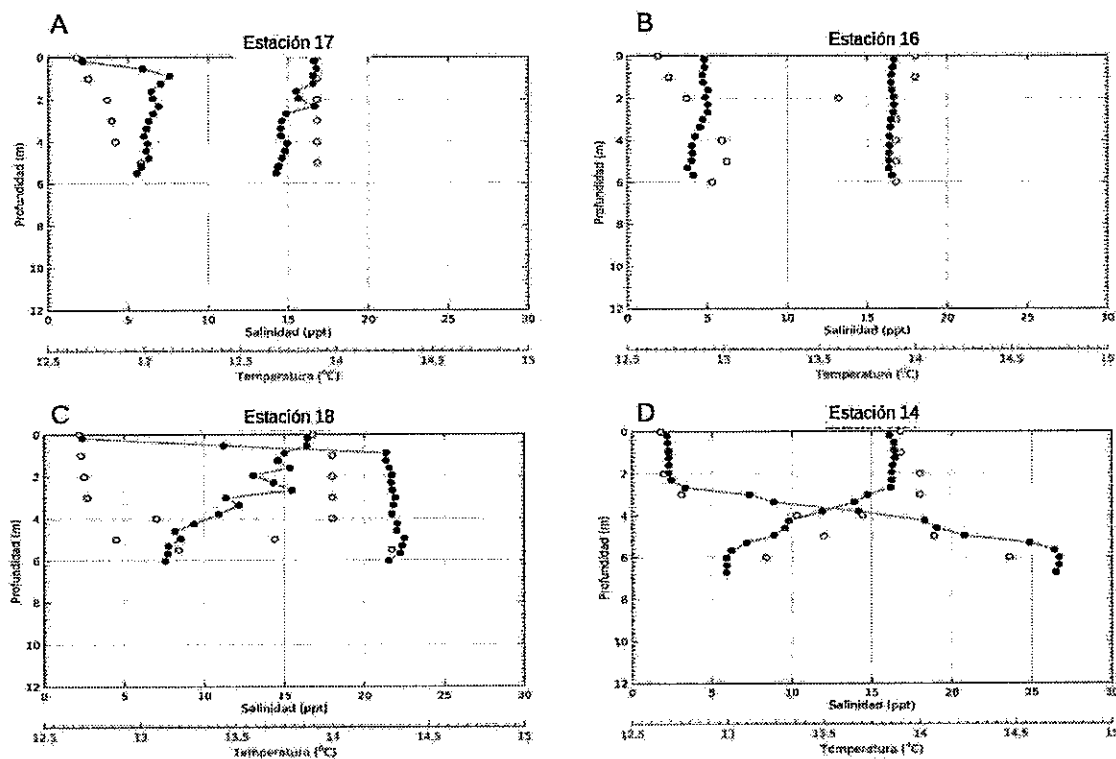


Figura 39. Secciones verticales de salinidad y Temperatura de las estaciones a) 17, b) 16, c) 18 y d) 14.

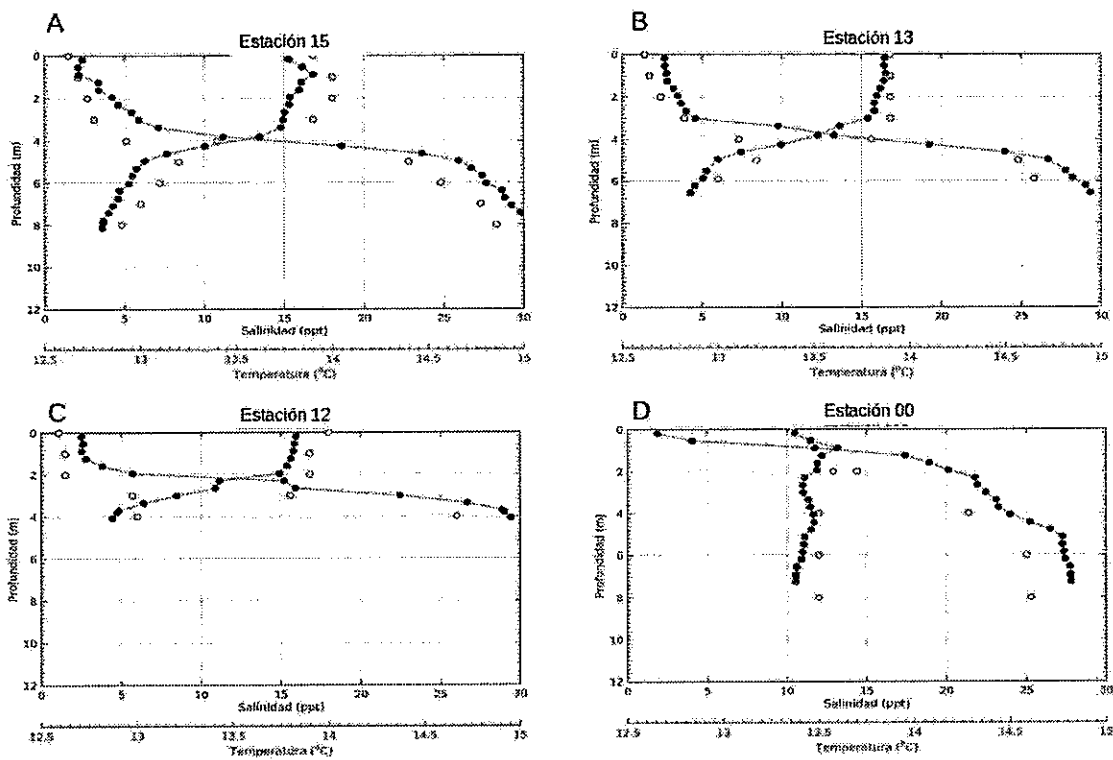


Figura 40. Secciones verticales de salinidad y Temperatura de las estaciones a) 15, b) 13, c) 12 y d) 0.

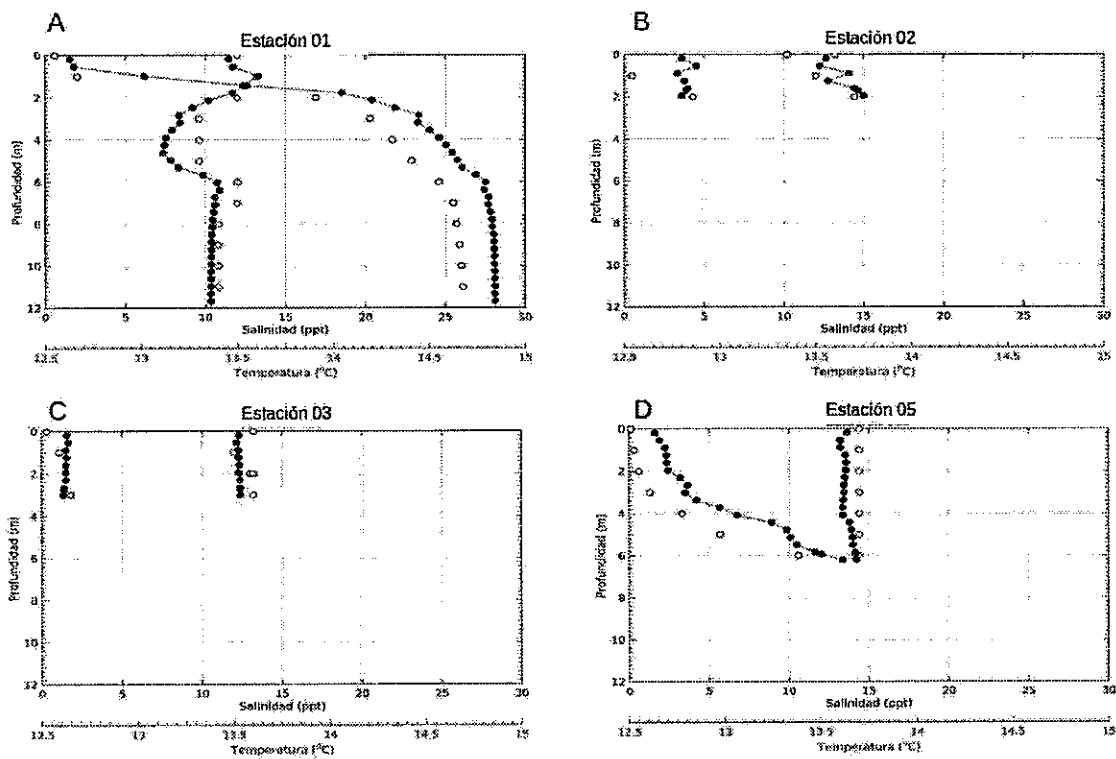


Figura 41. Secciones verticales de salinidad y Temperatura de las estaciones a) 1, b) 2, c) 3 y d) 5.

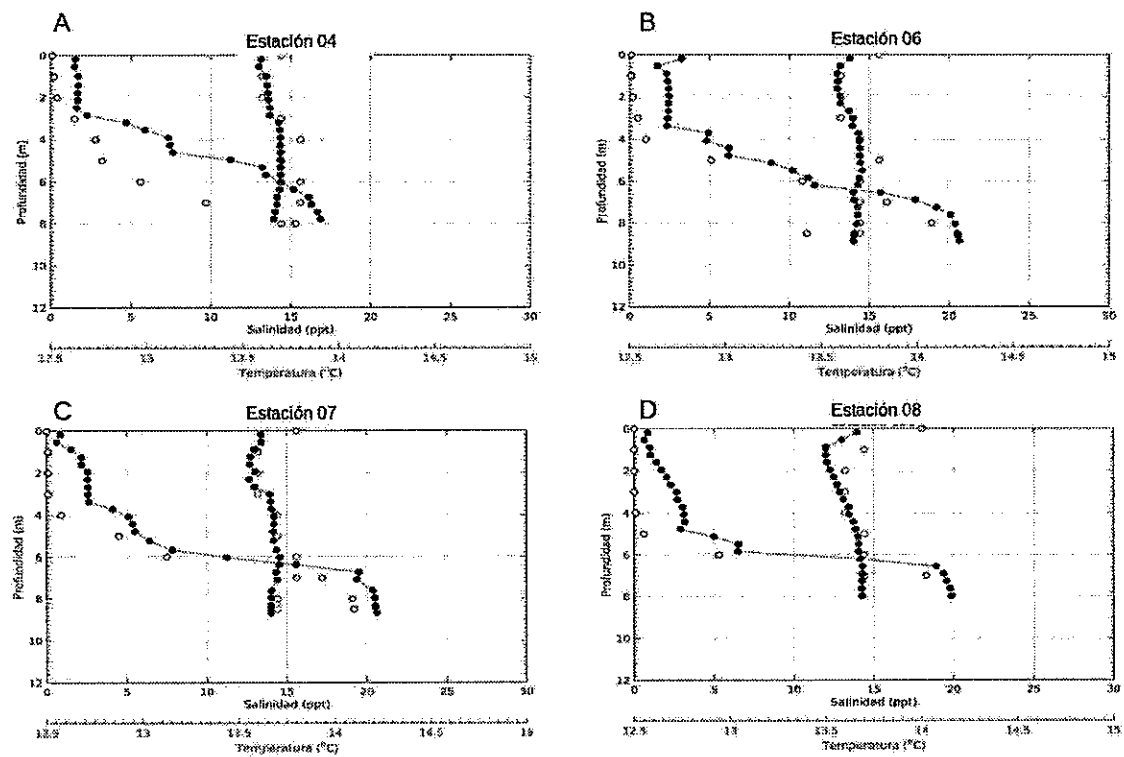


Figura 42. Secciones verticales de salinidad y Temperatura de las estaciones a) 4, b) 6, c) 7 y d) 8.

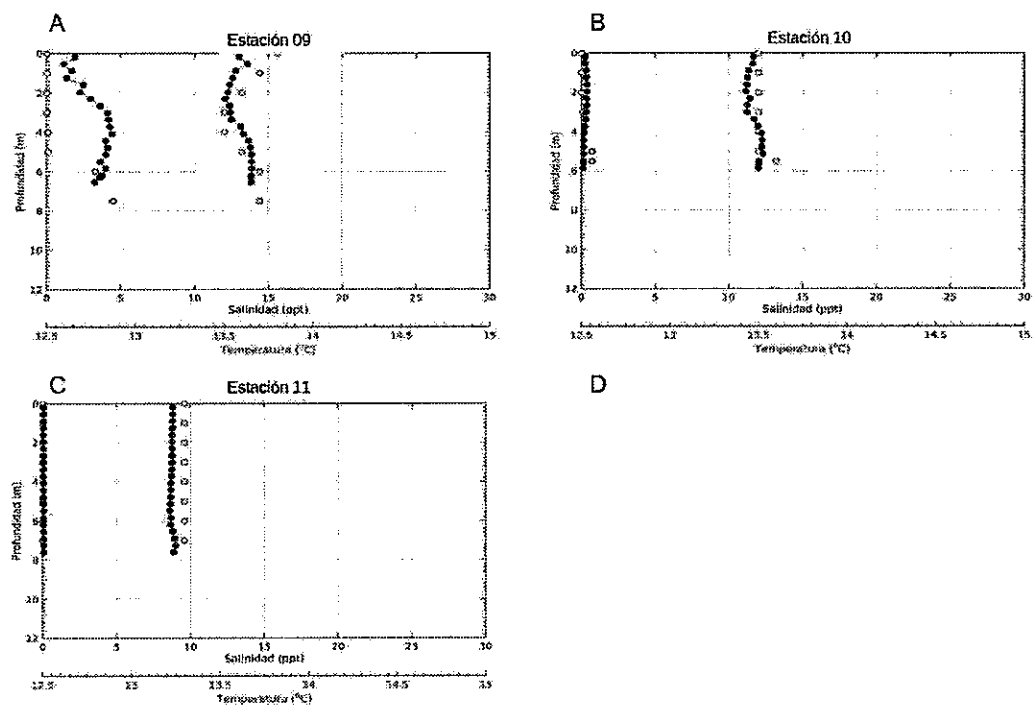


Figura 43. Secciones verticales de salinidad y Temperatura de las estaciones a) 9 b) 10, y c) 11.

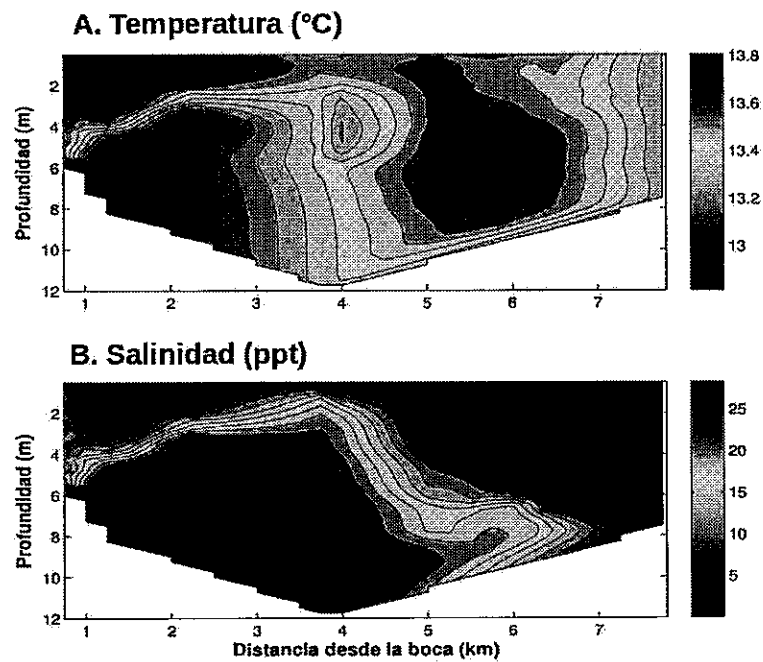


Figura 44. Diagrama Hovmöller de a) temperatura y b) salinidad a lo largo del Río Toltén.

#### 5.1.2.2. Caracterización de los Usuarios y proceso de pesca en la zona baja del Toltén

El sindicato de Pescadores en caleta La Barra se constituye de 46 pescadores, seis de los cuales 6 son mujeres. Existe un total de 28 embarcaciones de las cuales 18 tienen RPA con sus registros al día en SERNAPESCA y 10 no tienen registros. La mayoría operan exclusivamente a remo, solo 4 embarcaciones poseen motores, dos fuera de borda de 10 HP y las otras dos con motor interno de 9 HP. En la Tabla 11, se indica las embarcaciones que participaron activamente en la pesca del Salmón Chinook durante la temporada 2014-2015 junto a respectivos patrones. El tripulante que acompaña a cada patrón no es fijo durante los meses de pesca de Salmón Chinook, esto principalmente porque habían periodos en los cuales no se salía a la pesca y tenían que buscar alguna opción laboral lejos de la caleta o dentro de la misma, pero en un área diferente.

Inicialmente como método de captura del salmón se utilizó una red de enmalle construida por una tela de 6" de tamaño de malla, diámetro de hilo de 0,6 mm y de aproximadamente 50 metros de largo. Sin embargo, al ver que los salmones rompían la tela decidieron cambiar la el grosor del hilo de la malla por una de 0,7 mm de diámetro y además cambiaron el sistema de armado de la red según un acuerdo interno de ellos como sindicato, y determinaron que el tamaño de malla para todos los pescadores que participaran de la pesca del salmón fuera de 7", esto con el objetivo de dejar pasar a los ejemplares más pequeños. También, reforzaron sus mallas armándolas con dos telas juntas mejorando así la resistencia de la red, ya que el pez al romper la primera tela queda atrapado en la segunda. La faena de pesca inicialmente se llevó a cabo a las horas en que la dinámica de la marea se encontraba en la llenante con dos caladas al día. Sin embargo, cuando el run estuvo en sus peaks máximos las redes se dejaban caladas todo el día, lo que generó muchas dificultades entre los pescadores, pues algunos no tenían lugar para dejar caladas sus redes, generando que interviniera La Armada y Sernapesca. Después de lo ocurrido se realizó una reunión entre todos los involucrados, donde se determinó calar desde las 18:00 horas en adelante y terminada la faena debían recoger sus redes llevarlas a la orilla y volver a empezar la faena el día siguiente a la hora acordada. Esto aconteció el 7 de Febrero en adelante. Generalmente, en cada salida de pesca utilizan tres redes por bote donde trabajan 2 pescadores, uno se encarga de remar y el otro de ir revisando las redes e ir desamallando los salmones que están retenidos en el arte. El eviscerado del pez se hace en la orilla del río, en ocasiones con la participación de dos o más personas principalmente familiares. En ocasiones la captura retenida alcanzó los 800 kilos según lo informado por ellos (Anexo 8). Las estimaciones de captura por bote en la temporada pasada fueron bastante dispares, con

un rango que va desde 27 a los 500 kilos. El precio de playa osciló entre los \$800 a \$2000/kg de salmón eviscerado. El producto se comercializa finalmente en la ciudad de Valdivia y Temuco.

Tabla 11. Listado de botes que trabajaron en la pesca del Salmón Chinook en la caleta La Barra.

| Nombre                            | RPA    | Nombre Bote | RPA Bote | Matrícula | Patrón o Tripulante | Participo Proyecto |
|-----------------------------------|--------|-------------|----------|-----------|---------------------|--------------------|
| Luis Hernán Arias Rodríguez       | 17087  | Chubasco    |          |           | P                   | SI                 |
| Sergio Miguel Alonso Calcumil     | 17498  | Cunaco      | 959628   | 4922      | P                   | SI                 |
| Florencio Enrique Alonso          | 17497  |             |          |           | T                   | SI                 |
| José Orlando Arellana Cruces      | 17037  | Lando II    | 926558   | 3662      | P                   | SI                 |
| Nelson Aliro Arias Arias          | 17084  | Mariachi    | 6973     | 3784      | P                   | SI                 |
| Víctor Hugo Arias López           | 903399 | Don Che     |          |           | P                   | SI                 |
| Nelson Gumersindo Arias Rodríguez | 17798  | Mari Mar    | 962695   | 6174      | P                   | SI                 |
| Víctor Orlando Arias Arias        | 17080  | Oran        | 6830     | 2250      | P                   | SI                 |
| Héctor Alejandro Arias Rodríguez  | 17796  | Das         | 963078   | 6110      | P                   | SI                 |
| María Angélica Arias              | 957969 |             |          |           | T                   | SI                 |
| Ignacio Percil Cabrera            | 17836  | Persi       |          |           | P                   | SI                 |
| José Jorge Cavieres Noriega       | 17077  | Llanero II  | 6971     | 3667      | P                   | SI                 |
| Luis Alberto Cavieres Araneda     | 978781 | Jorgito     | 962696   | 5175      | P                   | SI                 |
| Pedro Alberto Fuentes             | 17924  |             |          |           | T                   | SI                 |
| Renato Danilo Gaete               | 17297  |             |          |           | T                   | SI                 |
| Leonardo Patricio Gallegos        | 17506  |             |          |           | T                   | SI                 |
| Alfredo Antonio                   | 17072  |             |          |           | T                   | SI                 |



|                                     |        |          |        |      |   |  |    |
|-------------------------------------|--------|----------|--------|------|---|--|----|
| Gutiérrez Leal                      |        |          |        |      |   |  |    |
| Leonardo Andrés Gutiérrez           | 17494  |          |        |      | T |  | SI |
| Juan Antonio Jaramillo Noriega      | 17529  | Alondra  |        |      | P |  | SI |
| Aldo Danilo Ulloa Jaramillo         | 17122  | Nacor    | 961171 | 3177 | P |  | SI |
| Rodrigo Javier Jaramillo            | 17557  | Erja     |        |      | P |  | SI |
| Ernesto Segundo Jaramillo           | 17125  |          |        |      | T |  | SI |
| Rigoberto Jeremías Silva Concha     | 17502  | Waly     |        |      | P |  | SI |
| Florencio Antonio Lefimilla Paillan | 944531 | Guachero | 963081 | 6035 | P |  | SI |
| Joaquín Hernán Martínez Silva       | 17079  | Girasol  | 6831   | 2249 | P |  | SI |
| Hernán Miguel Marchant San Martín   | 17075  | Jair     | 6837   | 2253 | P |  | SI |
| Sandra Elvira Marchant              | 957990 |          |        |      | T |  | SI |
| Alex Juvencio Martínez              | 17124  |          |        |      | T |  | SI |
| José Israel Martínez                | 958001 |          |        |      | T |  | SI |
| Pablo Orellana                      | 956450 | Tormenta |        |      | P |  | SI |
| Pablo Marcelo Parra Henríquez       | 17837  | Petrao   |        |      | P |  | SI |
| Cesar Edgardo Riquelme              | 977683 |          |        |      | T |  | SI |
| Arturo Enrique Rodríguez Fritz      | 17082  | Satan    | 6974   | 3780 | P |  | SI |
| José Ubercindo Rodríguez Fritz      | 17074  | Felix    | 6825   | 2247 | P |  | SI |
| Gumerindo Rodríguez                 | 17073  |          |        |      | T |  | SI |
| Jimena Del Pilar Rodríguez          | 957984 |          |        |      | T |  | SI |
| Ricardo Enrique Rodríguez           | 957998 |          |        |      | T |  | SI |

|                                  |        |           |        |      |   |    |
|----------------------------------|--------|-----------|--------|------|---|----|
| Santo Omar Rosas Aravena         | 17070  | Sureñita  | 961172 | 5278 | P | SI |
| Antonio Gregorio Sáez Curihuinca | 17071  | Atun      | 963082 | 6099 | P | SI |
| Juan de la Cruz Salgado Carrasco | 17068  | Martin    | 6835   | 3179 | P | SI |
| Fernando Astorga Silva Arias     | 17069  | Alacran   | 6836   | 3180 | P | SI |
| Benedicto Jeremías Silva Arias   | 17081  | San Pedro |        |      | P | SI |
| Ademar Humberto Silva            | 944532 |           |        |      | T | SI |
| Hernán Segundo Silva             | 17296  |           |        |      | T | SI |
| Luis Antonio Truan Truan         | 17499  | Darben    |        |      | P | SI |
| Jose Ramon Vidal                 | 17501  |           |        |      | T | SI |

5.1.2.3. Caracterización del retorno

5.1.2.3.1. Entrevista a Usuarios

En la Figura 45, se muestran los resultados de las entrevistas realizadas a los pescadores de *La Barra*, donde se señala el periodo de remonte del Salmón Chinook al estuario del Río Toltén. Se puede observar que hay una variedad de criterios para indicar esa fecha, ya que depende de cómo desarrollan el trabajo durante el año, ya que algunos son pescadores y además trabajan para complementar el ingreso familiar, en labores agrícolas en la temporada que no hay salmón y también en los programas de pro-empleo de la municipalidad de Toltén. Otros trabajan en las lanchas artesanales de la caleta Queule, que laboran todo el año en diferentes pesquerías, pero principalmente en las pesquerías de la Corvina, reineta, pejegallo y ocasionalmente salen enredados salmones, pero muy poca cantidad, luego vuelven a trabajar en la época de mayor abundancia del salmón. El período de mayor abundancia en el sector La Barra es desde mediados de diciembre hasta fines de enero. Según los pescadores el salmón entra en lotes, a lo menos en cuatro y cinco grupos principales durante la temporada principal. Esto lo observan por que empiezan a calar las redes cerca de la entrada al estuario de La Barra y lo siguen hasta el sector de Toltén viejo

(sector alto del estuario). Posteriormente, vuelven a trabajar en el sector de La Barra cuando entra otro grupo y así sucesivamente, hasta que se termina la temporada. Otros elementos interesantes de la migración reportados por los pescadores, es que el salmón entra al estuario principalmente cuando la marea está subiendo, el régimen nocturno de operación de la flota por periodos de cuatro horas, principalmente para evitar la gran presencia de lobos marinos que se juntan en el sector durante el día. Vale la pena destacar que otra de las causas del trabajo nocturno son las mejores tasas de captura. Otra dato importante extraído de la entrevista, es que el retorno de Salmón Chinook en esta cuenca empezó a ser importante en el año 2006.

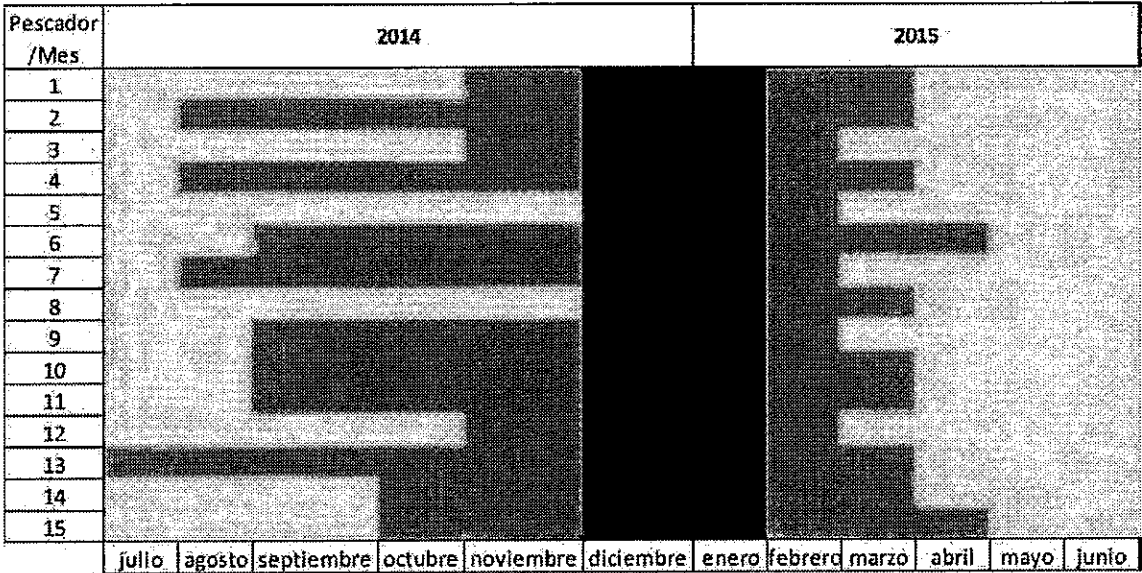


Figura 45. Resultado de la entrevista en relación a la fecha del remonte del Salmón Chinook en La Barra.

Otro de los elementos que llama la atención dentro de los miembros del sindicato es la estructura de edad de los pescadores, ya que prácticamente es un grupo de gente mayor de 50 años, no viéndose renovación del grupo, comparado con otras caletas donde predominan grupos más jóvenes.

En base a las entrevistas realizadas, el remonte del salmón se extendería desde julio hasta marzo del año siguiente, y la mayor abundancia en el remonte está entre los meses de diciembre y enero, que es cuando los pescadores obtienen las mayores capturas de salmón; declinando hacia fines de febrero. Siguiendo los modelos conceptuales propuestos en la literatura (Healey 1991: Figura 13), y en base a las respuestas entregadas, el Modelo 2 es el que mejor se ajustaría al remonte del Salmón Chinook en la cuenca del Río Toltén.

5.1.2.3.2. Distribución espacial y temporal de la captura y esfuerzo en la zona baja

Las capturas en caleta La Barra sumaron un total de 54,8 toneladas (Tabla 12), las cuales fueron obtenidas desde distintas zonas con máximos en las zonas A y F (17 y 15,5 toneladas respectivamente, Figura 46). Las zonas con menor captura fueron C, E, H e I con capturas de 1 - 1,7 - 1,6 - 1,5 tons respectivamente, y en las zonas B y G se obtuvieron 5,2 y 4,4 toneladas respectivamente (Figura 46, Tabla 12). Esto indica que las zonas con mejores capturas son la Desembocadura y la Revesa.

Al igual que las capturas, el esfuerzo de pesca estuvo dirigido principalmente a las zonas A (Desembocadura) y F (Revesa) (Figura 47), acumulando un total de 152 y 128 salidas, respectivamente. El total de salidas durante la temporada 2014-2015 dirigida al Salmón Chinook fue 550 (Tabla 12).

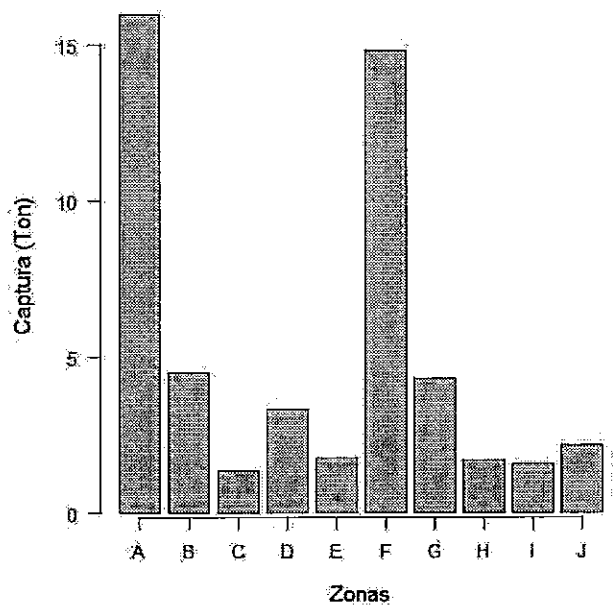


Figura 46. Histograma de capturas en toneladas en las zonas descritas para la parte baja del Río Toltén.

Tabla 12. Resumen del esfuerzo por zonas en la parte baja del Río Toltén.

| Zona          | Nombre Zona     | Captura (ton) | N° de salidas | Tons/salida | Peso medio |
|---------------|-----------------|---------------|---------------|-------------|------------|
| A             | Desembocadura   | 17,741        | 152           | 0,117       | 7,1        |
| B             | Muelle          | 5,229         | 69            | 0,076       | 10,2       |
| C             | Las Totoras     | 1,094         | 24            | 0,046       | 5,9        |
| D             | Pozón           | 3,703         | 69            | 0,054       | 5,7        |
| E             | Las Dunas       | 1,751         | 14            | 0,125       | 7,3        |
| F             | Revesa          | 15,508        | 128           | 0,121       | 7,6        |
| G             | El Sauce Guacho | 4,415         | 28            | 0,158       | 10,4       |
| H             | Los Sauces      | 1,649         | 22            | 0,075       | 6,5        |
| I             | Los Porman      | 1,583         | 16            | 0,099       | 8,8        |
| J             | Toltén Viejo    | 2,183         | 28            | 0,078       | 5,7        |
| Total general |                 | 54,856        | 550           | 0,106       |            |

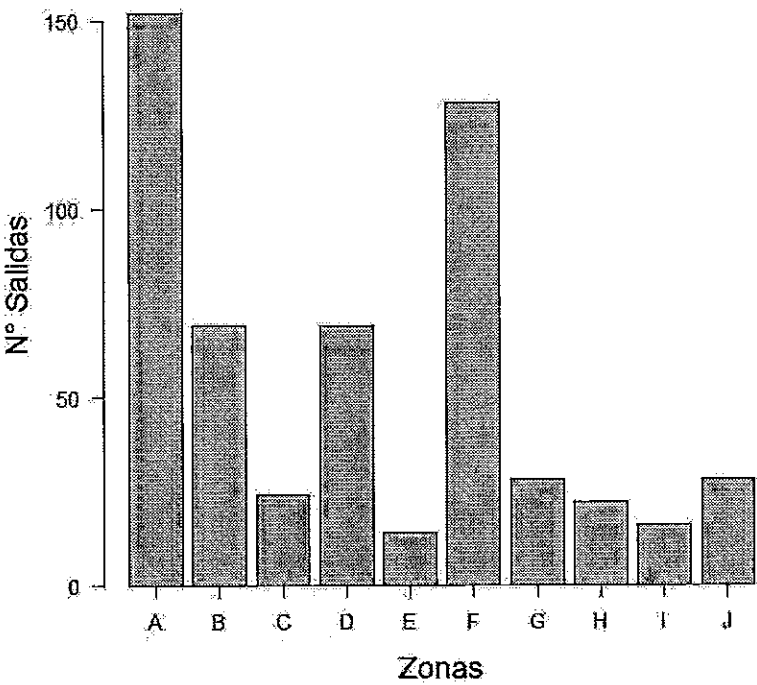


Figura 47. Histograma del número de salidas por zonas en la parte baja del Río Toltén.

En relación a las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) se puede observar un aumento constante durante los meses de estudio, con un peak en el mes de febrero (Figura 48).

Respecto a las capturas totales, estas son constantes durante los meses de octubre y noviembre, con un cambio abrupto entre el mes de diciembre y enero (Figura 48).

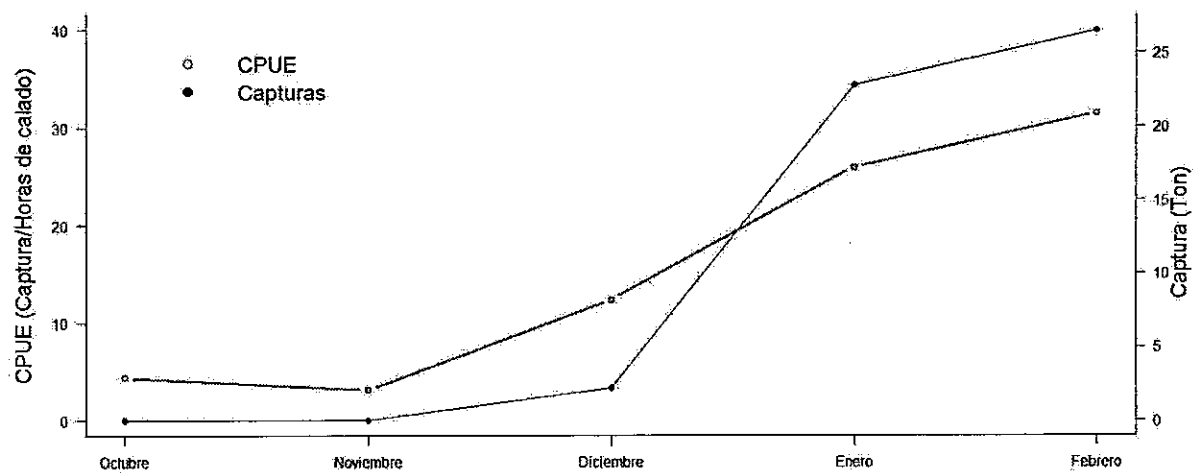


Figura 48: CPUE y capturas durante los meses de estudio en la zona baja del Río Toltén.

En la Figura 49, podemos observar las capturas (ton) y CPUE en relación a las zonas muestreadas. Las capturas muestran dos peaks, uno de ellos correspondiente a la desembocadura (zona A) y el otro a la Revesa (zona F) (Figura 49). Respecto a la CPUE esta muestra un aumento constante desde la zona de la desembocadura hasta la revesa, tendiendo a disminuir desde los Sauces (zona H) hasta Toltén Viejo (zona J) (Figura 49).

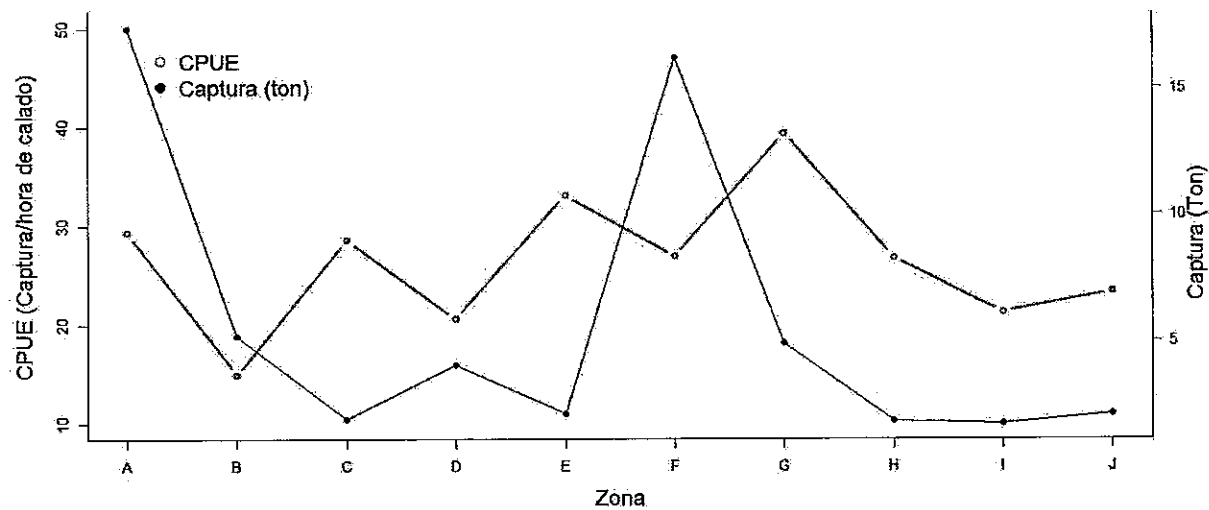


Figura 49. CPUE por zona en la parte baja del Río Toltén.

En relación a las horas de calado, podemos observar que el peak ocurrió en la zona de la Revesa (Figura 50a). Respecto al número de salidas y el número de botes, ambos están correlacionados desde la zona de la desembocadura hasta la zona de El Sauce Guacho (zona G), con una disminución dispar desde Los Sauces hasta Toltén Viejo (Figura 50b, Tabla 13).

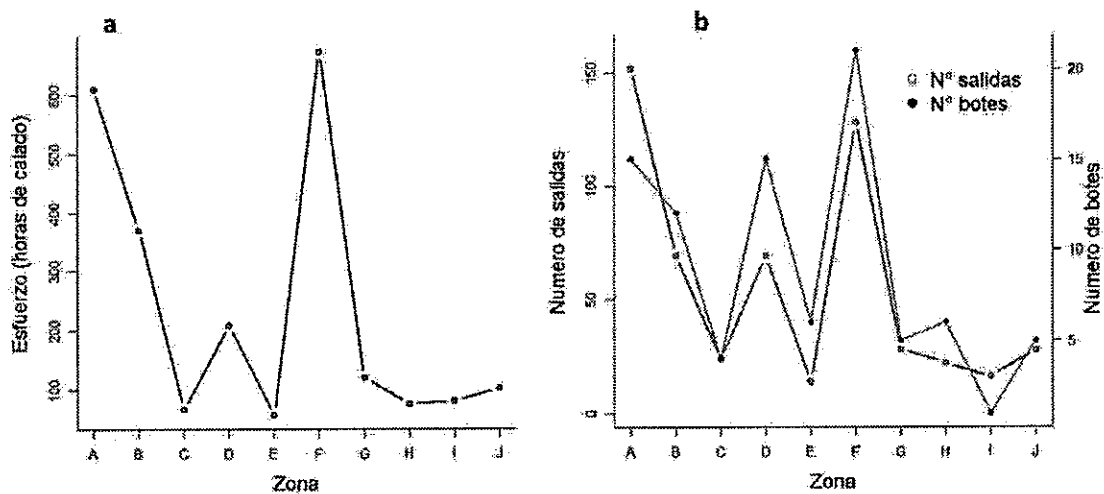


Figura 50. a) Esfuerzo por zona en horas de calado y b) número de salidas y numero de botes por zona.

Tabla 13. Número de salidas por bote a cada zona de pesca en la zona baja del Río Toltén.

| Bote     | A  | B | C | D | E | F  | G  | H | I | J | Total |
|----------|----|---|---|---|---|----|----|---|---|---|-------|
| Alacrán  | 18 | 1 |   | 2 |   | 5  | 6  |   |   |   | 32    |
| Alondra  |    | 4 |   | 5 |   | 8  | 12 |   |   |   | 29    |
| Atún     | 17 |   |   | 3 |   | 2  |    |   |   |   | 22    |
| Chinook  | 4  |   |   | 3 |   | 2  |    |   |   |   | 9     |
| Cunaco   |    | 7 | 2 | 1 |   |    |    |   |   |   | 10    |
| Darben   | 2  |   |   |   |   |    |    |   |   |   | 2     |
| Das      |    |   |   |   |   | 16 |    | 2 |   |   | 18    |
| Don Che  |    |   |   | 1 |   | 17 | 6  |   |   | 3 | 27    |
| Don Juan | 1  |   | 1 |   |   | 3  | 3  |   |   |   | 8     |
| Erja     |    |   |   |   |   | 1  |    |   |   |   | 1     |

|           |    |    |    |    |    |    |      |       |
|-----------|----|----|----|----|----|----|------|-------|
| Felix     | 15 | 3  |    |    | 1  |    |      | 19    |
| Girasol   | 13 |    |    |    |    |    |      | 13    |
| Guachero  | 1  |    | 4  | 2  | 3  |    | 2    | 12    |
| Jair      | 1  |    | 3  | 2  | 14 |    | 5 16 | 41    |
| Lando     | 1  | 8  |    | 1  | 2  | 6  | 1    | 1 20  |
| Llanero   | 6  |    |    |    |    |    |      | 12 18 |
| Mariachi  | 5  | 3  |    | 2  |    | 3  |      | 13    |
| MariMar   | 7  |    |    | 1  |    | 5  |      | 13    |
| Nacor     |    | 4  | 18 | 38 | 4  | 6  | 6    | 76    |
| NN        | 1  |    |    |    |    |    |      | 1     |
| Orán      |    |    |    | 2  | 2  | 10 | 1    | 15    |
| Orián     |    |    |    |    | 2  | 2  |      | 4     |
| Persi     | 2  | 3  |    |    |    |    |      | 5     |
| Petrao    |    | 1  |    |    |    | 2  |      | 11 14 |
| San Pedro | 20 |    |    |    |    |    |      | 20    |
| Satán     |    | 21 |    | 1  |    | 17 | 6    | 45    |
| Sureñita  | 24 |    |    |    |    |    |      | 24    |
| Tormenta  |    |    |    |    |    | 1  |      | 1 2   |
| Waly      | 31 |    |    | 2  |    | 4  |      | 37    |

5.1.2.3.3. Caraterización mediante marcaje y recaptura

Para la caracterización del Salmón Chinook retornate, se capturaron y marcaron 138 individuos entre enero y febrero de 2015. Se procedió a muestrear en dos sitios, 53 individuos fueron marcados en el sector de la desembocadura, y los 80 restantes fueron marcados en el sector del Sauce Guacho (Tabla 14). El rendimiento del marcaje en el mes de febrero fue mejor que durante enero, ya que las 80 marcas fueron colocadas en los primeros 15 días del mes. Esto se debió a que en este sector la profundidad no superaba los 3 metros en todo el ancho del río, lo que hacía que la red no quedara tan tensa al momento del calado y trabajara en óptimas condiciones. Otro factor importante es la cantidad de



botes que trabajan en este sector que son alrededor de 5 a 7 botes como máximo, lo que genera una disminución en el esfuerzo de pesca en la zona y existen una mayor probabilidad de que los salmones lleguen a la red usada por el bote del proyecto.

Del total de marcas se lograron recuperar solo 6 (Tabla 15), lo que equivale a un 4% de reporte de marcas encontradas. De las marcas individuales se destacaron la marca número 9, que fue colocada el día 8 de enero y fue reportada por un pescador el día 1 de febrero, en el mismo sector donde fue instalada, lo que nos indica de que algunos salmones podrían pasar hasta 3 semanas en la zona estuarina. La marca número 33, fue reportada el día 21 de marzo por un pescador recreativo proveniente de un sector cercano al puente Medina (Río Allipén), ubicado en la ruta que une Cunco con Melipeuco. Ésta última marca fue colocada el día 19 de enero, lo que nos permitiría asumir que los salmones se demoran alrededor de 3 meses en llegar a los sitios de desoves. Los demás peces reportados fueron capturados en La Barra el mismo día que fueron marcados, esto debiéndose al elevado nivel de esfuerzo de pesca ejercido en ese período.

Tabla 14. Registros del marcaje de salmones en caleta La Barra.

| Marcaje    |               |       |          |
|------------|---------------|-------|----------|
| Fecha      | Zona          | Hora  | Nº Marca |
| 27-12-2014 | Desembocadura | 20:30 | 1        |
| 29-12-2014 | Desembocadura | 20:30 | 2        |
| 04-01-2015 | Desembocadura | 20:15 | 4        |
| 04-01-2015 | Desembocadura | 20:20 | 5        |
| 08-01-2015 | Desembocadura | 21:30 | 6        |
| 08-01-2015 | Desembocadura | 21:45 | 7        |
| 08-01-2015 | Desembocadura | 22:00 | 8        |
| 08-01-2015 | Desembocadura | 22:30 | 9        |
| 08-01-2015 | Desembocadura | 23:00 | 10       |
| 08-01-2015 | Desembocadura | 23:50 | 11       |
| 10-01-2015 | Muelle        | 22:00 | 12       |
| 10-01-2015 | Muelle        | 22:05 | 13       |
| 10-01-2015 | Muelle        | 22:10 | 14       |

|            |               |       |    |
|------------|---------------|-------|----|
| 10-01-2015 | Muelle        | 22:15 | 15 |
| 10-01-2015 | Muelle        | 22:45 | 16 |
| 10-01-2015 | Muelle        | 23:00 | 17 |
| 10-01-2015 | Muelle        | 23:45 | 18 |
| 10-01-2015 | Muelle        | 23:47 | 19 |
| 14-01-2015 | Muelle        | 20:00 | 20 |
| 15-01-2015 | Muelle        | 21:15 | 21 |
| 16-01-2015 | Muelle        | 21:00 | 22 |
| 16-01-2015 | Muelle        | 21:00 | 23 |
| 17-01-2015 | Desembocadura | 22:45 | 25 |
| 17-01-2015 | Desembocadura | 23:00 | 26 |
| 17-01-2015 | Desembocadura | 23:30 | 27 |
| 18-01-2015 | Desembocadura | 1:00  | 28 |
| 19-01-2015 | Muelle        | 21:00 | 29 |
| 19-01-2015 | Muelle        | 21:30 | 30 |
| 19-01-2015 | Muelle        | 21:45 | 31 |
| 19-01-2015 | Muelle        | 21:50 | 32 |
| 19-01-2015 | Muelle        | 21:50 | 33 |
| 19-01-2015 | Muelle        | 22:15 | 34 |
| 19-01-2015 | Muelle        | 22:17 | 35 |
| 19-01-2015 | Muelle        | 23:00 | 36 |
| 20-01-2015 | Muelle        | 22:45 | 37 |
| 20-01-2015 | Muelle        | 22:50 | 38 |
| 20-01-2015 | Muelle        | 23:15 | 39 |
| 21-01-2015 | Muelle        | 22:50 | 40 |
| 21-01-2015 | Muelle        | 23:10 | 41 |
| 21-01-2015 | Muelle        | 23:50 | 42 |
| 22-01-2015 | Muelle        | 0:15  | 43 |
| 22-01-2015 | Muelle        | 0:30  | 44 |

|            |              |       |    |
|------------|--------------|-------|----|
| 22-01-2015 | sauce        | 22:00 | 45 |
| 22-01-2015 | sauce        | 22:10 | 46 |
| 22-01-2015 | sauce        | 22:30 | 47 |
| 22-01-2015 | sauce        | 22:50 | 48 |
| 22-01-2015 | sauce        | 23:10 | 49 |
| 22-01-2015 | sauce        | 23:50 | 50 |
| 23-01-2015 | sauce        | 0:20  | 51 |
| 26-01-2015 | Muelle       | 1:30  | 52 |
| 26-01-2015 | Muelle       | 1:45  | 53 |
| 27-01-2015 | Muelle       | 20:30 | 76 |
| 27-01-2015 | Muelle       | 20:40 | 78 |
| 03-02-2015 | Pozón        | 23:40 | 55 |
| 03-02-2015 | Pozón        | 23:50 | 56 |
| 04-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 57 |
| 04-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 58 |
| 04-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 59 |
| 04-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 60 |
| 04-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 61 |
| 04-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 62 |
| 04-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 63 |
| 04-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 65 |
| 04-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 66 |
| 04-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 67 |
| 04-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 68 |
| 04-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 69 |
| 04-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 70 |
| 04-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 74 |
| 04-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 75 |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 76 |

|            |              |       |     |
|------------|--------------|-------|-----|
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 77  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 78  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 79  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 80  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 81  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 82  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 83  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 84  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 85  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 86  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 87  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 88  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 89  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 90  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 91  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 92  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 93  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 94  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 95  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 96  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 97  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 98  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 99  |
| 05-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 100 |
| 07-02-2015 | Sauce guacho | 21:45 | 101 |
| 07-02-2015 | Sauce guacho | 21:45 | 102 |
| 07-02-2015 | Sauce guacho | 21:45 | 103 |
| 07-02-2015 | Sauce guacho | 21:45 | 104 |
| 07-02-2015 | Sauce guacho | 21:45 | 105 |

|            |              |       |     |
|------------|--------------|-------|-----|
| 07-02-2015 | Sauce guacho | 21:45 | 106 |
| 07-02-2015 | Sauce guacho | 21:45 | 107 |
| 07-02-2015 | Sauce guacho | 21:45 | 108 |
| 07-02-2015 | Sauce guacho | 21:45 | 109 |
| 07-02-2015 | Sauce guacho | 21:45 | 110 |
| 07-02-2015 | Sauce guacho | 21:45 | 111 |
| 07-02-2015 | Sauce guacho | 21:45 | 112 |
| 07-02-2015 | Sauce guacho | 21:45 | 113 |
| 07-02-2015 | Sauce guacho | 21:45 | 114 |
| 07-02-2015 | Sauce guacho | 21:45 | 115 |
| 09-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 116 |
| 09-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 117 |
| 09-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 118 |
| 09-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 119 |
| 09-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 121 |
| 09-02-2015 | Sauce guacho | 22:30 | 122 |
| 10-02-2015 | Sauce guacho | 21:40 | 123 |
| 10-02-2015 | Sauce guacho | 21:50 | 124 |
| 10-02-2015 | Sauce guacho | 22:10 | 125 |
| 10-02-2015 | Sauce guacho | 23:00 | 126 |
| 14-02-2015 | Sauce guacho | 22:00 | 127 |
| 14-02-2015 | Sauce guacho | 22:00 | 128 |
| 14-02-2015 | Sauce guacho | 22:00 | 129 |
| 14-02-2015 | Sauce guacho | 22:00 | 130 |
| 14-02-2015 | Sauce guacho | 22:00 | 131 |
| 14-02-2015 | Sauce guacho | 22:00 | 132 |
| 14-02-2015 | Sauce guacho | 22:00 | 133 |
| 15-02-2015 | Sauce guacho | 22:15 | 134 |
| 15-02-2015 | Sauce guacho | 22:15 | 135 |

|            |              |       |     |
|------------|--------------|-------|-----|
| 15-02-2015 | Sauce guacho | 22:15 | 136 |
| 15-02-2015 | Sauce guacho | 22:15 | 137 |
| 15-02-2015 | Sauce guacho | 22:15 | 138 |

Tabla 15. Resultados de recaptura y reporte de marcas en salmones.

| Recaptura  |               |          |
|------------|---------------|----------|
| Fecha      | Zona          | N° marca |
| 01-02-2015 | Desembocadura | 9        |
| 10-01-2015 | Muelle        | 12       |
| 10-01-2015 | Desembocadura | 14       |
| 10-01-2015 | Desembocadura | 18       |
| 14-01-2015 | Muelle        | 20       |
| 01-04-2015 | Puente Medina | 33       |

5.1.2.4. Caracterización del Escape

5.1.2.4.1. Caracterización del Escape usando métodos hidroacústicos

5.1.2.4.1.1. Sonar DIDSON

Con la finalidad de contar con una metodología alternativa al ecosonda EK-60, el sonar DIDSON fue desplegado de forma simultánea durante un periodo de dos semanas. El uso de este equipo permitió identificar patrones de similitud y diferencia con respecto al desempeño operativo del ecosonda EK60, y así mismo aplicar factores de corrección para la serie completa que comienza el 9 de enero y finaliza el 14 de febrero. La cámara DIDSON operó desde el 1 al 14 de febrero y fue instalada conjuntamente al ecosonda EK60 en el *frame* tipo-H, permitiendo la insonificación transversal al cauce del río desde la ribera norte hacia la ribera sur. El rango operativo de la cámara DIDSON en un comienzo fue sólo de 12 metros de distancia (1 al 2 de febrero), sin embargo luego del 2 de enero, se decidió extender el rango a 22 metros, con el objetivo de abarcar mayor rango de insonificación.

Las estimaciones hidroacústicas de abundancia de la cámara DIDSON (Tabla 16) permiten señalar que los peces fueron detectados en promedio a una distancia de 15 metros del equipo. La longitud media de los individuos fue de 68,8 cm, identificándose un total de 437 individuos. Durante las mediciones se detectó que un 9,4% de las marcas identificadas correspondía a ejemplares que nadaron río abajo. Corrigiendo por este factor, de un total bruto de 437 individuos detectados, resultaron un total neto de 396 salmones Chinook.

Tabla 16. Resumen estadístico para la distancia (espacio) del blanco y talla de individuos detectados, registrados por medio del sonar DIDSON durante 1 al 14 de febrero 2015.

| Estadística descriptiva        |           |          |
|--------------------------------|-----------|----------|
| Estadístico                    | Distancia | Longitud |
| Promedio                       | 14,9      | 68,0     |
| Error estándar                 | 0,2       | 0,7      |
| Mediana                        | 16        | 62,5     |
| Moda                           | 21        | 58,6     |
| Desviación estándar            | 5,3       | 15,3     |
| Varianza de la muestra         | 28,1      | 236,2    |
| Rango                          | 19,5      | 83,7     |
| Mínimo                         | 2,5       | 50,7     |
| Máximo                         | 22        | 134,4    |
| Suma                           | 6540      | 30066    |
| Cuenta                         | 437       | 437      |
| Intervalo de confianza (95,0%) | 0,49      | 1,4      |

La distribución temporal (escala de días) de la estimación de abundancia de salmones Chinook (Figura 51) mediante conteo hidroacústico (sonar DIDSON), muestra dos claros *peaks*, del orden de los 50 a 60 individuos, los cuales se observan claramente durante los días 5, 6 y 11, 12 de febrero.

Adicionalmente, se evaluó la distribución de abundancia en el eje transversal del río durante las 2 semanas de operación del equipo (Figura 52), observándose que el mayor número de

blancos detectados ocurre entre los 15 y 22 metros, con el mayor número de individuos detectados a 20 metros (17,7%).

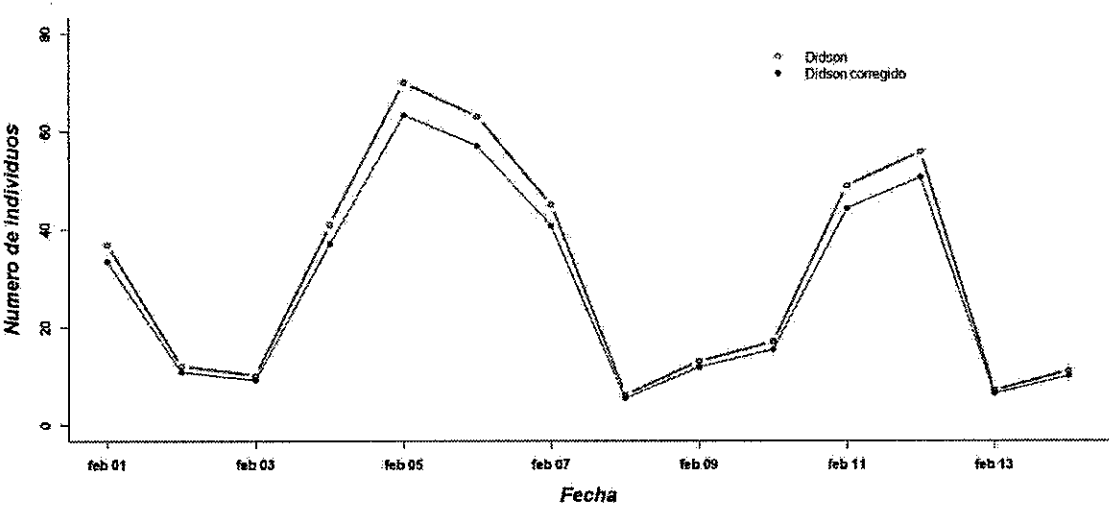


Figura 51. Estimación de abundancia de salmones Chinook mediante el sonar DIDSON. Sin la aplicación del factor de corrección (línea roja) y con el factor de corrección (9,4%; línea negra), para la serie comprendida entre el 1 al 14 de febrero 2015.

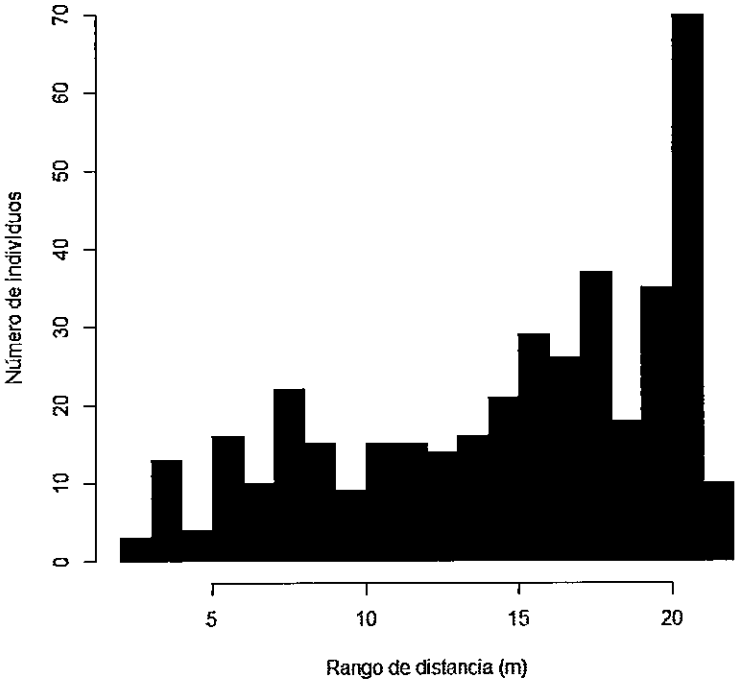




Figura 52. Frecuencia, en número de individuos de salmones Chinook para la sección transversal insonificada del Río Toltén mediante tecnología sonar DIDSON, para la serie comprendida entre el 01 al 14 de febrero 2015.

La tecnología del sonar DIDSON permitió conocer la composición de tallas de los blancos individuales detectados. Los ejemplares menores a 50 cm de longitud fueron removidos del análisis, con el objetivo de ser consistentes con el muestreo biológico de *La Barra*. En consecuencia, el desarrollo de un análisis gráfico sobre el número de individuos en función de los intervalos de talla (Figura 53) indica que el número de individuos predominantes se encontró entre los intervalos de talla 55-60 y 60-65 cm, distribuyéndose otro gran número de peces entre el intervalo de 70-75 cm, así mismo se observa un disminución de representantes hacia la composición de tallas mayores.

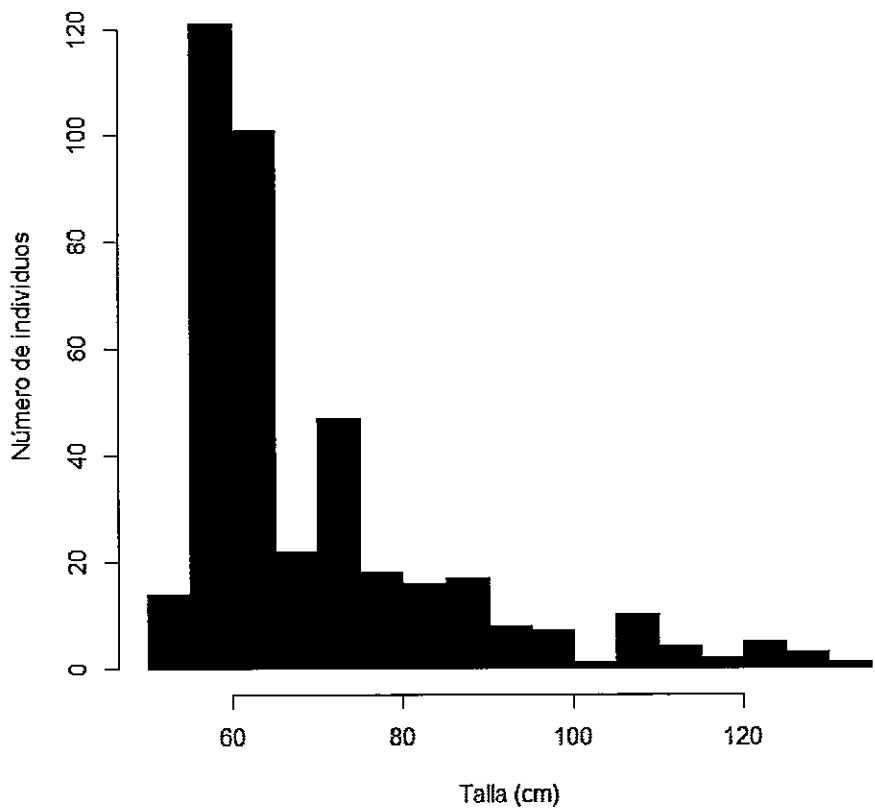


Figura 53. Número de individuos por intervalo de tallas, identificados por medio del sonar DIDSON en el sistema del Río Toltén, para los 14 días de febrero (2015).

Igualmente, no se pudo identificar una clara relación entre tallas medias y distancia perpendicular del equipo (Figura 54).

Por otra parte, existe un grupo menor que fue identificado a los 21 metros, no obstante las menores tallas se distribuyeron transversalmente en el sector medio del rango insonificado por el sonar DIDSON.

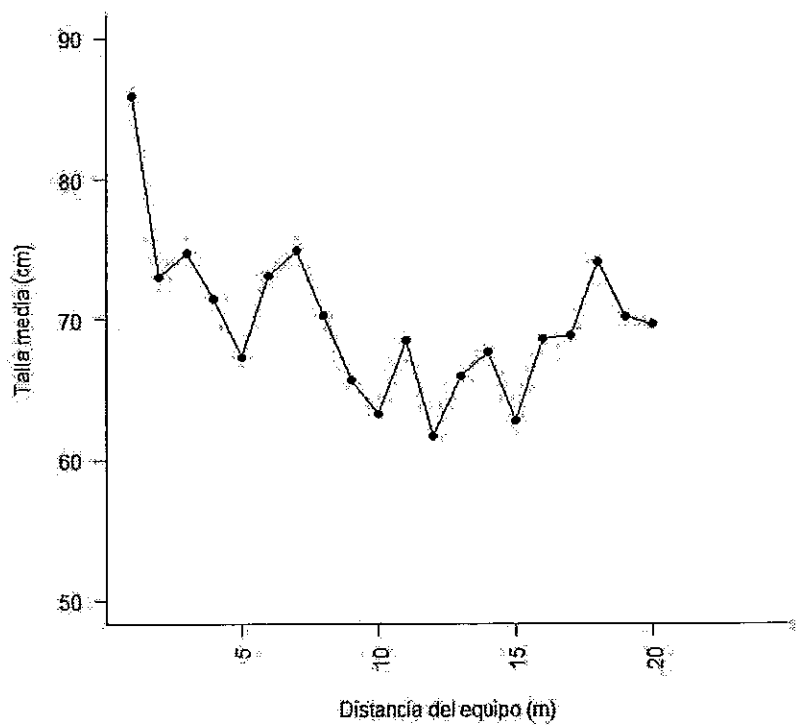


Figura 54. Talla media de los individuos medidos mediante el sonar DIDSON en la sección transversal (distancia) insonificada del Río Toltén, durante los 14 días de febrero 2015.

Una vez conocida la distribución espacial de los individuos mediante detección, además de la distribución de tallas y número de individuos de la serie del 1 al 14 de febrero, se procedió a ordenar los registros de blancos detectados, agrupando el número de individuos de acuerdo a una secuencia temporal, pero en una escala circadiana (24 horas). El objetivo fue observar posibles patrones de abundancia con respecto a esta escala temporal. En la Figura 55, se observa que el mayor número de individuos fue detectado durante el día, precisamente durante horas de la tarde entre las 12:00 a 15:00 horas, alcanzando cantidades de 25 a 35 individuos. Por el contrario, se detectó que una menor cantidad de peces entre las 21:00 y 05:00 horas, con un número entre 5 y 7 individuos. A pesar de haber detectado una menor cantidad de peces durante la noche y madrugada, estos presentaron tallas mayores que

aquellos detectados durante el mediodía y horas de la tarde, los que presentaron tallas menores.

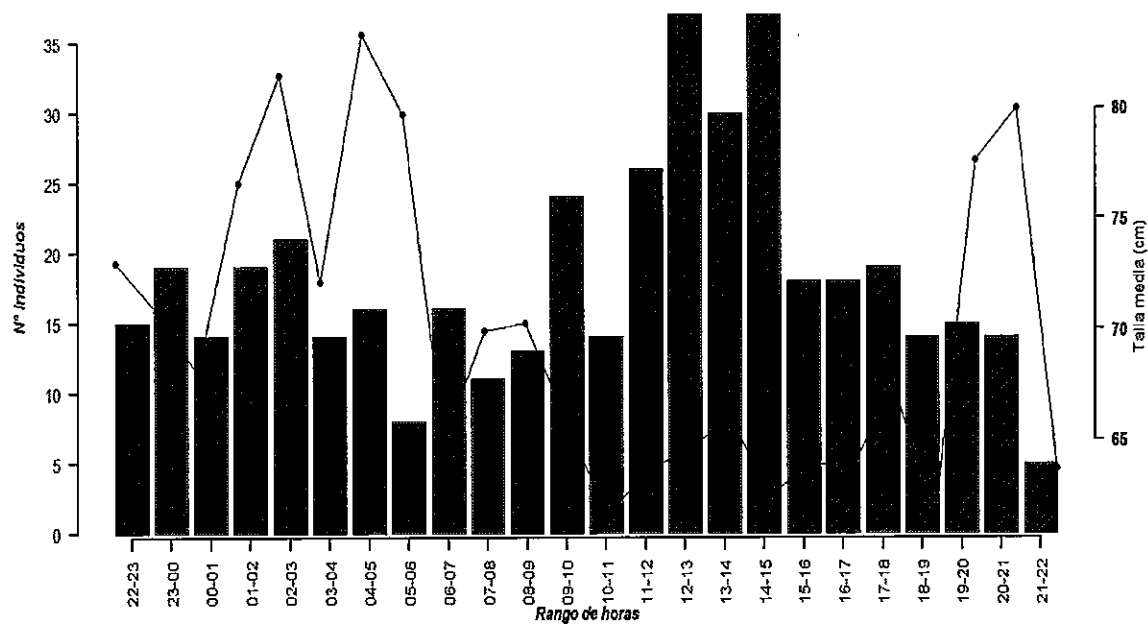


Figura 55. Distribución temporal-circadiana (24 horas) para el número de individuos (barra gris) y la talla media por intervalo de horas (línea negra), estimados a través del sonar DIDSON en el Río Toltén, durante los 14 días de febrero 2015.

Luego de haber obtenido la composición de tallas de los blancos de modo indirecto mediante las propiedades desplegadas por el sonar DIDSON, a partir de estas mediciones se calculó la fuerza de blanco (*target strength* o *TS*) a través de la fórmula genérica para peces fisóstomos (Salmón Chinook; Brown *et al.* 2009; Brown *et al.* 2012)  $TS = '20 \text{ Log (talla, cm)} - b20'$  (71.9 dB; Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2012). El objetivo de esta estimación empírica, fue desarrollar una comparación de los resultados obtenidos del equipo sonar DIDSON y del ecosonda EK60 *split-beam* bajo una misma unidad de medida (dB). Aquí se observa que el mayor número de representantes detectado presentó una fuerza de blanco de -36 y -37 dB (Figura 56).

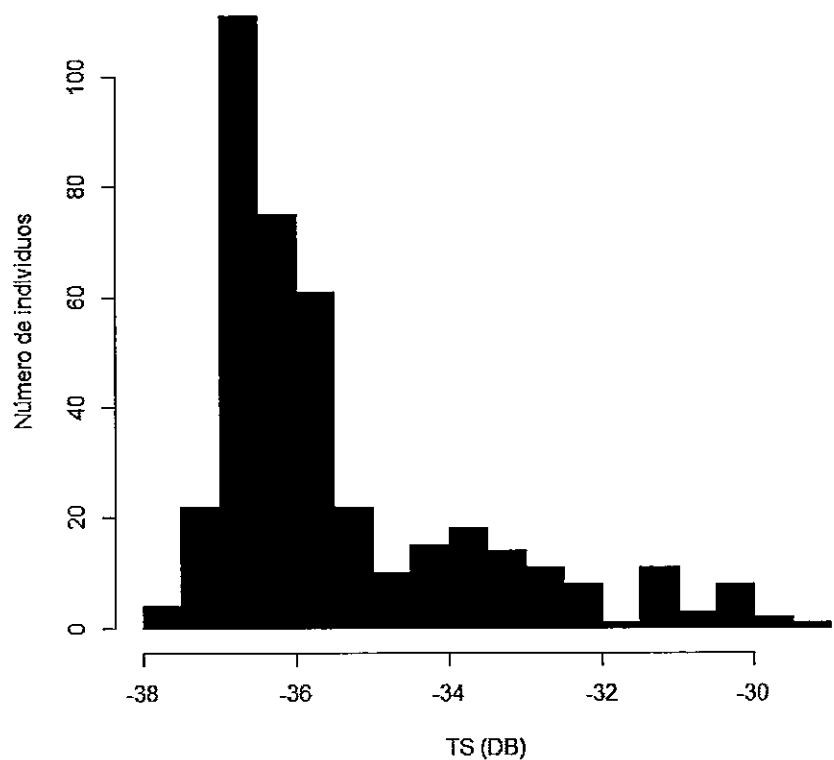


Figura 56. Distribución de frecuencias de fuerza de blanco (*TS*) empírica calculada a partir de la composición de tallas estimadas mediante sonar DIDSON en el Río Toltén, durante los 14 días de febrero 2015.

5.1.2.4.1.2. Ecosonda EK60

El ecosonda EK60 7C *split-beam*, operó desde el 9 de enero hasta el 14 de febrero (2015), siendo desplegado las 24 horas del día, no obstante hubo 4 ocasiones en las que se detuvo, por condiciones donde hubo intensificación de marea baja, quedando el equipo expuesto a la atmósfera, esto ocurrió los días: 21, 22 y 23 de enero, donde la pleamar perduró alrededor de 50 minutos, luego el equipo fue encendido y continuó su operación con normalidad.

Para estimar el número de salmones Chinook no retenidos por la pesquería estuarina (escape), se filtraron los datos obtenidos de acuerdo al valor entregado por la fuerza de blanco (*TS*), considerando sólo individuos dentro de un rango de -26 y -40 dB, esto basado en programas de estimación del número de peces retornantes, llevados a cabo en ríos de Alaska y Columbia Británica (Pacífico Nor-Oriental) (Yukon River Panel, 2010). Al número

total de blancos contabilizados se le aplicó el factor de corrección de salmones que se desplazaron río abajo estimados por la cámara DIDSON (9,4%) (Dunbar & Pfisterer 2009).

En la Tabla 17, se puede observar resultados del número de salmones Chinook ecocuantificados por día, mediante ecosonda EK60, siendo la primera columna una estimación bruta de la abundancia y las siguientes columnas consideran los factores de corrección.

De acuerdo a la estimación final (incluye corrección de 9,4%), podemos indicar que entre el 10 al 13 de enero (2015) habría ocurrido la tasa máxima de escape (número de individuos escapados por día). Sin embargo, también existen otros días con altos aportes relativos, como por ejemplo los días 15, 16, 20 de enero y el 5 de febrero.

Tabla 17. Resultados de la evaluación hidroacústica entregada por ecosonda EK60 durante la temporada, que comprende el período desde el 9 de enero hasta el 14 de febrero (2015).

| Fecha      | Nº individuos | Nº individuos sobre -40 (db) | Factor de corrección 9,4% |
|------------|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 09-01-2015 | 46            | 43                           | 39                        |
| 10-01-2015 | 108           | 94                           | 85                        |
| 11-01-2015 | 181           | 158                          | 143                       |
| 12-01-2015 | 194           | 194                          | 176                       |
| 13-01-2015 | 232           | 232                          | 210                       |
| 14-01-2015 | 54            | 54                           | 49                        |
| 15-01-2015 | 169           | 169                          | 153                       |
| 16-01-2015 | 91            | 91                           | 82                        |
| 17-01-2015 | 55            | 55                           | 50                        |
| 18-01-2015 | 52            | 52                           | 47                        |
| 19-01-2015 | 36            | 36                           | 33                        |
| 20-01-2015 | 147           | 147                          | 133                       |
| 21-01-2015 | 37            | 5                            | 5                         |
| 22-01-2015 | 88            | 44                           | 40                        |
| 23-01-2015 | 46            | 17                           | 15                        |
| 24-01-2015 | 113           | 42                           | 38                        |

|            |     |    |    |
|------------|-----|----|----|
| 25-01-2015 | 96  | 32 | 29 |
| 26-01-2015 | 55  | 16 | 14 |
| 27-01-2015 | 52  | 23 | 21 |
| 28-01-2015 | 6   | 5  | 5  |
| 29-01-2015 | 33  | 20 | 18 |
| 30-01-2015 | 0   | 0  | 0  |
| 31-01-2015 | 10  | 7  | 6  |
| 01-02-2015 | 6   | 6  | 5  |
| 02-02-2015 | 34  | 18 | 16 |
| 03-02-2015 | 28  | 28 | 25 |
| 04-02-2015 | 17  | 14 | 13 |
| 05-02-2015 | 100 | 97 | 88 |
| 06-02-2015 | 65  | 64 | 58 |
| 07-02-2015 | 53  | 53 | 48 |
| 08-02-2015 | 55  | 55 | 50 |
| 09-02-2015 | 43  | 43 | 39 |
| 10-02-2015 | 52  | 52 | 47 |
| 11-02-2015 | 52  | 18 | 16 |
| 12-02-2015 | 58  | 16 | 14 |
| 13-02-2015 | 27  | 7  | 6  |
| 14-02-2015 | 96  | 24 | 22 |

Con respecto a lo anterior, la Tabla 18 entrega los resultados diarios obtenidos mediante el ecosonda EK60 durante todo el periodo de operación. El número medio de individuos por día fue de 50 individuos, donde el máximo número de ecotrazos en un día fue de 210 y el mínimo de cero. El total de ecotrazos contados fue de 1840 durante los 37 días de funcionamiento del equipo y cubriendo una sección transversal 40 metros desde la base del transductor.

Sí asumimos que la distribución de remonte en ambas riberas fue simétrica, lo que consideraría cubrir 80 metros de un total de 210 metros de ancho del río y adicionalmente

que no ocurrió actividad migratoria en la parte media del cauce (situación muy común en salmónidos retornantes), entonces podremos suponer que el escape total durante el período de medición alcanzó un total de 3676 individuos. Esto representa el número de salmones Chinook retornantes que logró escapar de la actividad pesquera-artesanal que se ubicada en la fracción baja del Río Toltén durante la temporada (enero-febrero).

Tabla 18. Resumen estadístico para los resultados de la estimación de salmones Chinook mediante ecoconteo a través del ecosonda EK60.

| <i>Estadística descriptiva</i> |            |
|--------------------------------|------------|
| Estadístico                    | Valor (dB) |
| Promedio                       | 49,7       |
| Error estándar                 | 8,4        |
| Mediana                        | 38,1       |
| Moda                           | 38,9       |
| Desviación estándar            | 51,5       |
| Varianza del muestreo          | 2662,0     |
| Rango                          | 210,1      |
| Mínimo                         | 0          |
| Máximo                         | 210,1      |
| Suma                           | 1840,1     |
| Cuenta                         | 37         |
| Intervalo de confianza (95,0%) | 17,2       |

La distribución de frecuencia de blancos individuales en función de la fuerza de blanco (TS) consideró un rango de -40 a -15 dB, por consiguiente se puede observar en la Figura 57, que la mayor cantidad de ecotrazos identificados se agrupó entre los -38 y -29 dB de valor TS, con un máximo cercano a 180 individuos entre los -36 y -34 dB, sin embargo desde los -30 a -15 DB el número de ecotrazos encontrados baja considerablemente desde los 80 individuos a 1, sobre todo en el rango de -20 a -15 dB.

Con respecto a lo anterior, sí analizamos la composición de tallas capturadas en caleta La Barra y la composición de tallas estimadas mediante sonar DIDSON (Figura 58),

encontramos que el mayor número de individuos que escapan a la pesca-artesanal están entre los 60 y 75 cm de longitud total.

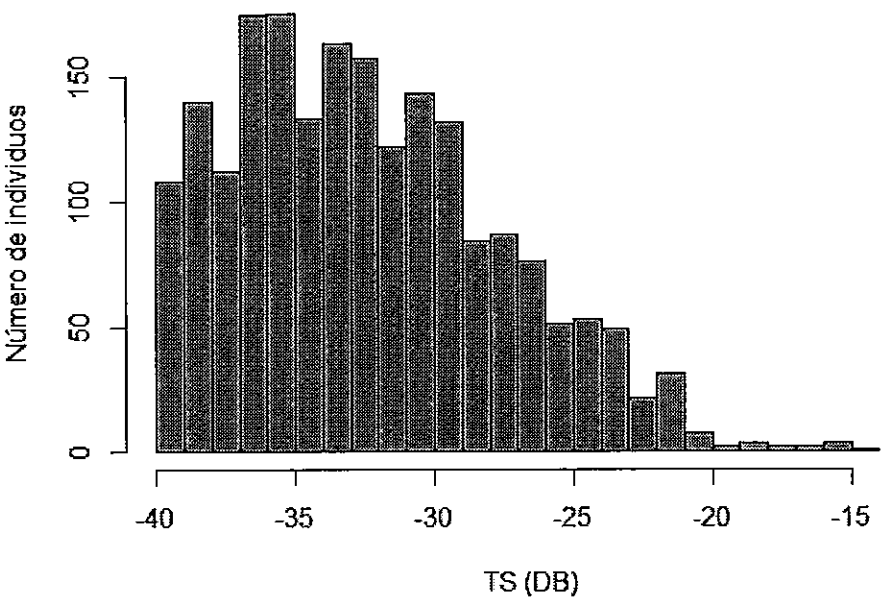


Figura 57. Distribución de frecuencias, para el número de individuos en cada intervalo de TS (dB) para los blancos detectados mediante ecosonda EK60 en el Río Toltén durante la temporada de estudio.



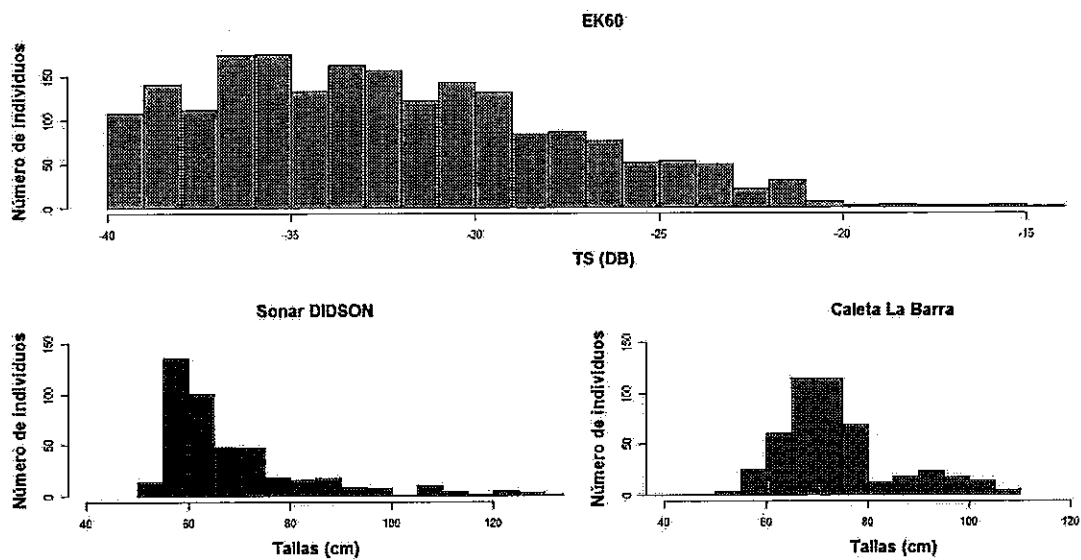


Figura 58. Distribución de frecuencias para el número de individuos en base al TS mediante ecosonda EK60 (barra gris) y abajo la distribución de tallas detectadas a través del sonar DIDSON (barra rojo) y de las capturas de La Barra (barra celeste).

La mayor cantidad de ecotrazos detectados en la estimación de abundancia se encontró distribuido entre los 18 y 26 metros de distancia al transductor (equipo EK60). Adicionalmente para el rango de los primeros 10 metros, no se identificó más de 20 marcas durante 37 días de funcionamiento, lo mismo se puede observar desde los 30 a 40 metros donde se identificaron no más de 80 individuos, pero en este último caso, el ecograma presenta alta interferencia o ruido, lo que dificulta la detección e identificación de ecotrazos (Figura 59).

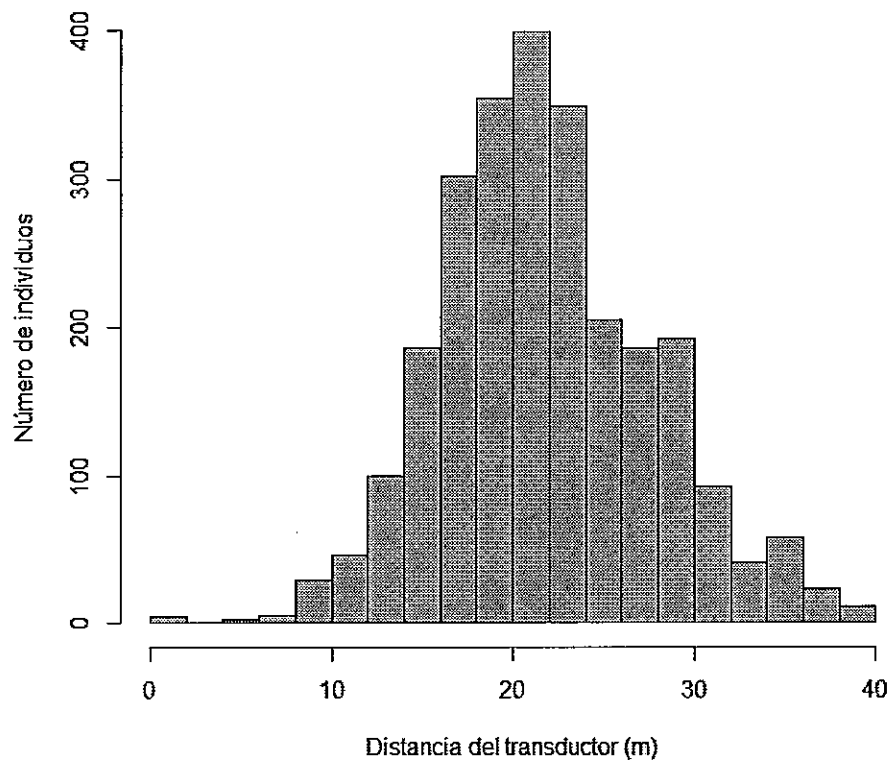


Figura 59. Distribución espacial de los individuos detectados (salmones Chinook), a partir de la distancia transversal desde el equipo EK60 hasta el rango de detección (40 metros), en el Río Toltén durante la temporada.

El número de individuos estimados en base a su temporalidad-circadiana puede ser observado en la Figura 60, existiendo una creciente actividad migratoria de individuos desde las 22:00 horas hasta las 02:00, y posteriormente ir disminuyendo a medida que avanza la hora hasta llegar al mediodía donde nuevamente se ve un *peak* de actividad, para luego decaer nuevamente.

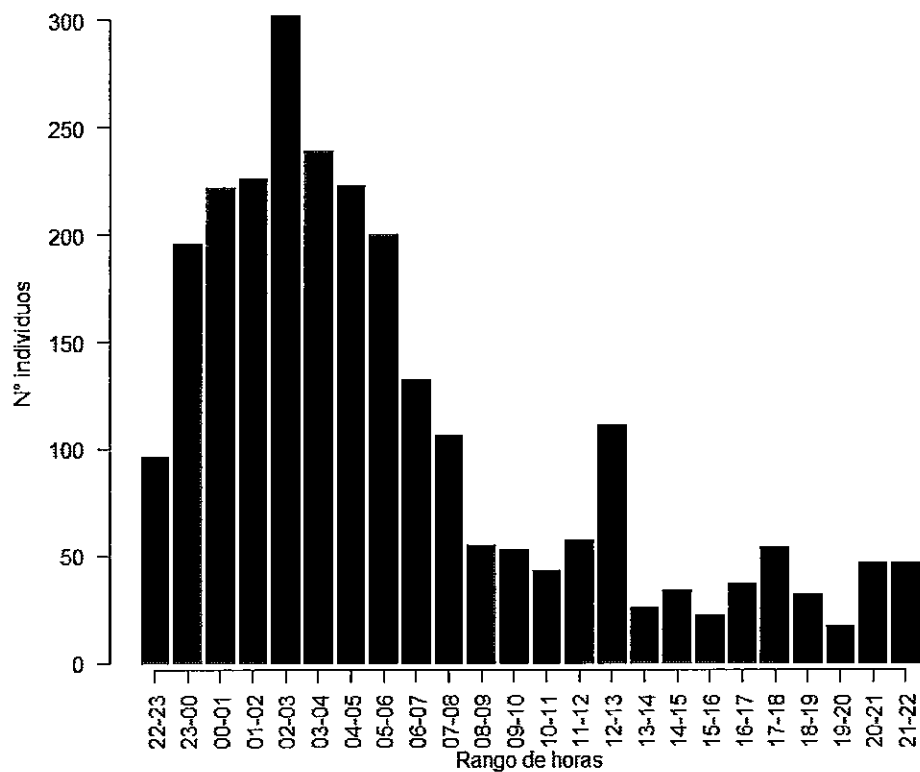


Figura 60. Distribución circadiana (24 horas) del total de los ecoconteos de salmones Chinook detectados a través del ecosonda EK60 en el Río Toltén.

5.1.2.4.1.3. Ecosonda EK60 y cámara Sonar DIDSON

A partir del 9 de enero hasta el 14 de febrero (2015), se realizó un censo de salmones Chinook mediante tecnología hidroacústica. Durante este periodo el equipo EK60 fue desplegado en forma continua y adicionalmente desde el 1 al 14 de febrero se incorporó un sonar DIDSON, el cual operó conjuntamente al ecosonda EK60. Ambos equipos fueron montados en un *frame* o estructura tipo-H de acero galvanizado. En la Tabla 19, se observa la comparación de conteos hidroacústicos entre ambos equipos desplegados en un mismo rango espacial, que incluye desde los 2 a 22 metros en dirección transversal al cauce del río, ubicado en la ribera norte del río.

La estimación de abundancia durante los 14 días de febrero para el sonar DIDSON fue de 396 blancos individuales y de 217 para el equipo EK60. Esta estimación fue llevada a cabo de tal forma donde el sonar DIDSON detectó a 437 individuos inicialmente en 22 metros de distancia, pero como este equipo no solo entrega información de la cantidad de peces, sino

que también del tamaño, la forma y las características de natación (Eilers *et al.* 2010), permitió identificar a un 9,4% de peces que se han devuelto río abajo, lo que produciría una sobreestimación del número de individuos. En consiguiente, para evitar este sesgo asociado se aplicó un factor de corrección del 9,4% para la estimación del sonar DIDSON además de EK60, en definitiva siendo menor que la estimación inicialmente realizada. En efecto un total de 396 salmones Chinook fueron estimados para una serie desde el 1 al 14 de febrero, 2015 por medio del sonar DIDSON.

La estimación del ecosonda EK60 durante los 14 días de febrero, fue de tal modo que inicialmente fueron estimados un total de 686 blancos individuales hasta los 40 metros, pero para homogeneizar el análisis con respecto al sonar DIDSON se procedió a estimar la abundancia hasta los 22 metros, entregando una nueva estimación de 384 individuos. Adicionalmente, dado que el rango característicos de la fuerza de blanco de salmones Chinook es de -26 hasta -40 dB, se obtuvo una nueva estimación que logró remover peces pequeños y ruidos asociados entregando un total de 240 salmones Chinook, no obstante para finalizar la estimación se procedió a la aplicación del factor de corrección del 9,4% identificado por el sonar DIDSON, entregando una estimación final de 217 salmones Chinook.

Una comparación gráfica del despliegue conjunto de ambos equipos hidroacústicos fue realizado (Figura 61), para observar el desempeño de la estimación, que incluye similitudes y diferencias asociadas a la ventaja y desventaja de cada equipo. La comparación gráfica incluyó un análisis de los datos en un mismo período y distancia, además de un factor de corrección respecto del valor *TS* (*Target Strength* o fuerza de blanco) y finalmente un valor de corrección del 9,4%.

Tabla 19. Resumen de ecoconteos realizado para ambos equipos acústicos en un rango de los 0-22 metros desde el frame y con un factor de corrección de -40 dB (EK60) y del 9,4% de individuos que se devuelven paraEK60 y DIDSON.

| Día                  | N° de ind. | Corrección 9,4% | Frec. 9,4% | EK60 |
|----------------------|------------|-----------------|------------|------|
| 1 de febrero de 2015 | 37         | 3,5             | 34         | 0    |
| 2 de febrero de 2015 | 12         | 1,1             | 11         | 13   |
| 3 de febrero de 2015 | 10         | 0,9             | 9          | 10   |
| 4 de febrero de 2015 | 41         | 3,9             | 37         | 3    |
| 5 de febrero de 2015 | 70         | 6,6             | 63         | 51   |

|                       |     |     |     |     |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|
| 6 de febrero de 2015  | 63  | 5,9 | 57  | 34  |
| 7 de febrero de 2015  | 45  | 4,2 | 41  | 12  |
| 8 de febrero de 2015  | 6   | 0,6 | 5   | 18  |
| 9 de febrero de 2015  | 13  | 1,2 | 12  | 13  |
| 10 de febrero de 2015 | 17  | 1,6 | 15  | 23  |
| 11 de febrero de 2015 | 49  | 4,6 | 44  | 10  |
| 12 de febrero de 2015 | 56  | 5,3 | 51  | 11  |
| 13 de febrero de 2015 | 7   | 0,7 | 6   | 5   |
| 14 de febrero de 2015 | 11  | 1,0 | 10  | 14  |
| Total                 | 437 |     | 396 | 217 |

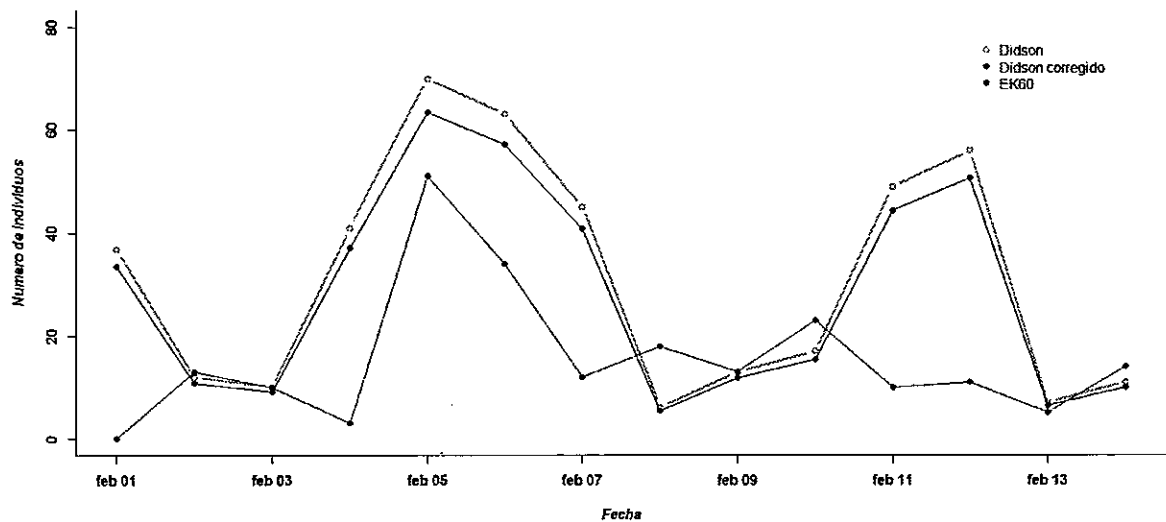


Figura 61. Desempeño conjunto de equipos hidroacústicos en el rango de los 0-22 metros desde el frame.

En la Figura 62, se observan las capturas de la barra en número de individuos (serie de color negra), donde a partir del 24 de diciembre aumentó el rendimiento de pesca, y a partir del 9 de enero (serie en color rojo) se inició la actividad de ecocuantificación del ecosonda EK60, donde se observa un desfase temporal de 2 a 3 días en los pulsos de entrada detectados por las capturas en la boca del río. Esta diferencia temporal estaría dada por la distancia espacial existente entre la caleta La Barra y el sitio donde operaban los equipos hidroacústicos (13 Km). Igualmente, esto permitiría tener una aproximación del despliegue migratorio

empleado por los salmones Chinook siendo alrededor de 4 Km durante un día, (hasta nueva Toltén). Además, mediante la operación del sonar DIDSON (serie de color azul), también se observa este desfase de los pulsos. En febrero se evidencia un aumento en las capturas de La Barra, pero una disminución en los conteos acústicos, principalmente para el ecosonda EK60, esta subestimación de individuos se debe principalmente a los intensos vientos que hubo durante el mes de febrero, produciendo turbidez en el agua y a causa de esto presencia de ruido en el ecograma y a su vez impedimentos en la visibilidad en los archivos. Estos eventos relacionados con el viento, ocurrieron principalmente desde las 13:00 hasta las 20:00 horas y en algunos días hasta las 21:00 horas.

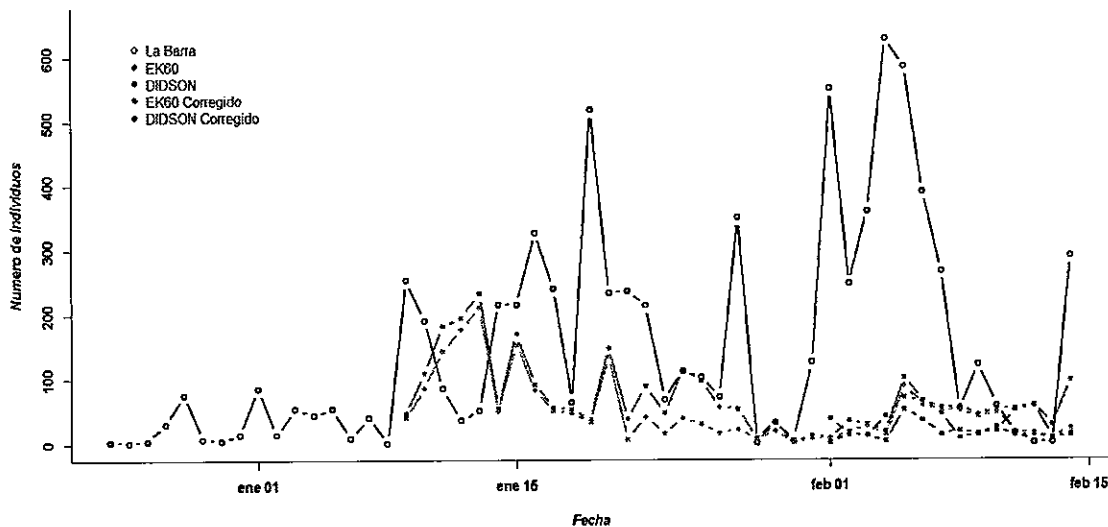


Figura 62. Número de individuos capturados en la barra y número de individuos contabilizados a través de métodos acústicos.

5.1.2.5. Estimación del retorno (capturas más escape)

Para estimar el retorno tenemos que tener en cuenta las capturas y el escape, en el sector de *La Barra* las capturas fueron de 54,8 toneladas y basándonos en el muestreo biológico realizado en el mismo sector se obtuvo un peso promedio de los salmones Chinook para esta temporada de 6,5 kilogramos por individuo. Ahora en base a lo anterior se estima una captura retenida en número de 8.439 salmones. Por otra parte la estimación del escape