

PODER LEGISLATIVO



PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO,
ANTÁRTIDA E ISLAS DEL ATLÁNTICO SUR
REPÚBLICA ARGENTINA

COMUNICACIONES OFICIALES

Nº **030**

PERÍODO LEGISLATIVO **2014**

EXTRACTO P.E.P. NOTA Nº 36/14 ADJUNTANDO INFORME REQUERIDO MEDIANTE RESOLUCIONES DE CÁMARA Nº 307/13 (SOLICITANDO AL P.E.P. INFORME EN RELACIÓN A LOS CONTROLES DE DESEMBARCOS DE CRUSTÁCEOS DURANTE LOS AÑOS 2009 AL 2012); Y Nº 313/13 (SOLICITANDO AL P.E.P. INFORME EN RELACIÓN A LA RESPUESTA YA EMITIDA SOBRE LA RESOLUCIÓN DE CÁMARA Nº206/12, ÁREAS DE IMPLANTES DE JAULAS MARINAS EN AGUAS DEL CANAL BEAGLE).

Entró en la Sesión de: _____

Girado a la Comisión Nº: _____

Orden del día Nº: _____



Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur Poder Legislativo PRESIDENCIA		
REGISTRO N° 083	05 FEB 2014	HORA 11:45
FIRMA		

*Provincia de Tierra del Fuego, Antártida
e Islas del Atlántico Sur
República Argentina*

NOTA N° 036
GOB.

USHUAIA, 05 FEB. 2014

SEÑOR LEGISLADOR:

Tengo el agrado de dirigirme a Usted en mi carácter de Vicegobernador de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, con el objeto de remitirle, en contestación a lo solicitado mediante las Resoluciones de la Cámara Legislativa de la Provincia N° 307/13 y N° 313/13 dadas en la Sesión Ordinaria del 21 de Noviembre de 2013, las Notas Subs. G.C. y F. N° 022/14 y N° 023/14 suscriptas por el Sr. Subsecretario de Control, Gestión y Fiscalización de la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente, con la documentación allí indicada.

Asimismo, y en conformidad con lo dispuesto en la Ley Pcial. N° 650, se acompaña soporte informático conteniendo la información suministrada.

Sin otro particular, saludo al Señor Legislador integrante de la Comisión Legislativa de Receso, a cargo de la Presidencia de la Legislatura Provincial, con atenta y distinguida consideración.

↑

PODER LEGISLATIVO SECRETARIA LEGISLATIVA	
06 FEB 2014	
MESA DE ENTRADA N° 020	HS. 14:00
FIRMA	

ROBERTO LUIS GROCIANELLI
VICEGOBERNADOR EN EJERCICIO DEL
GOBIERNO DE TIERRA DEL FUEGO

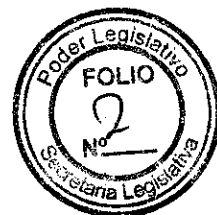
*Pase a Secretaría
Legislativa
Ushuaia 05/02-14.-*

AL SEÑOR LEGISLADOR
INTEGRANTE DE LA COMISIÓN
LEGISLATIVA DE RECESO A/C
DE LA LEGISLATURA PROVINCIAL
Dn. Juan Carlos ARCANDO
S/D

Juan Carlos ARCANDO
Legislador Provincial
A/c Poder Legislativo



Provincia de Tierra del Fuego, Antártida
e Islas del Atlántico Sur
República Argentina
**SECRETARÍA DE DESARROLLO
SUSTENTABLE Y AMBIENTE**



NOTA N° 022 /14.
Letra: Subs.G.C. y F.

Ref: Pedido de informe Resolución
Legislatura N° 307/13.

USHUAIA, 28 ENE 2014

SECRETARÍA LEGAL Y TÉCNICA
Dra. Leila Eleonora GIADÁS

Tengo el agrado de dirigirme a Uds con motivo de
respuesta al pedido de informe de la Legislatura Provincial efectuado mediante
Resolución Legislativa N° 307/13.

A fin de dar cumplimiento a dicho pedido se adjunta
el Informe Técnico N° 001/14, letra D.G.D.P.yA.

Sin otro particular saludo atte.

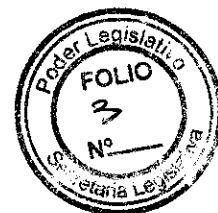
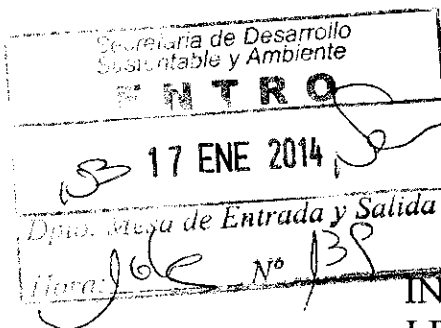
Secretaría de Desarrollo
Sustentable y Ambiente
FOLIO
28 ENE 2014
Dpto. Mesa de Entrada y Salida
Hora: 12/5

[Firma manuscrita]
PROF. ENRIQUE BAUDUCCO
SUBSECRETARIO
GESTIÓN, CONTROL Y FISCALIZACIÓN
S.D.S. y A.

SECRETARÍA LEGAL Y TÉCNICA
29 ENE. 2014
HORA: RECIBIÓ:



Provincia de Tierra del Fuego, Antártida
e Islas del Atlántico Sur
República Argentina
**SECRETARIA DE DESARROLLO
SUSTENTABLE Y AMBIENTE**



INF. N° 001 /14
LETRA: D.G.D.P. y A.

SR. SECRETARIO DE DESARROLLO SUSTENTABLE Y AMBIENTE

Elevo el presente informe con un análisis de la Resolución N° 307/13 de la Legislatura de la Provincia de Tierra del Fuego e I.A.S.

Art. 1°, Inciso a): Información elevada mediante Informe N° 005/13, Letra: D.G.D.P. y A.. Se adjuntaron copias de la totalidad de las planillas de registro de cada control de desembarco realizadas en los periodos solicitados. Se informe en el mismo además que en año 2009^{no} se realizaron controles de desembarco alguno y se dio una breve explicación del porque. En la mayoría de los casos, los intentos de control de desembarco se han visto frustrados por la reticencia de los pescadores artesanales para dar aviso a la Autoridad de Aplicación sobre los zarpes y arribos, realizando los desembarcos en forma dispersa en diferentes puntos de la costa en horarios nocturnos y dificultando las tareas de control.

Art. 1°, Inciso b): Dada la escasa actividad embarcada de captura de peces y la necesidad de concentrar los recursos humanos en el control de captura de centolla y centollón, el control de desembarco de peces es casi nulo, para los periodos solicitados y no se han producido registros dado que la captura de peces no suponía riesgo alguno para las especies objetivas a tan bajo esfuerzo pesquero.

De coincidir con el desembarco de crustáceos se realizan los dos (control de desembarco de crustáceos con control de peces). No hubo omisión en ese sentido.

En cuanto a los moluscos, no se realizan "controles de desembarque", que fuera lo solicitado en el pedido de informe, en cambio, se emiten "guías de tránsito". A continuación se resume la actividad en el siguiente cuadro.

AÑO	GUIAS	MEJILLON kg	CHOLGA kg	ALMEJA kg	PRODUCTORES
2009	170	14.446	34.777	696	16
2010	76	10.701	10.846	323	12
2011	59	8.065	8.426	1.340	8
2012	254	24.826	38.062	3.560	18

Respecto de controles de desembarco de la flota de altura, a efecto de no duplicar esfuerzos, los mismos son realizados por inspectores de la Dirección Nacional de Coordinación Pesquera. Sobre esa flota se efectúa un monitoreo de la actividad pesquera, capturas y operatoria en gral por medio de la información que relevan los Observadores Pesqueros Nacionales, y la estadística de descarga se toma como válida la producida por la DNCP, quienes la vuelcan en el sitio web del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, de dónde se puede descargar.

USHUAIA, 17 ENE. 2014

*Pase el Sr. Secretario J. Esteban, Control y
Asesoría*

Carlos Rívelle
Director General
Desarrollo Pesquero y Acuicola
Sec. Desarrollo Sustentable y Ambiente

ING. FORESTAL FABIAN BOYERAS
SECRETARIA DE DESARROLLO
SUSTENTABLE Y AMBIENTE

"Las Islas Malvinas, Georgias y Sandwich del Sur, son y serán Argentinas" 20 ENE 2014



Provincia de Tierra del Fuego, Antártida
e Islas del Atlántico Sur
República Argentina
**SECRETARIA DE DESARROLLO
SUSTENTABLE Y AMBIENTE**

Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente
ENTRO
20 ENE 2014
Dpto. Mesa de Entrada y Salida
Hora: 10:00 J. N° 142



INF. N° 002 /14
LETRA: D.G.D.P. y A.

SR. SECRETARIO DE DESARROLLO SUSTENTABLE Y AMBIENTE

Elevo el presente informe con un análisis y respuesta alguno de los incisos de la Resolución N° 313/13 de la Legislatura de la Provincia de Tierra del Fuego e I.A.S.

Art. 1º, Punto d)

Los proyectos de salmonicultura ingresados o registrados en esta Dirección son:

1. Remy, Marc Edmundo -"La Mata Negra", No Vigente.
2. TRUCHAS DEL SUR S.A. Respuesta supeditada a realización de estudios previos pendientes.
3. SALMO TROUT S.R.L., Respuesta supeditada a realización de estudios previos pendientes.
4. GIANFRANCO GUARDAMAGNA, Falta documentación.
5. COSTAS FUEGUINAS S.R.L., Falta documentación.
6. TAIYIN S.A., PROYECTO "CRÍA INDUSTRIAL DE TRUCHA ARCO IRIS Y SALMON DEL ATLANTICO", Respuesta supeditada a realización de estudios previos pendientes. Solicita introducción de especie Salmo salar.
7. CENUQUE S.A., PROYECTO "CRÍA INDUSTRIAL DE TRUCHA ARCO IRIS Y SALMON DEL ATLANTICO", Respuesta supeditada a realización de estudios previos pendientes. Solicita introducción de especie Salmo salar.
8. COOJ S.A., PROYECTO "CRÍA INDUSTRIAL DE TRUCHA ARCO IRIS Y SALMON DEL ATLANTICO", Respuesta supeditada a realización de estudios previos pendientes. Solicita introducción de especie Salmo salar.
9. KENOOS S.A., PROYECTO "CRÍA INDUSTRIAL DE TRUCHA ARCO IRIS Y SALMON DEL ATLANTICO", Respuesta supeditada a realización de estudios previos pendientes. Solicita introducción de especie Salmo salar.
10. MARIANO J. POTT, PROYECTO "CRÍA INDUSTRIAL DE TRUCHA ARCO IRIS Y SALMON DEL ATLANTICO", Respuesta supeditada a realización de estudios previos pendientes. Solicita introducción de especie Salmo salar.

Q

"Las Islas Malvinas, Georgias y Sándwich del Sur, son y serán Argentinas"



11. PESQUERA DEL FIN DEL MUNDO S.R.L., Respuesta supeditada a realización de estudios previos pendientes.

Art. 1º, Punto e)

1. Remy, Marc Edmundo -"La Mata Negra", No Vigente.
2. PROYECTO CULTIVO DE SALMONICULTURA MARINA, VALDES S.R.L..

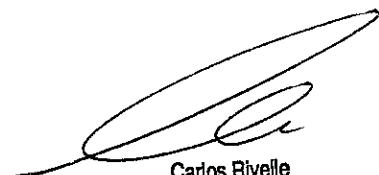
Manifiesto también mediante la presente que llama la atención la necesidad de conocer el detalle tan pormenorizado de información solicitada rayando en algún punto con infracción al artículo 17º de la Ley Nacional N° 17622/68, no viendo pertinente la necesidad de conocer la razón social de los proyectos presentados. Siendo este pedido de información la respuesta a un informe y no una investigación solicitada por la justicia.

Sin embargo se comprende la intención del poder legislativo de conocer en profundidad el desarrollo de la actividad productiva o de algún reclamo que puedan haber presentado los administrados, pero no se vislumbra como los datos personales o razón social permita tener un mayor conocimiento de la actividad. El área está dispuesta a colaborar con la información que sea requerida por parte de la Honorable Legislatura cuando lo disponga dentro de los límites legales sin poner en riesgo la información que los administrados han presentado dentro de la citada Ley u otras reglamentaciones a las que se pudiera infringir.

Como ejemplo cito el de los datos filiatorios de los integrantes de los Observadores a Bordo Provinciales; se encuentran dentro del Anexo I de la Resolución M.P. N° 99/05. O sea que se trata de información publicada en el Boletín Oficial. Pero en este caso se trata de información de empresas o personas físicas a los que todavía no se ha otorgado concesiones y no han sido publicados salvo el caso de los emprendimientos que están o han estado en actividad mencionados en el artículo 1º punto e).

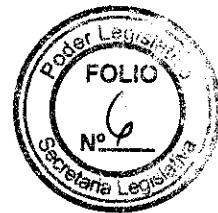
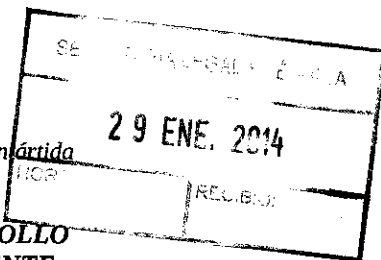
A su consideración.

USHUAIA, 20 ENE. 2014


Carlos Rivelle
Director General
Desarrollo Pesquero y Acuicola
Sec. Desarrollo Sustentable y Ambiente



Provincia de Tierra del Fuego, Antártida
e Islas del Atlántico Sur
República Argentina
**SECRETARÍA DE DESARROLLO
SUSTENTABLE Y AMBIENTE**



NOTA N° 023 /14.
Letra: Subs.G.C. y F.

*Ref: Pedido de informe Resolución
Legislatura N° 313/13.*

USHUAIA, 29 ENE 2014

SECRETARÍA LEGAL Y TÉCNICA
Dra. Leila Eleonora GIADÁS

Tengo el agrado de dirigirme a Uds con motivo de respuesta al pedido de informe de la Legislatura Provincial efectuado mediante Resolución Legislativa N° 313/13.

A fin de dar cumplimiento a dicho pedido se adjunta el Informe Técnico del trabajo aludido en el punto a) como respuesta a lo solicitado en el artículo 1° de la Resolución 206 /12 y 313/13.

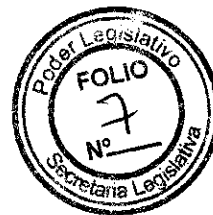
a) Se adjunta copia del Informe final sobre el estudio denominado “Factibilidad de la salmonicultura en C. Beagle”, que fuera solicitado en la Resolución de referencia.

Respecto del punto b) del artículo 1° de la Resolución N° 313, corresponde aclarar que no se informó la realización de un estudio sino que se mencionó que se estaba gestionando un acuerdo de estudio. El mismo ha quedado postergado luego de los cambios de autoridades del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca del Gobierno Nacional, quienes tienen los borradores del convenio a suscribir que oportunamente se habían trabajado entre las áreas técnicas y elevado para la rúbrica del Ministro.

Con relación al punto c) como fuera ya informado en reiteradas oportunidades a la Legislatura, todos los estudios que se llevan adelante en el Canal Beagle desde esta Secretaría, que desde una mirada ecosistémica resultan útiles para evaluar las posibles innovaciones en el aprovechamiento pesquero y acuícola (incluida la maricultura y etapas de cría de salmónidos en el mar), se sostienen con fondos provenientes del FONAPE. Dichos fondos son utilizados constantemente para todos los trabajos de la Dirección General de Desarrollo Pesquero y Acuícola entre los que se encuentran trabajos de investigación sobre floraciones algales masivas que por ejemplo permiten detectar la existencia y proliferación de determinadas microalgas, algunas de ellas que pueden llegar a ser letales para los salmónidos (ciertas diatomeas y fitoflagelados presentes en el Canal Beagle) y por ello determinantes para el éxito o riesgo de cualquier proyecto de salmonicultura. Con lo dicho, si bien se puede pensar en algunos estudios puntuales destinados a determinar algún grado de factibilidad para el desarrollo de la salmonicultura (batimetrías, corrientes y nutrientes), el éxito, fracaso y/o riesgo implicado en desarrollar la actividad no se puede garantizar ni prever con certeza, pero los mismos resultan indispensables para



Provincia de Tierra del Fuego, Antártida
e Islas del Atlántico Sur
República Argentina
**SECRETARIA DE DESARROLLO
SUSTENTABLE Y AMBIENTE**



establecer unas condiciones mínimas que garanticen que no se superen determinados umbrales en cuanto a impacto ambiental e incidencia en el ecosistema por las intervenciones que supone la actividad acuícola.

Los estudios que se realizaron en la provincia sobre factibilidad de cría de salmónidos en aguas del Canal Beagle, se enfocaron en demostrar la si era posible criar salmónidos pero no abordaron aspectos cruciales sobre posibles interacciones con el ecosistema o como lo es medir el impacto ambiental que este tipo de actividad tiene sobre el ambiente y los riesgos implicados en la actividad. Tampoco se analizó el marco legal para su posible desarrollo ni las implicancias sociales.

Vinculado a lo anterior, la mayoría de los acuicultores que se dedican al cultivo de mejillones y los pescadores de bancos de moluscos bivalvos, han expresado su preocupación por la posible incidencia de los proyectos de salmonicultura en el aumento de episodios de mareas rojas. Su preocupación es genuina si se tiene presente que cualquier aporte de nutrientes al agua puede favorecer la proliferación de microalgas.

Por ello resultaría conveniente y más precavido, desarrollar pruebas piloto de pequeña escala durante periodos de mediano alcance (de 2 a 5 años), que permitan monitorear la evolución ambiental de la zona de influencia, y así establecer las condiciones necesarias para posibles desarrollos posteriores.

Al respecto cabe destacar, que la salmonicultura marina, en primera instancia, colisiona con lo pautado por el artículo 1° de la Ley Nacional N° 24922, a la cual la provincia ha adherido por medio de la Ley Provincial N° 411. Recordemos que dicho artículo establece: **ARTICULO 1°- La Nación Argentina fomentará el ejercicio de la pesca marítima en procura del máximo desarrollo compatible con el aprovechamiento racional de los recursos vivos marinos**. Restar superficie marítima operativa a la pesca artesanal para otorgársela a la cría de especies exóticas además de afectar de manera peligrosa los ecosistemas de pesquerías artesanales tradicionales consolidadas como lo es la de centolla y centollón, reduce el potencial pesquero por restarle superficies de pesca.

La salmonicultura marina, implica necesariamente el vertido de sustancias que resultan nocivas para el ecosistema marino, como son antibióticos, alimentos balanceados cuyos componentes no son naturales al medio, la introducción de especies exóticas en densidades artificialmente producidas, conllevando aportes de material orgánico de origen biológico de las especies introducidas (sus detritos), de forma concentrada, lo que genera una pluma de contaminación en la zona de implantación de jaulas que se debe considerar. Todo ello resulta contrario a lo establecido por el inciso b) artículo 1° de la Ley Provincial N° 537 (*está prohibido colocar, arrojar, dejar o hacer llegar a aguas de uso público o particulares que comuniquen con ellas, en forma permanente o transitoria, sustancias o elementos líquidos, sólidos o gaseosos, cuyos efectos resultaren nocivos para la flora y fauna acuática*). En el mismo sentido se expresa la prohibición de la Ley Nacional 24.922 (a la cual como se dijo estamos



Provincia de Tierra del Fuego, Antártida
e Islas del Atlántico Sur
República Argentina
**SECRETARIA DE DESARROLLO
SUSTENTABLE Y AMBIENTE**



adheridos por Ley Provincial 411) en el inciso e) **Arrojar a las aguas sustancias o detritos que puedan causar daño a la flora y fauna acuáticas o impedir el desplazamiento de los peces en sus migraciones naturales** (se encuentran prohibidos).

Por todas estas consideraciones y aspectos relacionados al objeto del pedido de informe, el Ejecutivo provincial y todos los actores vinculados a la pesca y acuicultura marina, salvo aquellos particulares que han presentado algún proyecto de salmonicultura, han decidido enfocar sus esfuerzos en ordenar otros aspectos de la actividad pesquera y acuícola y no dar prioridad a estudios directamente relacionados a salmonicultura.

Vinculado a lo anterior por tratarse de posibles aprovechamientos de espejos de agua que resultan evidentemente conflictivos desde lo social y lo ambiental, cabe tener presente que la Constitución Provincial en su artículo 83 sobre el uso de las aguas expresa: *Las aguas que sean de dominio público y su aprovechamiento **están sujetas al interés general.*** Con ello queda claro que decidir si resulta conveniente el desarrollo de esa actividad industrial en aguas provinciales amerita una consulta pública a través de mecanismos participativos.

En este punto cabe destacar para los legisladores, que la acuicultura y la pesca son actividades muy diferentes entres sí que pueden desarrollarse en la provincia pero que para ello resulta necesario establecer los alcances y formas de cada una, a fin de evitar conflictos de intereses sectoriales que terminarían perjudicando al interés general provincial.

No obstante todo lo dicho, lo expresado por el artículo 81 de la Constitución Provincial cuando dice: *El Estado provincial sólo podrá intervenir en la explotación y transformación de los recursos naturales con carácter subsidiario, **cuando exista manifiesta y probada incapacidad o desinterés para ello en la actividad privada,** promoviéndose la industrialización en su lugar de origen, no priva a los particulares la posibilidad de realizar estudios de factibilidad e impacto ambiental que brinden elementos de juicio para el desarrollo de la salmonicultura. Es decir, demostrado el interés particular de algunos privados en el posible desarrollo de una actividad que no resulta prioritaria para la mayoría de los actores vinculados al uso de los espacios marítimos ni para el Estado (en el caso de la salmonicultura), es decir que no se evidencia como de interés general para la comunidad, los particulares en defensa de sus propios intereses, están habilitados para financiar los estudios que resulten pertinentes y que demuestren de forma fehaciente la viabilidad ambiental y social de sus proyectos económicos. En ese sentido, a la fecha los estudios presentados por los particulares, resultan insuficientes o inexistentes, y aún cuando abarcaran la mayoría de los aspectos necesarios a tener presentes para evaluarlos técnicamente, resultaría necesario someterlos a audiencia pública o consideración popular para verificar si resultan de interés general para toda la comunidad, ello en virtud de la evidente conflictividad y reticencia que genera en la sociedad fueguina.*



Provincia de Tierra del Fuego, Antártida
e Islas del Atlántico Sur
República Argentina
**SECRETARIA DE DESARROLLO
SUSTENTABLE Y AMBIENTE**



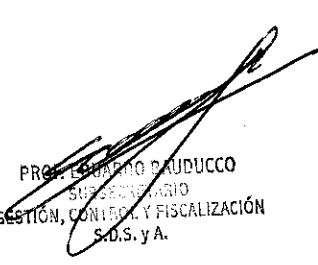
Lo expresado en el párrafo anterior, y relacionado con el punto d) de la Resolución Legislativa N° 313, implica que los plazos de ejecución de estudios de batimetría, corrientes y nutrientes (estudios de base), dependen de los particulares, de su decisión de inversión en los estudios necesarios para evaluar técnicamente los proyectos presentados y no del Estado ya que con un presupuesto acotado y por medio de mecanismos democráticos y participativos a decidido no afectar fondos a dedicar con exclusividad a esos proyectos privados que resultan de interés particular.

En respuesta al punto f) cabe todo lo expresado en los puntos anteriores, en cuanto a recaudos sobre el interés general sobre el particular. La Subsecretaría de Gestión, Control y Fiscalización en nombre del suscripto, y teniendo a cargo el seguimiento y análisis de la Dirección General de Desarrollo Pesquero y Acuícola de la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente de la provincia, considera que la posibilidad de desarrollo de la salmonicultura en Tierra del Fuego en todas sus etapas (inclusive la producción de ovas en agua dulce), debe analizarse con la participación del sector científico, académico, pesquero, turístico, y gubernamental, desde lo técnico, económico y social.

La evolución de los mercados, las limitantes en infraestructura, la localización geográfica, los factores económicos, los recursos humanos disponibles, la imagen que como provincia deseamos construir y sostener, los conflictos territoriales, la incidencia de los tratados internacionales en cuanto al uso del recurso acuícola en zonas limítrofes, los impactos económicos, ambientales, y sociales, deberían contemplarse en dicho análisis.

Se adjunta listado de proyectos recibidos y registrados en la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente que se corresponden a lo solicitado en los puntos d) y e) de la Resolución de referencia.

Sin otro particular, la saludo atte.


PROF. EDUARDO BALDUCCO
SUBSECRETARIO
GESTIÓN, CONTROL Y FISCALIZACIÓN
S.O.S. y A.



Casalinuovo, M. A.

Factibilidad de la salmonicultura en C. Beagle. Informe Final

Participantes

Lic. Miguel Ángel Casalinuovo
Lic. Cristián Alfredo Petracchi
Dr. Marcelo Hernando
Sr. Claudio de la Torre

Gobierno de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur

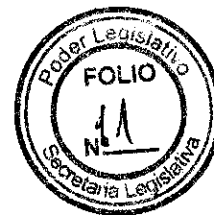
Sr. Juan Fosati
M. Sc. Carlos Adrián Luizón
Sr. Claudio Fabián Amoros
Sr. Martín Reinaldo Castillo
Dr. Miguel Santiago Isla

Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC)

Dra. Alicia Moretto
Lic. Carolina Camilion
Dr. Daniel Fernández

Universidad Austral de Chile

Ing. Claudio Herranz Ibarondo



Resumen

La Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur ha destinado dos espejos de agua sobre la costa norte del canal para a la práctica de la acuicultura de salmónidos (Trucha Arco Iris, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)) en jaulas, denominadas **Zonas 1 y 2**, existiendo la intención de incorporar una tercera zona a ubicarse hacia el oeste de las actuales, cuya factibilidad está en estos momentos sometida a consideración por parte de las autoridades provinciales, por lo cual el área total destinada al cultivo de salmónidos podría ser ampliada en breve. Como toda actividad humana, el engorde de peces en jaulas genera impactos de diverso tipo, desde paisajísticos, hasta ecológicos, pasando por conflictos de intereses variados. De estos, los relacionados con el aporte de sustancias exógenas son motivo de preocupación y objeto de estudio, pues las pisciculturas contribuyen, entre otras sustancias, con nutrientes, venenos y otros fármacos con efectos medioambientales muchas veces difíciles de prever, pero de alguna manera mensurables en el ambiente. El aporte exógeno de **Carbono, Fósforo y Nitrógeno** han sido históricamente los más estudiados, debido a que pueden cambiar las condiciones medioambientales del entorno, fundamentalmente en dos procesos que en sus efectos límites se conocen como **eutrofización y degradación bentónica**.

En base a lo expuesto este trabajo tiene como **objetivos** Generar: 1) Información de base sobre las características físico-químicas más relevantes para ser aplicadas, entre otras utilidades, a la toma de decisiones provinciales respecto al manejo del recurso salmónidos en jaulas en los sitios asignados por la Administración con miras al manejo de las mismas, 2) Una metodología básica aplicable al resto de los ambientes provinciales. 3) Establecer un "Punto Cero" de algunas variables ambientales para los posteriores monitoreos si se aprueban los proyectos de explotación.

Los **resultados** muestran la factibilidad de cultivar preventivamente cargas de cosecha de 970 toneladas anuales en una de las zonas y 640 toneladas anuales en el la otra. Se presentan y discuten los resultados y las recomendaciones de manejo emanadas de los mismos.



Introducción

El Canal Beagle es un valle glacial que ha sido invadido por el mar hace aproximadamente unos 8.000 años y constituye una de las vías de comunicación entre los océanos Atlántico y Pacífico. Está situado en el extremo austral de Sudamérica (Latitud 55° S) y corre en dirección E-O con una longitud aproximada de 200 Km. El ancho promedio es de aproximadamente 4 Km. Sus aguas bañan las costas de las Repúblicas de Argentina y Chile, uno de cuyos límites internacionales las dividen. Su ancho máximo se ubica a la altura Ushuaia (14,40 Km.), mientras que el mínimo se ubica frente al paredón Almanza (4,06 Km.) (Daus, 1978). Las profundidades son variables, aumentando hacia el Oeste, lugar donde estuvo la fuente de alimentación del glaciar que lo modeló, llegando a superar los 150 metros en la parte media. Avanzando hacia el oeste, la profundidad aumenta notoriamente pudiéndose encontrar cuencas de más de 200 metros de profundidad en las inmediaciones de las islas Bridges, al Sur de la Bahía Ushuaia, y otra de unos 250 metros antes de llegar a la Isla Gordon, alcanzando valores máximos de hasta 644 metros en su extremo más occidental (Balestrini et al., 1998). El fondo en general es de arena fina en el extremo oriental y a medida que se avanza hacia el oeste aparece mezclada con arena gruesa, cascajo y conchilla; en el último tercio del canal la profundidad aumenta rápidamente, y el fondo es de fango blando verdoso.

El archipiélago fueguino forma parte del ambiente oceanográfico subantártico, comprendido entre la Convergencia Antártica y la Convergencia Subtropical. Las aguas que recorren sus canales y espacios interiores son el resultado de intensos procesos de mezcla de aquellas aportadas por la Corriente Circumpolar, diluidas por exceso de precipitación del Pacífico Sudoriental, y por aguas subtropicales provenientes del mismo océano. Parte del flujo de agua que se genera hacia el océano Atlántico, conocido como Corriente del Cabo de Hornos y caracterizado por salinidades del orden de 33,5 por mil, circula a través de los canales fueguinos favorecida por la preponderancia de vientos del oeste y del sudoeste.

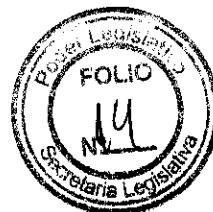
En el Canal Beagle penetran dos ondas de marea, provenientes ambas de la onda principal de marea que se mueve desde el Pacífico Sur hacia el Este; la primera



correspondiente a la masa de agua que entra por los distintos pasos de los canales fueguinos propagándose hacia el Este hasta el paso Mackinlay y la otra, fruto de la misma onda principal que se propaga por la costa del cabo de Hornos, penetra por los Pasos Picton, Richmond y por el Este de la Isla Nueva, dirigiéndose hacia el Oeste hasta encontrarse con la anterior a la altura del mismo paso Mackinlay. La amplitud de marea es de 1.2 metros (Balestrini, et al, 1998), y es del tipo "semidiurna", debidas esencialmente a causas de origen termohalino y/o a la acción del viento con "desigualdades diurnas" que son aquellas en las que entre pares de ondas sucesivas se produce una marcada diferencia de amplitud. Las corrientes de marea son del tipo "reversible", produciéndose dicha reversión cada 6 horas aproximadamente en cercanías del instante de ocurrencia de las pleamares y de las bajamares. La corriente residual o permanente en aguas abiertas del Canal Beagle alcanza velocidades superiores a los 7 cm/s (entre 7,9 y 13,7 cm./s) (Balestrini et al., 1990).

Esta región presenta una corriente fría, con trayectoria Oeste/Este en el Canal Beagle. Su temperatura media anual en superficie es de 6,5 ° C, superando ligeramente la media anual del aire que es de 5,9 ° C. En julio, la temperatura media del agua (4,5 ° C) es unos 3 ° C superior a la del aire (Iturraspe et al., 1988). Anualmente, la máxima absoluta para el período 1995/1998 fue de 15,3 ° C y la mínima absoluta de 2,8 ° C (Hernando et al. 2008). El régimen de vientos que afecta la región, está influenciado por los desplazamientos estacionales de los centros de alta y baja presión. La componente predominante es SO. El promedio anual de velocidad del viento es de 21 Km/h. Se observa la existencia de una variación estacional anual en las intensidades de los vientos, por debajo de la media en otoño-invierno y con incrementos en primavera-verano. Las mayores intensidades se observan en noviembre. Los porcentajes de calma entre abril y julio son del 65%, reduciéndose al 38% en el mes citado anteriormente. No obstante estos ciclos, se observan períodos con elevadas intensidades (> 60 Km/h) que tienen oportunidad de ocurrencia en cualquier época del año (Iturraspe et al., 1989).

Ambas márgenes del Canal Beagle presentan una red de drenaje muy nutrida. Esta red está constituida por pequeños ríos y arroyos que provienen de los valles intermontanos, presentando la mayoría de ellos aportes glaciares. Sus caudales



medios anuales son de baja magnitud, fluctuando entre 0,1 y 5 m³/s. Los picos de crecida se producen en forma predominante entre septiembre y diciembre. La duración de de los mismos es generalmente baja (entre un día y una semana), aunque se observa multiplicidad de eventos, los que incluyen la combinación de efectos de fusión nival en la cuenca alta y de precipitaciones de cierta intensidad. Tanto la turbidez como el color y la presencia de material en suspensión se mantienen en magnitudes bajas. No obstante, se producen alteraciones por efecto de turbales, con descenso del pH e incremento del color y de la turbidez debido a la incorporación de ácidos orgánicos (Iturraspe et al., 1988).

La concentración salina en el canal generalmente alcanza en julio los valores más altos: 31 a 31,5 en unidades prácticas de salinidad (PSU) (Hernando, com. pers.), disminuyendo en primavera y verano. Esta disminución, especialmente en noviembre y diciembre, con valores próximos a 23 PSU, puede explicarse por la influencia de los cursos de agua que vierten al mismo. El flujo de deshielo adquiere un módulo significativo entre septiembre-diciembre. Sin embargo, la ocurrencia de los máximos caudales anuales se verifica cuando se producen precipitaciones importantes (octubre-noviembre), que suman sus aportes a la fusión nival. Bajo estas condiciones, el caudal de deshielo previo a la lluvia suele quintuplicarse, dependiendo de la intensidad de lluvia caída, lo que acelera el proceso de derretimiento de la nieve remanente en las nacientes (Iturraspe 1995).

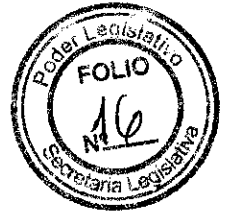
La Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur ha destinado dos espejos de agua sobre la costa norte del canal para a la práctica de la acuicultura de salmónidos (Trucha Arco Iris, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)) en jaulas, denominadas **Zonas 1 y 2**. La primera de ellas abarca en principio una superficie de 700 hectáreas, mientras que la segunda comprende 930 hectáreas. Existe la intención de incorporar una tercera zona a ubicarse hacia el oeste de las actuales, cuya factibilidad está en estos momentos sometida a consideración por parte de las autoridades provinciales, por lo cual el área total destinada al cultivo de salmónidos podría ser ampliada en breve. Como toda actividad humana, el engorde de peces en jaulas genera impactos de diverso tipo, desde paisajísticos, hasta ecológicos, pasando por conflictos de intereses variados. De estos, los relacionados con el aporte de sustancias exógenas son motivo de preocupación y objeto de estudio,



pues las pisciculturas contribuyen, entre otras sustancias, con nutrientes, venenos y otros fármacos con efectos medioambientales muchas veces difíciles de prever, pero de alguna manera mensurables en el ambiente (Beveridge 2004). El aporte exógeno de **Carbono, Fósforo y Nitrógeno** han sido históricamente los más estudiados, debido a que pueden cambiar las condiciones medioambientales del entorno, fundamentalmente en dos procesos que en sus efectos límites se conocen como **eutrofización y degradación bentónica**.

La acuicultura es una de las actividades humanas que ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años (Gyllenhammar y Hakanson, 2005, Olsen, et al, 2008). Varios autores han dado cuenta de este fenómeno, que puede ser graficado por el hecho de que de una producción mundial anual de 100 kilotoneladas principio de la década del '50, la misma pueda estimarse actualmente en unas 2.000 kilotoneladas (Subasinghe, 2004). Este crecimiento explosivo ha sido objeto de conflictos y preocupación para varios actores sociales (Beveridge 2004), lo que ha llevado a la aparición de nuevas regulaciones, pero también a líneas de investigación que den sustento a las mismas, que a grandes rasgos, y en el caso que nos ocupa se basan en el hecho de que las jaulas marinas deben ser consideradas como parte del ecosistema en que se encuentran inmersas, de acuerdo con un principio holístico introducido por la FAO en el año 2007, que puede ser resumido de la siguiente manera: *“Las jaulas deben ser manejadas como parte del ecosistema marino. Nuestro conocimiento debe ser evaluado holísticamente basándose en el estudio de la capacidad inherente del ecosistema para asimilar el plus de materia orgánica e inorgánica y el daño potencial de exceder ciertos límites”*

No existe acuerdo ni suficiente conocimiento para determinar el daño potencial de la implementación de jaulas marinas en aguas abiertas. Es aceptado que en sus inicios, la contaminación causada por este tipo de explotación era muchas veces mayor que la actual en sitios bien manejados. Puesto que una de las necesidades *per se* de una explotación viable es la calidad ambiental, los actores involucrados en la producción de las jaulas son los primeros interesados en mantener los valores de impacto dentro de rangos adecuados, al menos en el entorno circundante.



Los impactos asociados al **bentos** son los mejor comprendidos, a pesar de que no hay métodos estandarizados que los hagan comparables. Los mismos se relacionan principalmente con el aporte de Materia Orgánica Particulada (MOP), que ingresa al sistema primordialmente en forma de heces y alimento no consumido. El efecto de esta carga sólida implica, si la explotación excede la capacidad ambiental, altos niveles de nutrientes en el fondo, que modifican la química bacteriana, las concentraciones de oxígeno de los sedimentos, la granulometría, la composición de la fauna bentónica, su biodiversidad y su abundancia (Beveridge 2004). Por otro lado, la Materia Disuelta (MD) es aportada principalmente por medio de la excreción y la resuspensión de la MOP, y afecta en general a la productividad primaria del ecosistema, en un proceso llamado eutrofización por aporte de nutrientes, los que son utilizados principalmente por el **fitoplancton**.

El Nitrógeno, el Fósforo y el Carbono son los principales elementos aportados por el cultivo de peces al ambiente. Los dos primeros son nutrientes relacionados principalmente con la eutrofización de la columna de agua, sobre todo el Nitrógeno, como se mencionó anteriormente, mientras que el Carbono orgánico puede producir severos disturbios sobre el entorno bentónico.

El **Carbono** (C) es parte estructural de todos los seres vivos, pues sus moléculas se organizan a través de "esqueletos" de C. La fuente principal del mismo es el CO₂ atmosférico disuelto en el océano. La fotosíntesis convierte el CO₂ en C orgánico que es entonces pasible de ser aprovechado por el resto de la biosfera. Todos los ecosistemas tienen estructuras disipativas en el sentido de que el C orgánico es vuelto al medio inorgánico por medio de la respiración celular. Aproximadamente el 50 % del peso seco de cualquier organismo es C, incluido los peces y sus presas (Sterner & Elser 2002). Las heces son otra fuente de C orgánico.

El **Nitrógeno** (N) es constituyente fundamental de las proteínas y los ácidos nucleicos. A pesar de que casi el 80% del gas atmosférico es N, su disponibilidad para los seres vivos es limitada, pues solamente algunos organismos pueden tomarlo y convertirlo en biomasa, tal como hacen las bacterias fijadoras. El resto de los seres vivos debe incorporarlo a partir de este proceso, sea como nutrientes disueltos (plantas) o formas orgánicas (animales) (Wallace et al. 1991). Como



productos de la metabolización proteica, los organismos acuáticos excretan principalmente amonio (NH_4) mientras que el N no digerido es liberado con las heces.

El **Fósforo** (P) presente en los sistemas biológicos se encuentra siempre combinado con el Oxígeno (O), como Fosfato (PO_4^{3-}), que puede estar libre en forma inorgánica o combinado con moléculas orgánicas. PO_4^{3-} es esencial para los seres vivos, toda vez que forma parte constituyente de de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y la molécula fundamental del intercambio energético, la adenosina trifosfato (ATP). Si la concentración plasmática de PO_4^{3-} es muy alta, los organismos excretan el exceso en la orina, mientras que el P no digerido, al igual que el N, es liberado con las heces.

De lo expresado hasta el momento se desprende que los efectos del aporte de estos elementos al ambiente deben ser evaluados, y en la medida de lo posible, previstos, tanto en la comunidad bentónica como en los organismos que habitan la columna de agua, principalmente el fitoplancton, para un adecuado manejo de la explotación. Otros efectos no deseados, como la contaminación genética, el uso de *antifouling* y remedios o pesticidas, entre otros deben ser también tenidos en cuenta tenidos en cuenta y son listados por Beveridge (2004).

En condiciones naturales, los peces se alimentan de otros organismos con composiciones químicas similares a ellos mismos. En líneas generales, contienen un 20 % de proteínas, 1-2% de lípidos, 2 % de ceniza, 70 % de agua, 15 % de C, 3 % de N y 0,5 % de P. (Olsen et al 2008, Tantikitti et al. 2005). Con el objeto de incrementar la eficiencia asimilativa (definida como la razón entre alimento asimilado y el ofrecido) y abaratar los costos de producción, la industria alimentaria ha desarrollado formulaciones específicas con composiciones diferentes a las de las presas. Por ejemplo, en *pellets* experimentales, el porcentaje de proteínas para salmón varía entre el 34 y el 45 %, el de carbohidratos entre un 7 y un 22 % y el de lípidos entre un 22 y un 47 % (Olsen et al. 2008). Esas composiciones, así como el porcentaje de N y P varían con las formulaciones y la calidad del alimento, donde el espacio que ocupa la especie blanco en la cadena trófica es importante. En general



se considera que los alimentos de mejor calidad no son solamente los que producen el mayor crecimiento por unidad ofrecida, sino los que producen menos desechos.

La **tasa de conversión** (FCR) se define como la razón entre el peso seco de alimento necesario y el peso húmedo de pez producido:

**FCR: Peso de alimento consumido
Crecimiento de Biomasa**

Por tanto, la FCR es un estimador de la calidad y digestibilidad del alimento. Dado que una parte del alimento no es asimilado, los peces, como ya se ha dicho, producen una cierta cantidad de desechos, y como los animales utilizan al mismo como fuente de energía, parte también es respirada, por lo cual la cantidad de alimento a ofrecer es mayor que la estrictamente necesaria para obtener un determinado aumento de biomasa. La industria salmonera tiene una FCR promedio en Chile de 1,35; lo que significa que para obtener 1.000 Kg. frescos de peces es necesario utilizar 1.350 Kg. de alimento. Estos valores son generalmente contrastados con las FCR de otras producciones, tal como aves (1,85), cerdos (2,7) y vacunos (> 7,0). Sin embargo estos guarismos no tienen en cuenta el proceso completo de obtención del alimento, que incorpora en su formulación aceite y harina de pescado, por lo cual la industria salmonera estaría siendo subvencionada a tasas altamente ineficientes por los sistemas pelágicos. Pinto (2008) pone el acento en la cuestión de que para producir sólo un kilo de salmón en Chile, se requieren de más de ocho kilos de otros peces, dentro de los que se cuentan principalmente las sardinas, jureles y anchovetas, lo que elevaría la FCR a valores mayores de 8,0. El mismo autor señala que esta situación es de un elevado costo ecológico y social, por cuanto producir un kilo de pez a costa de otros ocho de otras especies que presentan valores alimenticios similares, es cuestionable desde el punto de vista de la seguridad alimentaria mundial. Además, en el caso chileno se estarían degradando stocks de peces nativos en beneficio de especies introducidas. Por el momento las formulaciones vegetales (por ejemplo preparados con aceite de soja y otros) no han tenido buenos resultados.

Toda vez que los desechos son motivo de preocupación, existen dos enfoques básicos para estimar los efectos del aporte de nutrientes incorporados al ambiente: El modelo clásico de balance de masas dinámico (DMB) y los modelos más recientes propuestos por Hakanson y colaboradores (Hakanson 2008) llamados ELS por las siglas en inglés (*Effect-Load-Sensitivity*). Ambos ponen el acento en los cambios de productividad del ecosistema.

El primero de ellos, se basa en el clásico trabajo de Vollenweider (Vollenweider, 1968), quien presentó una metodología aplicable básicamente a las aguas dulces, mediante la cual, y por medio de simples balances de masa de nutrientes, demostró que en algunos cuerpos de agua, la eutrofización puede ser reducida por medio de restricciones en el aporte de P. Mediante regresiones de concentración de nutrientes versus bioindicadores standard tales como cantidad de Clorofila "a", pudo demostrar que la reducción de las cantidades de P que entran al sistema reducen los efectos de la eutrofización, y que diferentes lagos reaccionan de distinta manera al aporte de nutrientes. Sin embargo, lo importante no es predecir la cantidad de nutrientes que se aportan al ambiente, sino los efectos ecológicos de dichas cargas, lo cual es mucho más complejo y dificultoso. Por otro lado, los modelos ELS, se basan en regresiones entre las concentraciones de nutrientes y los bioindicadores de efectos ecológicos, determinando umbrales de sensibilidad o vulnerabilidad. Básicamente en el primer caso los cambios en la carga de nutrientes generan cambios en los efectos ecológicos, mientras que en el segundo los cambios en la sensibilidad generan cambios en los efectos ambientales.

En casos como el de Tierra del Fuego, con notables carencias estadísticas, existe el consenso general entre los especialistas en que las aproximaciones más sencillas, como el Modelo de Balance de Masas (MBM) son las más adecuadas para obtener un primer acercamiento al impacto del cultivo de salmónidos en jaulas marinas. En general estas estimaciones apuntan al aporte extra de nutrientes y materia orgánica al nivel basal del ecosistema, para estimar sus efectos en dos grandes direcciones: El impacto sobre el bentos, principalmente de la materia orgánica particulada, y el impacto sobre los productores, y por ende en el resto de la trama trófica, de los nutrientes inorgánicos solubles

El modelo básico a utilizar debe tomar en consideración los siguientes parámetros: a) Volumen de la masa de agua en cuestión (V); b) Tiempo de permanencia medio anual del agua (TW); c) Nivel basal de nutrientes disueltos; d) Producción anual final estimada de truchas de cultivo; e) Nivel de nutrientes en el alimento y tasa teórica individual de conversión (FCR) y f) Otras pérdidas que entran al sistema. Con estos datos es posible estimar el aporte teórico total de material exógeno al ambiente, y por tanto valorar la capacidad de carga del mismo con referencia a niveles umbral que es menester no alcanzar. Entonces, la capacidad de carga puede definirse en este caso como *la cantidad de producción, medida en toneladas que produzca un impacto aceptable en el ambiente acuático*. La definición de aceptable es vaga desde el punto de vista estrictamente biológico, pues no necesariamente depende exclusivamente de tales criterios, entrando en juego cuestiones culturales, sociales, económicas y políticas. Algunos países establecen niveles máximos de nutrientes y materia orgánica (P, C y N) en sus aguas liberadas para cultivos en jaulas, y sin embargo, los estudios más recientes muestran que dichos valores, por ser promedios rígidos, son adecuados para algunos ambientes, pero sobreestiman o subestiman la capacidad de carga de otros. Otros han optado por utilizar modelos predictivos, como por ejemplo los de Hakanson (1988) y Dillon y Rigler (1974), entre otros, con una liberalidad que hacen sospechar que se aplican sin un sustento concreto respecto al ambiente en cuestión. Sin embargo, si se dejan suficientemente establecidas las prevenciones mencionadas, es válido utilizar estos enfoques como un primer acercamiento que debe ser validado con monitoreos ambientales posteriores al establecimiento de la explotación. Ante este escenario, y dada la situación en que se desenvuelven los estudios en Tierra del Fuego se ha tomado la decisión de aplicar un balance de masas, establecer predicciones respecto a distintas cargas con criterios conservadores y sugerir un plan de monitoreo que ajuste esa capacidad a la respuesta ambiental observada

La serie de ecuaciones siguientes (Olsen et. Al 2008) sirve como desarrollo teórico explicativo del balance de masas a aplicar. El mismo debe ser integrado a los datos oceanográficos y a la línea de base de nutrientes determinadas para estimar los efectos de distintas cargas de salmónidos a cultivar en la zona de estudio.



Casalnuovo, M. A.

Factibilidad de la salmonicultura en C. Beagle. Informe Final

El balance tanto de N como de P en un pez individual puede representarse como sigue:

$$I = A + F = G + E + F$$

Donde I es la proporción (N:P) presente en el alimento consumido, A el asimilado y F el presente en la heces. Por su parte, los nutrientes asimilados son utilizados para crecimiento (G) y eliminados por excreción (E). Los peces excretan principalmente N y P inorgánicos el primero en forma de iones amonio (NH_4^+).

El alimento asimilado (A) es la proporción de alimento que efectivamente queda en los tejidos del pez y se usa para crecimiento de biomasa o excreción, por tanto se define la eficiencia de asimilación (AE) como sigue:

$$AE = A/I$$

El alimento no digerido o digerido parcialmente pasa por el tracto digestivo y se denomina heces. Dicha fracción es principalmente materia orgánica particulada. La eficiencia de asimilación es responsable principal del crecimiento por medio del incremento de peso de los peces, por lo cual la eficiencia de crecimiento (GE) se expresa como

$$GE = G/I$$

Nótese que es la inversa a la **FCR**, término que en general es el más utilizado por los fabricantes de alimento balanceado, y que indica la eficiencia promedio individual en que el alimento es convertido en nueva biomasa. Consecuentemente, el aporte total al ambiente de N y P (TL) puede ser medido en forma teórica como la diferencia entre lo consumido y lo que se sustrae en crecimiento de biomasa, o lo que es equivalente, a la suma de lo excretado y lo egestado:

$$TL = I - G = E + F$$

Los valores de AE pueden ser obtenidos de la literatura, o en algunos casos son informados por las compañías de alimentos.

Por último la carga orgánica (Lo) e inorgánica (Li) de desechos al ambiente puede ser estimada con las ecuaciones siguientes:

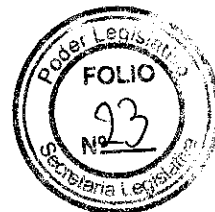
$$Lo = I - A = I * (1 - AE)$$

$$Li = A - G = (I * A) - G$$

De una lectura atenta de lo expresado hasta el momento se desprende que el enfoque adoptado en este trabajo consta de la estimación y análisis posterior de dos tipos de aportes de nutrientes al sistema: Una **Carga Autóctona**, que depende de la entrada debido a las mareas, corrientes y cursos de agua y su interacción de los organismos residentes que se estima a través de los nutrientes de base, y una **Carga Alóctona** que en este caso se toma como lo aportado por la futura explotación acuícola, y se modela en base a las ecuaciones presentadas, entre otras. Por otro lado está orientado principalmente a los efectos sobre la biomasa y composición algal planctónica. Los efectos sobre el bentos tienen un carácter más local y requieren de otro tipo de estudio y enfoque.

Las cargas antedichas pueden presentarse en forma particulada y disuelta. En el caso del P se reconocen tres formas: El total (PT), el disuelto (PD) y el particulado (PP). El PD tiene como forma principal el Ortofosfato soluble (PO_4^{3-}). En el caso del N, el planteo es similar, existe una fracción particulada (NP) y una disuelta (ND). Dentro de la fracción soluble se presentan formas inorgánicas (Amonio NH_4^+ ; Nitratos NO_3^{2-} y Nitritos NO_2^-) y orgánicas, configurando la suma de fracciones disueltas y particuladas el N total, NT. La presencia relativa en cuerpos de agua de cada tipo de nutriente depende de la fuente de origen de los mismos (Pedrozo 2006) y del resto de las condiciones del ecosistema.

En las algas, se reconoce que, dado la abundancia de C, los nutrientes limitantes pueden ser el N y el P en la mayoría de los cuerpos de agua, tanto continentales como marinos, con la excepción de situaciones muy acotadas donde el limitante es el Sílice. Dado que la relación molar en tejidos algales entre N y P es de 16:1, en



Casalinuovo, M. A.

Factibilidad de la salmonicultura en C. Beagle. Informe Final

general, y siguiendo la ley del mínimo de Liebig se postula que el P es el nutriente limitante por excelencia. Esto ha determinado que la mayoría de los modelos predictivos se centren en la dinámica del P. No obstante, diversos autores han seguido el criterio derivado de este razonamiento de determinar cuál es el nutriente limitante en base a la relación N/P encontrada en el ambiente: Valores por encima de 16:1 sugieren limitación por P, y por debajo el limitante sería el N (Relación de Redfield). Nuevamente esta relación se encuentra cada vez con más excepciones, sobre todo en ambientes como el que nos ocupa (Hakanson et al. 2007).

En base a lo expuesto hasta el momento el presente proyecto tiene como **objetivos** Generar: 1) Información de base sobre las características físico-químicas más relevantes para ser aplicadas, entre otras utilidades, a la toma de decisiones provinciales respecto al manejo del recurso salmónidos en jaulas en los sitios asignados por la Administración con miras al manejo de las mismas, 2) Una metodología básica aplicable al resto de los ambientes provinciales. 3) Establecer un "Punto Cero" de algunas variables ambientales para los posteriores monitoreos si se aprueban los proyectos de explotación.

Materiales y Métodos

Plan de tareas

1. Generación de mapas de las zonas involucradas.
2. Elaboración del diseño de muestreo.
3. Toma de datos a campo.
4. Análisis de la información obtenida e integración con datos aportados por la Provincia.
5. Taller de Capacitación.

Tareas	Meses								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	X	X							
2		X							
3		X	X	X	X	X	X	X	
4		X	X	X	X	X	X	X	
5									X

Generación de mapas de las zonas involucradas. Los mapas base utilizados para el presente proyecto fueron elaborados mediante la utilización de imágenes propias y/o suministradas por la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente de la provincia de Tierra del Fuego y digitalizados con apoyatura de sistemas de información geográfica (GIS), luego de incorporarles las correcciones y agregados generados por medio del relevamiento a campo de la totalidad de la zona de estudio y sus adyacencias. Como primera medida se realizó una navegación del área para determinar características generales en una aproximación paisajística, luego de lo cual se hizo el levantamiento de los datos a campo. Posteriormente, y en base a los límites establecidos por la autoridad de aplicación a las zonas 1 y 2 se realizó un análisis pormenorizado del área real de explotación de ambas zonas (**ARE 1 y ARE 2**) en base a consideraciones de seguridad en la navegación, áreas sobre las cuales se realizaron todos los análisis posteriores.



Elaboración del diseño de muestreo. Una vez definidas las ARE 1 y 2 se realizó una primera campaña prospectiva durante el mes de octubre para tomar muestras de la columna de agua a los fines de determinar la homogeneidad ambiental, y por ende, el número óptimo de muestras. Una transecta quebrada paralela a la línea de costa, aproximadamente a 250 m. de la misma fue establecida con apoyatura GIS. Sobre ella se asignaron en forma regular seis estaciones de muestreo, las que responden a una secuencia entrada-punto medio longitudinal-salida de cada ARE. Las tomas de agua se realizaron a tres profundidades distintas (3 m de la superficie, media columna de agua y 1 m del fondo). En base a los resultados obtenidos en el análisis de los datos se estableció el plan de muestreos definitivo.

Tareas de campo. En total se realizaron 8 campañas de toma de datos, las que abarcaron distintas estaciones del año según el siguiente detalle:

Campaña 1: 11 de Noviembre de 2009.	PRIMAVERA
Campaña 2: 12 de Diciembre de 2009.	PRIMAVERA
Campaña 3: 28 de Enero de 2010.	VERANO
Campaña 4: 22 de Febrero de 2010.	VERANO
Campaña 5: 11 de Marzo de 2010.	VERANO
Campaña 6: 14 de Abril de 2010.	OTOÑO
Campaña 7: 1 de Julio de 2010.	INVIERNO
Campaña 8: 3 de Agosto de 2010.	INVIERNO

Este cronograma responde a las modificaciones adoptadas respecto al original, debido a que los niveles más altos de nutrientes ocurren en invierno, cuando por efectos de la baja insolación, el fitoplancton disminuye su biomasa, para lo cual se juzgó conveniente extender las tomas hasta agosto. De los datos obtenidos en el muestreo previo se decidió mantener los seis puntos fijos de muestreo y agregar uno más ubicado en el sitio central de cultivo de mejillones por el sistema long line que se ubica al Este de ambas zonas (Anexo I, Mapa 1). La muestra correspondiente a la media columna de agua fue descartada apoyados en los datos propios y la información disponible acerca de la termoclina y picnoclina de la zona (Hernando et al. 2008, Hernando, com. pers.). La supresión de un estrato muestral permitió la

agregación de una séptima estación y las determinaciones de Clorofila "a" y biomasa algal para algunas campañas, que no estaban previstas.

En cada estación de muestreo se tomaron en forma directa los siguientes parámetros, utilizando una botella Van Dorn para los distintos estratos analizados (Figura 1):

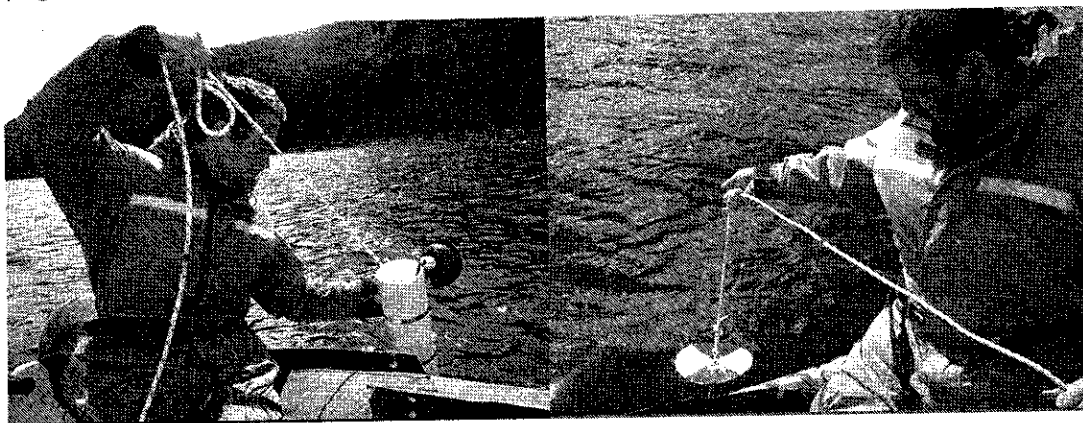


Figura 1. Botella Van Dorn (izquierda) y disco de Secchi (derecha). Foto Casalínuovo-Fosati.

Temperatura ($^{\circ}\text{C} + 0,01$) utilizando un analizador multiparámetro Hanna GroCheck H 198, provisto por la provincia.

pH ($+ 0,01$) utilizando un analizador multiparámetro Hanna GroCheck H 198, provisto por la provincia.

Profundidad de disco de Secchi (Figura 1) para medir transparencia del agua.

Posteriormente al uso del analizador multiparámetro se guardaron alícuotas de 500 ml de cada punto de muestreo para su posterior procesado de nutrientes, y 500 ml más para determinaciones de Clorofila "a" y biomasa algal, ambas conservadas a 3°C hasta su llegada al laboratorio de determinaciones químicas.

Tareas de laboratorio. En el laboratorio, las muestras fueron filtradas en cámara de vacío usando volúmenes variables de agua de entre 250 y 500 ml (de acuerdo a la concentración estimada) a través de filtros de fibra de vidrio (GF/F, 25 mm), determinándose posteriormente los siguientes parámetros:

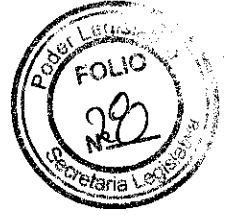
Concentración de Clorofila "a". Por extracción de los pigmentos con Metanol (Holm-Hansen et al, 1978) y medición de concentraciones por fluorescencia del extracto (Holm-Hansen et al., 1965) usando un fluorómetro Turner M-450.

Concentración de productos Nitrogenados. Se midió la concentración de Nitrógeno tanto en sus formas orgánicas como inorgánicas (Nitratos, Nitritos, Amonio y Nitrógeno Total) por el método Kjeldahl modificado o el método por microdestilación por arrastre de vapor, según corresponda (Bremner 1965, Bremner & Mulvaney 1982)

Concentración de productos Fosforados. Se midió la concentración de Fósforo tanto en sus formas orgánicas como inorgánicas (Fosfatos y Fósforo total) por el método Bray-Kurtz modificado (Bray & Kurtz ,1945).

Todas las determinaciones fueron realizadas en el Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC), perteneciente al CONICET, de la ciudad de Ushuaia.

Parámetros oceanográficos. Dado que la provincia no contaba con los datos de batimetría y corrientes necesarios para complementar este estudio, se decidió realizar una batimetría básica propia en la búsqueda de mayor robustez en el modelo aplicado. Para cada ARE, y utilizando soporte GIS se trazaron transectas con un rumbo de 180°, a partir de la línea de costa y hasta su límite Sur, separadas aproximadamente 150 m entre sí, con puntos de registro cada 50 m. Para cada punto se tomó la profundidad utilizando un ecosonda Navman Fish 300 y la hora para las correcciones por marea. En el caso del ARE 1 se realizaron 19 transectas de entre 10 y 11 puntos cada una, mientras que para el ARE 2, 22 transectas de entre 10 y 11 puntos cada una. Una vez procesados los datos se obtuvo una estimación del volumen medio anual de cada una de las ARE y sus correspondientes salidas gráficas batimétricas. Dadas las características de las mareas en el canal (semidiurnas, 1,20 mts de amplitud media), se consideró un volumen diario de agua entrante a cada sistema involucrado igual al área de cada espejo multiplicado por dicha amplitud dos veces por día. A partir de ello fue posible calcular el flujo por mareas y el tiempo de permanencia medio anual del agua. Las campañas batimétricas se realizaron los días 6 de julio y 3 de agosto de 2010.



Casalnuovo, M. A.

Factibilidad de la salmonicultura en C. Beagle. Informe Final

Estimación de la factibilidad ambiental. Se estableció el cálculo del aporte de nutrientes por explotación acuícola por medio de un balance de masas teórico que permite saber el plus exógeno de Nitrógeno Total y Fósforo Total siguiendo en líneas generales el modelo desarrollado en la introducción de este informe, desplegando varios escenarios de cosecha final, tasas de conversión de alimento, contenido de nutrientes de los mismos y medidas de manejo de la explotación. Esos datos fueron pesados respecto a distintos criterios de calidad ambiental y/o posible impacto antrópico.

Por otro lado se corrieron los datos obtenidos utilizando un modelo predictivo para evaluar el impacto de las pisciculturas en ambientes marinos para el caso del Fósforo (Hakanson et al. 1988):

$$PT = (LP + T \cdot Pti) / T$$

Donde: **PT:** Concentración probable de Fósforo Total (mg/m³)
LP: Carga de Fósforo aportada por explotación (mg/día)
T: Flujo de agua (m³/día)
Pti: Concentración de Fósforo Total en el ambiente (mg/m³)

Taller de capacitación. Durante la jornada del 10 de agosto se realizó en el SUM de la Estación de Piscicultura "Río Olivia" la jornada de capacitación en variables y métodos de muestreo necesarios para la determinación de niveles de base de futuras explotaciones acuícolas. Los detalles se muestran en el Anexo II.



Resultados y Discusión

Estimación del Área Real de Explotación. Si bien las áreas inicialmente destinadas al cultivo de salmónidos comprendían una superficie total de 1.630 Ha, consideraciones relativas a la seguridad en la navegación llevó a la sugerencia de parte del área técnica correspondiente del Gobierno Provincial de restringir la efectiva aplicación a un espacio cuyo límite Sur no superara los 500 metros de distancia de la línea de costa (Expediente N° 002268-SD/2008 S/ ZONIFICACIÓN DE CULTIVO DE SALMÓNIDOS EN EL CANAL BEAGLE). Acordando con dicho criterio en reuniones con las autoridades involucradas, se redefinieron las ARE para cada zona dicho (Anexo I, Mapas 1, 2 y 3). Las áreas originales quedaron, consecuentemente reducidas de 790 hectáreas a un ARE 1 de 162, mientras que el ARE 2 mermó de 930 a 246 hectáreas. Este es un cambio significativo en el proyecto provincial original, pues en su conjunto representa una disminución de aproximadamente el 60% (Tabla I).

Zona	APA (Ha)	ARE (Ha)	Diferencia (%)	Reducción (%)
1	700	246	454	32
2	930	162	768	83
Total	1630	408	1222	Media: 57

Tabla I: Valores de ARE para las zonas 1 y 2. APA: Área Proyectada Inicial (según obra en expedientes provinciales). ARE: Área Real de Explotación.

La adopción de este criterio tiene una importancia fundamental a la hora de determinar la carga aceptable de salmónidos, pues no solamente se restringe el área total, sino que las profundidades, al aumentar en general en dirección perpendicular a la línea de costa determinan que el volumen de agua involucrada sea, en general, inversamente proporcional a la distancia de la misma. Esto representa pues, un criterio distinto al de realizar los cálculos tomando en cuenta el APA en el sentido de la capacidad de carga de jaulas debida al espacio físico y al aporte final anual de nutrientes autóctonos, calculando sus diluciones. Por último, los TW, al ser el aporte de marea dependiente del área, la altura media y el tipo de la misma se hacen menores a medida que la relación superficie/volumen aumenta por cercanía a la costa, lo cual influye grandemente cuando se aplican algunos modelos

predictivos. En otras palabras: en el caso de este informe la variable determinante para las predicciones y efectos es el ARE, a igualdad de otros parámetros, por lo cual este criterio es conservador al ser menores al APA.

Características morfométricas e hidrológicas de los sitios seleccionados. La Tabla II muestra las características morfométricas e hidrológicas de las ARE 1 y 2, mientras que el Anexo I (Mapas 2 y 3, Figura AI.1) el perfil batimétrico de cada una. Puede observarse que a pesar de que el recambio de agua se calculó usando solamente una estimación anual de corrientes de marea, el tiempo de permanencia del agua es relativamente bajo, sobre todo en el ARE 2, aunque dicho cálculo se vea influenciado en este último caso por su baja profundidad media. No obstante, los dos sitios tienen un recambio regular de agua, lo que indica una capacidad relativamente baja de depuración al menos de nutrientes solubles, dado que en general se reconoce que un TW mayor a 3 es considerado de alto riesgo ambiental. Los datos obtenidos para el ARE 1 son coincidentes con los de Quiroz (2002) para los sitios Bahía Lapataia e Isla Redonda, dentro del mismo Canal Beagle (13,6 y 10,8 días respectivamente), alejándose de los medidos por el mismo autor en Paso Romanche (18,3 días).

	A (Ha)	Zmed (m)	V (m3)	Vin (m3/día)	TW (días)
ARE 1	246	28,41	69.879.280	5.904.000	11,8
ARE 2	162	16,13	26.135.059	3.888.000	6,7

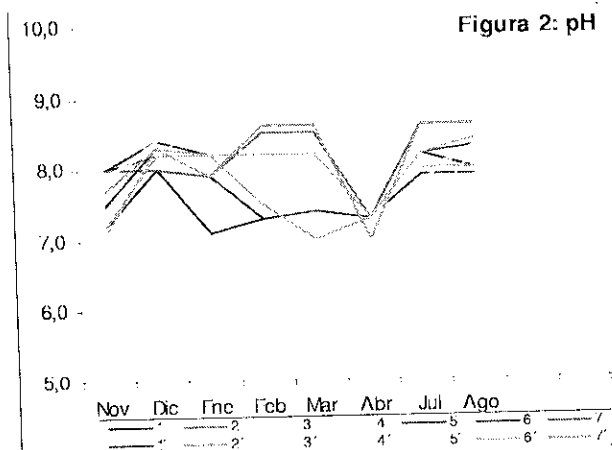
Tabla II: Variables morfométricas de los sitios de estudio. A: Área; Zmed: Profundidad media; V: Volumen; Vin: Volumen ingresado por corrientes de marea, TW: Tiempo de permanencia medio anual del agua.

Respecto a los desechos particulados, teóricamente los mismos se acumularían en fosas profundas, junto con el resto de las partículas en una dinámica típica de sedimentación marina mediada por corrientes, sin embargo en zonas costeras las mismas son generalmente menores, y la salida de la zona estar ralentizada, permitiendo la sedimentación y la acumulación de partículas finas enriquecidas orgánicamente. Dicho de otra manera, la fórmula clásica de diluir es la solución puede no ser posible. Sin embargo, e independientemente de ello, crecen cada vez con mayor fuerza las prevenciones respecto a esa forma de manejar las explotaciones (Buschmann, com. pers.), siendo una alternativa ambientalmente más

amigable sacar del sistema el excedente debido a la producción, sea por medio de manejo integrado con otros cultivos, o algún tipo de extracción manual (Buschmann et al. 2009, Buschmann et al. 2008, Buschmann et al. 2006).

Por último del análisis de las profundidades de las ARES, (Anexo I, Figura AI.1) se puede ver que tomando el límite de 25 metros determinado por la Autoridad de Aplicación como el mínimo para la ubicación de las jaulas, el ARE 2 carece prácticamente de sitios aptos. Solamente el 23,4 % de la superficie está por debajo de los 25 metros, contra un 56,2 del ARE 1, lo cual puede ser un motivo para redefinirla, ya sea permitiendo pequeñas explotaciones artesanales de bajo volumen de producción que trabajarían en los límites de la zona navegable, o directamente descartándola.

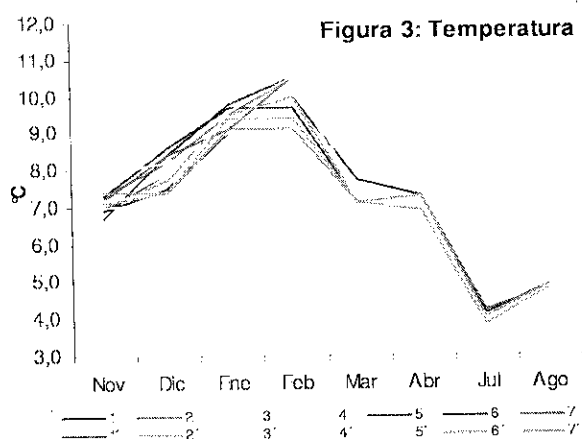
Mediciones Ambientales



El Anexo III muestra los resultados obtenidos en cada campaña de muestreo.

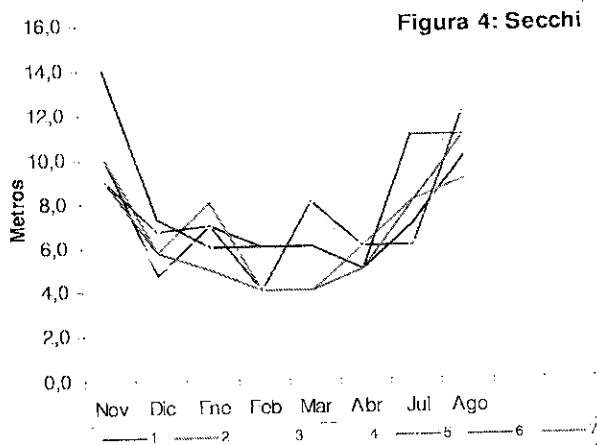
El pH fue en todos los casos neutro o ligeramente alcalino, oscilando entre 7,0 y 8,9; mostrando una homogeneidad acentuada tanto temporal como espacialmente (Figura 2)

La **temperatura** del agua mostró patrones esperables a la estación de año (Figura 3), con un comportamiento ascendente hasta el mes de febrero, luego de lo cual disminuye nuevamente hasta julio (con un amesetamiento entre marzo y abril) y remonta en agosto. Las diferencias de temperatura entre la toma superficial y la de fondo no



mostraron un patrón que pueda ser considerado estratificación, debido probablemente a la incidencia de los vientos y a la baja profundidad de las estaciones de muestreo (entre 18 y 47 metros) la cual parece observarse a profundidades mayores a las de la zona de estudio (Quiroz 2002).

La profundidad del **Disco de Secchi** varió entre 4 y 14 m (Figura 4). La misma ha demostrado ser muy variable durante el presente estudio, por lo cual no se



considera un dato fiable para obtener ninguna conclusión en base a sus valores absolutos, a menos que su toma se haga en forma sistemática y aplicando un esfuerzo muestral adecuado, que permita minimizar la variabilidad diaria y permita estimar adecuadamente la estacional. La profundidad del Disco de Secchi

puede ser usada para estimar la zona eufótica, expresada como la profundidad a la que llega el 1% de la irradiancia superficial que es absorbida en la columna de agua (PZE). Dicha absorción se puede atribuir a cuatro componentes de los sistemas acuáticos: el agua misma; la materia disuelta, especialmente carbono orgánico disuelto, los organismos fotosintéticos (fitoplancton y macroalgas) y la materia

inorgánica. A ello se debe sumar las condiciones atmosféricas en el momento de la medición (vientos, nubosidad, etc.). Otros investigadores, trabajando en la misma zona (Hernando et al. 2008), han encontrado valores de PZE que oscilaron entre 10/15 metros hasta más de 60 metros aproximadamente, con variabilidades muy altas tanto temporal como espacialmente, lo cual significa muy buena penetración de la luz, de un promedio aparente de 30 metros. En este estudio parece haber un patrón para las estaciones de muestreo a lo largo tiempo, debido en parte probablemente al hecho de que en invierno las aguas continentales arrastran menos sedimentos y los vientos disminuyen, y a un retraso de la primavera durante 2009, pero el mismo puede ser artificial y no se considera un dato totalmente depurado en este informe al no tener registros meteorológicos o de aportes de agua dulce, entre otros, que permitan dilucidar las causas en forma correcta. La profundidad del disco de Secchi ha sido sugerida por varios autores como una variable operacional para sus modelos ELS (Hakanson et al. 2007, Hakanson 2008), dado que ante una carga extra de nutrientes se espera una reducción de la misma asociada tanto a la eutrofización como al aumento de materia en suspensión. En algunos países como Finlandia y Suecia, se han establecido profundidades límite para calificar las aguas (Tabla III). Según los mismos, y con las prevenciones del caso, la calidad de las aguas del Canal Beagle varía entre "Excelente" y "Buena".

	Clases				
	I Excelente	II Bueno	III Satisfactorio	VI Pasable	V Pobre
Finlandia (*) (m)	> 2,5	1-2,5	< 1	2,5-3,4	< 2,5
Suecia (**) (m)	> 5,4	4,0-5,4	3,4-4,0		
Beagle					
Media (7,2 m.)	*				
Mínima (4 m.)	**	*			

Tabla III. Criterios de calidad de agua según diferentes países para la profundidad del disco de Secchi (Hakanson et al. 2007). Los asteriscos para este estudio muestran en que categoría se ubican los máximos y mínimos del Canal Beagle encontrados según esas categorías.

Tanto la **Conductividad** como concentración de **Oxígeno** no pudieron ser medidas debido a que la Provincia no tenía en condiciones el analizador multiparámetro HORIBA W 23XD, y por lo tanto se trabajó con un analizador provisto alternativo (Hanna Gro-Check H 198, que no poseía electrodos adecuados para medir esas



Casalnuovo, M. A.

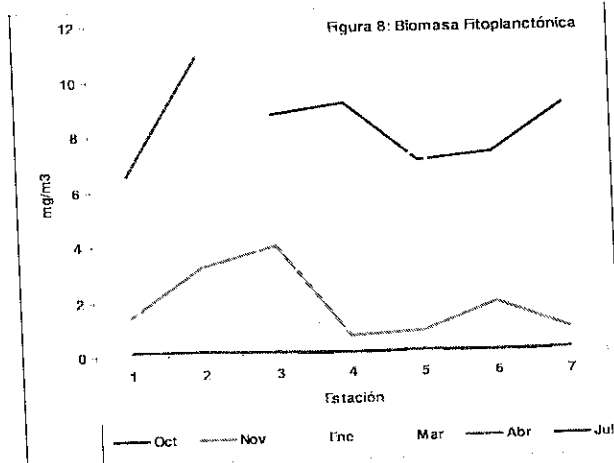
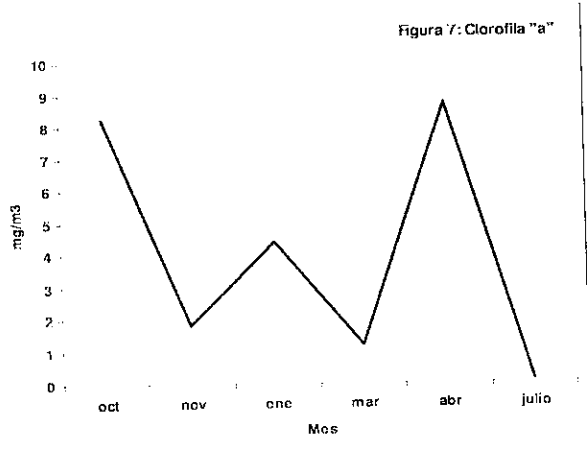
Factibilidad de la salmonicultura en C. Beagle. Informe Final

variables, por lo cual esos datos faltan en las tablas correspondientes. El concentración de Oxígeno es un dato de vital importancia para la determinación de los efectos de las cargas de nutrientes, sobre todo en estado particulado, pues la acumulación residuos sólidos en el fondo generalmente bajan el tenor de oxígeno del agua cercana al mismo, por lo cual se recomienda que en la medida de lo posible dichas determinaciones deben estar hechas antes de poner en marcha cualquier emprendimiento productivo.

Respecto a los niveles de base de **nutrientes** (P y N), pudo detectarse que algunos de ellos (Amonio, Nitrógeno Total y Fosfatos) mostraron un claro patrón temporal ascendente durante la duración del estudio, tanto en superficie como en profundidad, lo cual parece ser también el caso del Fósforo Total, aunque menos marcadamente, mientras que en el plano espacial el sistema parece ser más homogéneo para estas variables. En cambio para Nitratos y Nitritos las mediciones tienen mayor dispersión en todo sentido entre y dentro de las estaciones de muestreo (Figura 5 y 6). Llama la atención el hecho de que para el invierno, en muchas oportunidades los extremos superiores aparezcan en la estaciones de muestreo 7' o 5': la primera de ellas se encuentra aguas abajo de una pequeña población dedicada principalmente a emprendimientos mitilícolas (Puerto Almanza), mientras que la restante esta ubicada aproximadamente a 2.000 metros de la "Mata Negra", criadero de truchas a pequeña escala (entre 10 y 2,5 toneladas históricas) en agua dulce sugiriendo por un lado un efecto derivado de la dinámica distinta por circulación en Bahía Brown (Estación 7'), y por el otro un posible efecto ambiental que ya es mensurable (ambas estaciones). Esto no ocurre con el P, aunque los Fosfatos superficiales se mantuvieron relativamente altos para la estación 5 gran parte del estudio, pero se debe tener en cuenta que los desechos de este elemento son principalmente particulados y pueden estar en los fondos correspondientes. Cabe destacar además la alta concentración relativa de nitritos en las estaciones 7 y 7', lo cual refuerza la percepción de que estos lugares sufren algún tipo de impacto mensurable y que debe ser tenido en cuenta.

No obstante lo expresado hasta aquí, excede los objetivos de este trabajo analizar las relaciones entre nutrientes, profundidad, clorofila, biomasa algal ni composición específica fitoplanctónica, pero si es de vital importancia señalar que en los cálculos

de carga-efecto ambiental consideraron en algunos casos los valores extremos inferiores de nutrientes, para evaluar el peor escenario, adhiriendo a un criterio preventivo, puesto que minimiza la razón entre el aporte endógeno y el exógeno. Por similares razones, se extendieron los muestreos hasta fin del invierno, buscando los picos superiores de base de nutrientes, que estuvieron ubicados entre julio y agosto, salvo pocas excepciones. En el modelaje posterior se explicita en cada caso el criterio



seguido para hacer análisis comparativos. Las mediciones de **Clorofila "a"** se muestran en la Figura 7. Si se analizan en conjuntos los datos con los de nutrientes, se observa coincidencia entre la floración fitoplanctónica de octubre/noviembre (principalmente debida a Diatomeas) con los bajos valores de nutrientes, y una

posterior tendencia al aumento de la concentración de los mismos acoplada a la disminución de la Clorofila "a". Sin embargo, este año se detectó un anómalo aumento en la **biomasa de fitoplanctónica** al fin del verano, que puede estar explicando el amesetamiento los nutrientes y es coincidente con temperaturas atípicas del agua (Figuras 3 y 8; Hernando, com. pers). y probablemente a condiciones de alta irradiancia diaria y vientos calmos Para julio, los valores de Clorofila "a" y biomasa se normalizan, siendo muy bajos, como se observa recurrentemente en la zona para esa época y las concentraciones de nutrientes son las más altas encontradas. Estos resultados muestran la relación entre la carga de nutrientes y la biomasa fitoplanctónica, y la consecuente importancia de contar con estudios de fitoplancton en los monitoreos posteriores al establecimiento de la explotación acuícola, incorporando el análisis de la composición específica de la

Casalnuovo, M. A.

Factibilidad de la salmicultura en C. Beagle. Informe Final

comunidad fitoplanctónica para prever la posibilidad de floraciones algales (tóxicas y no tóxicas), como se discute más abajo.

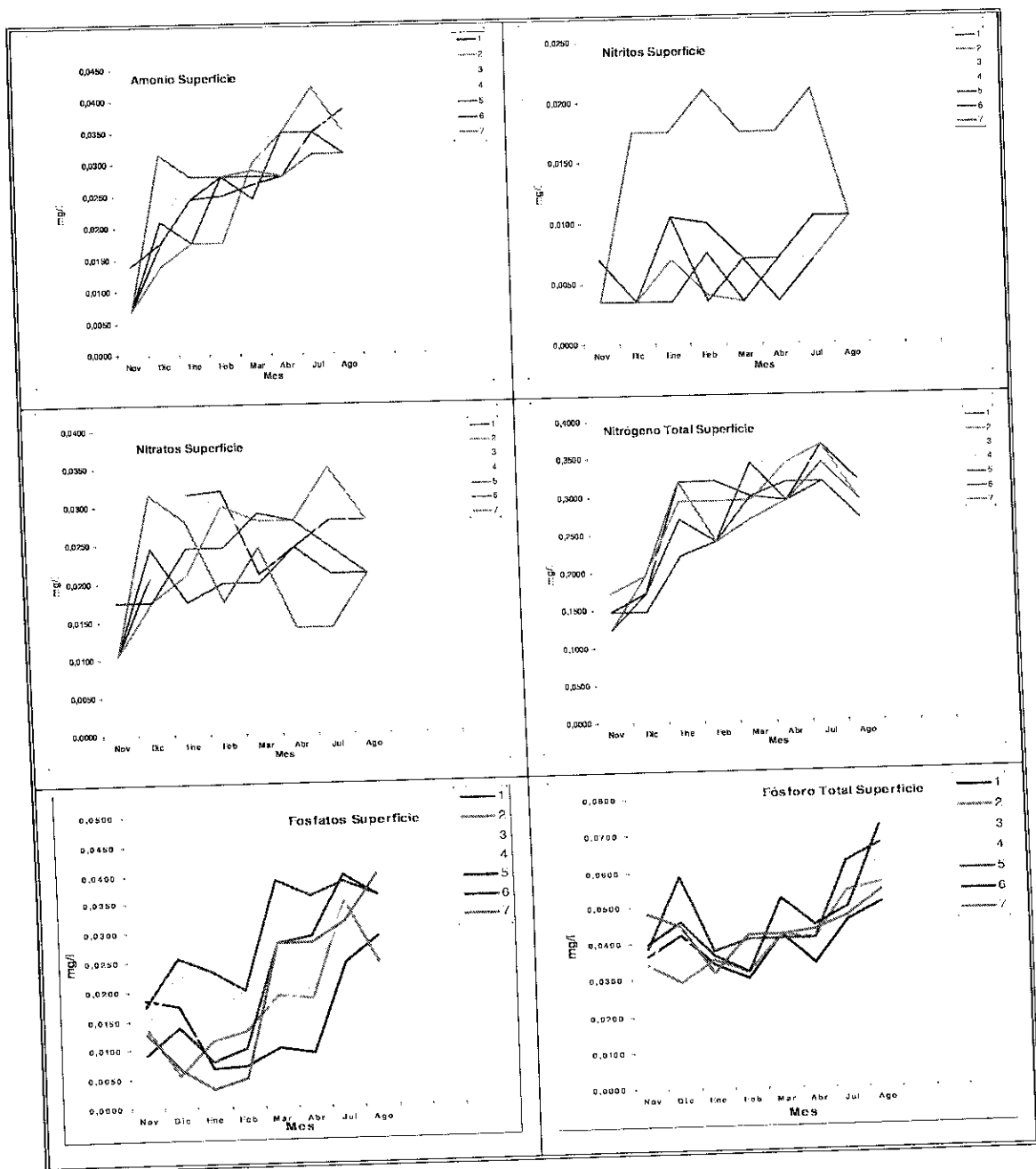


Figura 5: Gráfico de valores de nutrientes superficiales para las distintas estaciones de muestreo.

Casalinuovo, M. A.

Factibilidad de la salmonicultura en C. Beagle. Informe Final

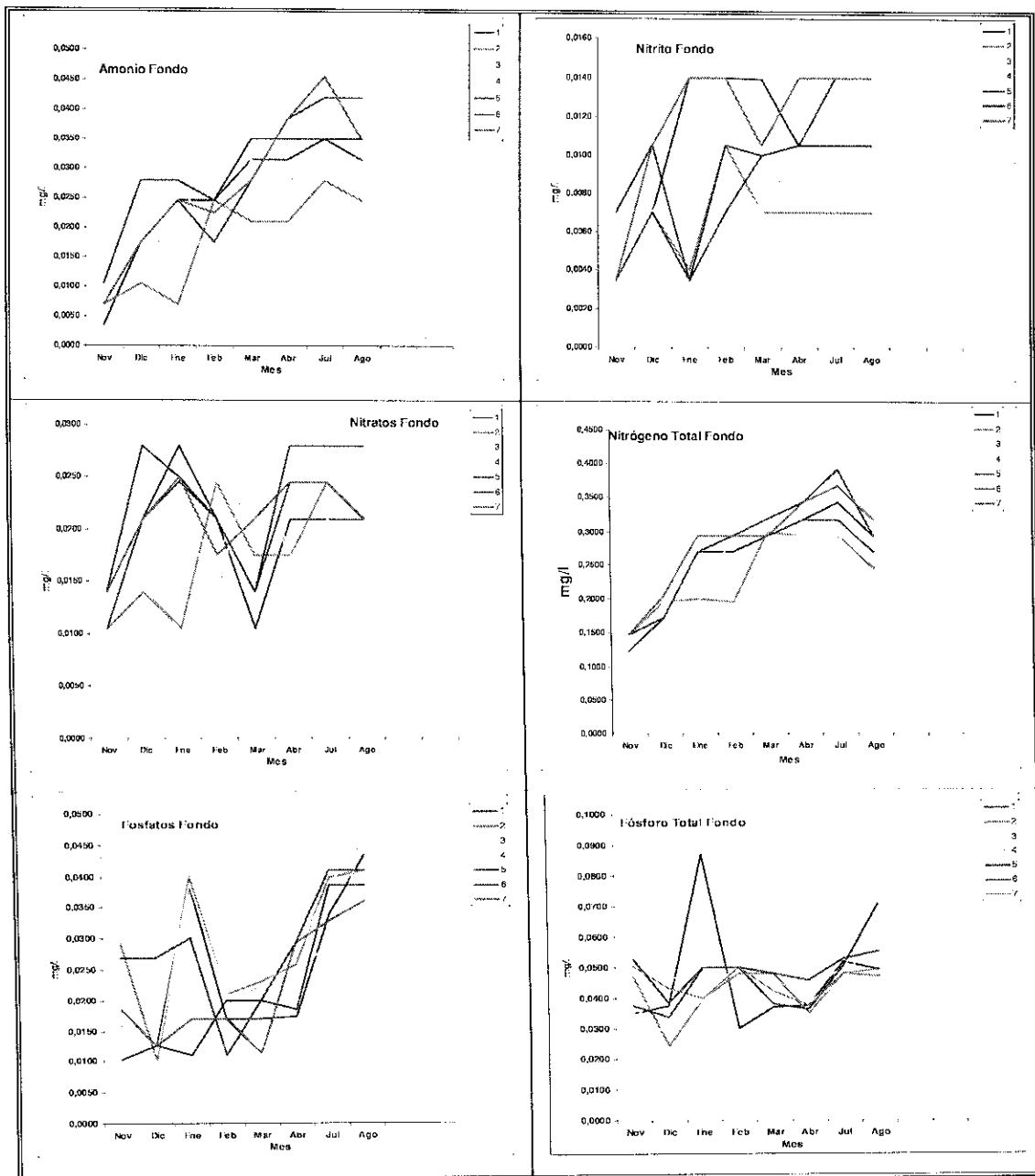


Figura 6: Gráfico de valores de nutrientes de fondo para las distintas estaciones de muestreo.

Aptitud Acuícola de los sitios

Por su ubicación latitudinal y su baja productividad el Canal Beagle es considerado un ambiente oligotrófico (Bouman et al. 2006, Thatje & Mutschke 1999) y por lo tanto debe ser manejado con cautela debido a su alta sensibilidad. El estado oligotrófico está caracterizado por una baja productividad primaria y niveles de nutrientes, asociados a aguas claras y de alto contenido de Oxígeno. Las simulaciones que siguen se realizaron teniendo en cuenta diversas producciones finales (1.000, 2.500, 5.000 y 10.000 Toneladas/año) y 3 tasas de conversión de alimento (1,0; 1,5 y 2,0). El resto de los valores necesarios para correr el modelo fueron recogidos tanto de la bibliografía como de experiencias pilotos realizadas en Tierra del Fuego. Se tomaron como guarismos referenciales una pérdida por alimento no consumido del 5%, un % de P y N en la dieta de 1 %, y un 6 % respectivamente y un % de P y N en tejidos de los peces de 0,5 y 3 % (Olsen et al. 2008, Lesta 1999). Estos porcentajes pueden ser modificados a voluntad en la planilla electrónica que se adjunta a este informe para simular cualquier escenario, como muestra el ejemplo adjunto en el Anexo IV. La Tabla V muestra los resultados simulados según las condiciones expresadas precedentemente.

Las cargas de Fósforo aportadas por las jaulas variaron entre 5,5 y 160 toneladas anuales, mientras que las de Nitrógeno fueron de entre 33 y 960 toneladas/año, según el nivel de explotación simulado. Para poner estos valores en perspectiva, si se los contrasta con el número de habitantes equivalentes de una población que vuelca sus aguas servidas sin tratamiento previo, que son de 2g/día por persona para el Fósforo y 13 g/día por persona para el Nitrógeno (Olsen et al. 2008), puede observarse que en el mejor de los casos la población equivalente es de unos 7.000 habitantes (cosecha de 1.000 toneladas/año, FCR: 1), lo que es similar al 10 % de la población actual de Ushuaia. Números de habitantes aproximadamente iguales a la población actual de la ciudad se alcanzaron con una cosecha anual de 5.000 toneladas con un FCR de 1,5; mientras que cosechas mayores la superan ampliamente. El manejo de los establecimientos es de vital importancia, como lo demuestra el hecho de que la duplicación de la FCR implica triplicar el número de habitantes equivalentes, o sea, en definitiva, la carga de N y P que se libera al sistema.



Cuando se incorpora el espacio físico en el que se desarrollan las actividades, los resultados varían, como era de esperarse, dado que ambas zonas comprenden superficies diferentes. Comparando el aporte de nutrientes endógeno (aportado por las mareas) con el exógeno (aportado por la explotación acuícola), puede verse que las contribuciones de las jaulas son relativamente altas en todos los casos. Para una cosecha de solamente 1.000 toneladas/año con un FCR igual a 1 la contribución de Fósforo de la explotación a la carga total anual (piscicultura más mareas) de nutrientes es igual a un 5,4 % en el ARE 1, y de un 7,9 % en el ARE 2. En el caso del Nitrógeno, los porcentajes resultan ser de 5,5 y 8,1 respectivamente. El modelo predictivo de Hakanson por último muestra que la concentración esperada final de Fósforo en el ambiente se incrementará un 6 % para el ARE 1 y un 9 % para el ARE 2. Si el escenario es el de una cosecha es de 2.500 toneladas/año con un FCR de 1,5; estos valores cambian a una contribución al total de Fósforo aportado por la explotación de 21,7 % para el ARE 1 y del 29,6 % para el ARE 2. Si consideramos el Nitrógeno, los porcentajes son de 22,2 y 30,2 respectivamente. Por último el modelo de Hakanson plantea un aumento de la concentración de Fósforo de un 28 y un 42 % para cada ARE. Es evidente, que si bien los valores absolutos de carga extra no son altos, su valor relativo si lo es, y por lo tanto, los impactos medidos con los tres criterios utilizados (número equivalente de habitantes, relación carga nutrientes marea/explotación acuícola y concentración de Fósforo final en el ambiente usando un modelo predictivo) son altos en casi todas las situaciones modeladas debido al bajo nivel de nutrientes que presentan las aguas del Canal Beagle. Como comparativo adicional, puede citarse que los efluentes de una piscicultura contienen una concentración de Fósforo de entre 0,05 y 0,15 mg/l (Pedrozo 2006). Estos valores en su límite superior son fácilmente alcanzados con explotaciones ineficientes o de altas cargas en el modelaje, sobre todo en el ARE 2. Las aguas residuales, por otro lado alcanzan valores de alrededor de 20 mg/l (Pedrozo 2006).

Lo expresado hasta aquí plantea la necesidad de definir bajo qué condiciones es admisible la instalación de jaulas de cultivo. En este informe se toma como referencia para una primera etapa de la puesta en marcha de los sitios de cultivo un criterio altamente precautorio, dada la falta de información fehaciente que pueda ayudar a comprender la dinámica de los aportes exógenos y sus efectos, los que no



Casalnuovo, M. A.

Factibilidad de la salmonicultura en C. Beagle. Informe Final

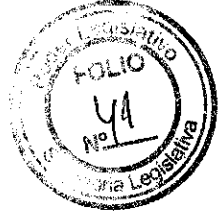
se restringen solamente al posible aumento de la biomasa algal, o de cambios en el bentos, sino también a efectos indeseables como floraciones algales tóxicas, los que se discuten en las conclusiones. Se desprende también que es absolutamente necesario que posteriormente a la puesta en marcha de las jaulas, se realice un monitoreo adecuado de las condiciones del sitio, que al menos en algunas variables cuenta con la línea de base en este trabajo y las determinaciones periódicas que realiza la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente para monitorear la posibilidad de comercialización de mejillones en la zona. Esos monitoreos darían la información necesaria para adecuar los niveles de explotación a los óptimos sin resignar criterios de calidad ambiental.

Teniendo en cuenta esas premisas, el criterio adoptado para estimar las cargas admisibles en esta primera etapa es del de **no superar el 10 % de contribución de Fósforo y Nitrógeno por piscicultura a la carga total del sistema una vez establecidas las jaulas**. Estos valores se alcanzan con unas 970 toneladas anuales (FCR: 1,5) en el ARE 1, y unas 640 toneladas anuales en el ARE 2 (FCR: 1,5), bajo los escenarios planteados respecto al resto de las variables consideradas en el modelo. Por lo tanto se indica la instalación de complejos de jaulas que no sobrepasen la capacidad sugerida como un primer paso hacia el establecimiento de la capacidad de carga real que surgirá de los monitoreos posteriores, como ya se ha expresado.

ELAJE ANUAL	ARE 1				
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
1.000	5,5	13,8	27,5	55,0	107,5
de P al ambiente (Ton/año)	33,0	82,5	165,0	330,0	645,0
de N al ambiente (Ton/año)	7.534	18.836	37.671	75.342	147.260
de P (equiv. en personas)	6.955	17.387	34.773	69.547	135.933
de N (equiv. en personas)	5,4	12,4	22,1	36,2	52,6
aporte de P al total	5,5	12,7	22,6	36,3	53,3
aporte de N al total	0,0475	0,0514	0,0577	0,0705	0,0949
libable (mg/l)	6%	14%	28%	57%	111%
nto PT x Piscicultura					

ELAJE ANUAL	ARE 2				
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
1.000	5,5	13,8	27,5	55,0	107,5
de P al ambiente (Ton/año)	33,0	82,5	165,0	330,0	645,0
de N al ambiente (Ton/año)	7.534	18.836	37.671	75.342	147.260
de P (equiv. en personas)	6.955	17.387	34.773	69.547	135.933
de N (equiv. en personas)	7,9	17,7	30,1	46,3	62,7
aporte de P al total	8,1	18,1	30,7	47,0	63,4
aporte de N al total	0,0488	0,0547	0,0644	0,0837	0,1207
libable (mg/l)	9%	22%	43%	86%	168%
nto PT x Piscicultura					

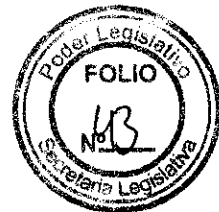
Tabla V. Simulaciones de impacto para distintos niveles de explotación en los ARE 1 y 2. Ver texto para referencias.





Conclusiones

1. De las 1.600 hectáreas de explotación propuestas originalmente por la Provincia son utilizables para el fondeo de jaulas de engorde solamente 408 atendiendo a la seguridad en la navegación, que aconseja un alejamiento máximo de 500 metros de la línea de costa. Por otro lado, la isobata de 25 metros restringe aún más estas áreas, de 408 hectáreas a solamente a 176.
2. De ambas zonas, la más comprometida es la ARE 2, pues solamente un 23 % de su superficie es apto según los criterios enunciados precedentemente. El ARE 1 cuenta, por otro lado con 138 hectáreas utilizables, lo que representa un 56 % de su superficie.
3. Debería analizarse la conveniencia de habilitar el ARE 2 o buscar un sitio alternativo de mejor aptitud.
4. Las variables físicas y químicas medidas mostraron patrones esperables a la estación del año y un acoplamiento general entre el nivel de nutrientes y el estado de la comunidad fitoplanctónica.
5. Las aguas del Canal Beagle presentan situaciones aptas para el desarrollo de explotaciones acuícolas en jaulas flotantes. No obstante lo cual es de especial preocupación mantener las aguas dentro parámetros ambientales aceptables al ser oligotróficas, y por lo tanto altamente sensibles.
6. Bajo un criterio precautorio estarían indicadas cargas de cosecha de 970 toneladas anuales en el ARE 1 y 640 toneladas anuales en el ARE 2 en una primera etapa.
7. Dichas cargas deben ser monitoreadas según un programa que incluya efectos en la columna de agua y en el fondo (Anexo V).
8. Estos monitoreos determinarán con valores propios del sistema Beagle la real capacidad de carga de ambas zonas.
9. Los efectos de manejo de las explotaciones muestran la sensibilidad del modelo a manejos poco rigurosos, por lo cual es de especial importancia la utilización de alimentos de buena calidad y un sistema de gestión de la provisión del mismo y del resto de los desechos asociados a las instalaciones de tierra que minimice los aportes al sistema. Por la misma razón cualquier acción tendiente a sustraer los aportes de la zona debe ser considerada.



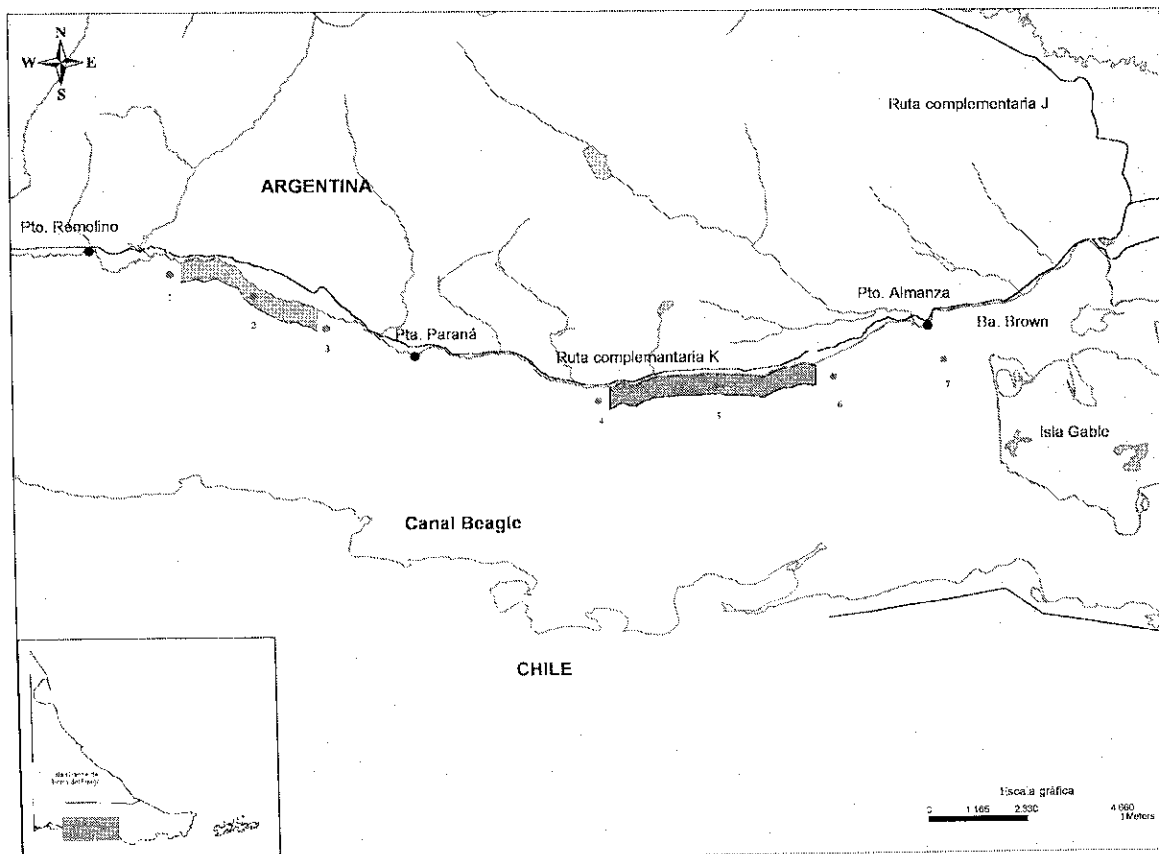
Entre estas acciones se encuentran el removido mecánico por medio de diversas trampas, o el manejo integrado con cultivos de organismos que utilicen el plus de nutrientes y partículas, como los mejillones y las macroalgas. En principio, la ubicación escalonada entre áreas para cultivo de salmónidos y áreas para cultivo de mitílidos en el canal cumpliría esta función. Sin embargo estos aportes pueden modificar las relaciones entre los distintos taxones del fitoplancton, y por lo tanto ser causantes de disparar floraciones algales indeseadas, generando un conflicto de intereses con los productores que se encuentran aguas abajo de los ARES, o incluso entre productores de cada ARE. Por ejemplo, las diatomeas del género *Chaetoceros* y *Leptocylindrus*, producen mortalidad de peces y las del género *Pseudo-nitzschia*, toxina amnésica. Por otra parte los dinoflagelados del género *Alexandrium* son responsables de la aparición de la toxina paralizante, *Dinophysis* de diarreica y el fitoflagelado *Phaeocytis* es también responsable de mortalidad en peces de cultivo por asfixia. En este sentido los datos disponibles son contradictorios: los hay que muestran que los aportes de nutrientes disparan floraciones indeseables (ver Buschmann et al. 2006 para una revisión en cultivos chilenos), pero en el sistema estudiado, con altas abundancias relativas de diatomeas respecto a dinoflagelados, los picos de estos últimos en los fenómenos de marea roja se acompañan de bajos niveles de nutrientes (Hernando et al. 2008). Diversas experiencias y trabajos realizados por el mismo autor mostraron que el aporte de nutrientes genera mayores abundancias relativas de fitoflagelados, relegando a las diatomeas y los dinoflagelados que son los responsables de las floraciones indeseables que se registran regularmente en el canal, como ya se dijo. En resumen, es probable que los cultivos de salmónidos resulten beneficiosos para los mitilicultores respecto a la toxina paralizante, pero por otro lado es difícil predecir que sucederá con las diatomeas, y aun con los fitoflagelados y que clase de productores pueden llegar a verse afectados ante el aumento y/o el cambio en la proporción de los nutrientes, puesto que las pisciculturas tienden a llevar la relación N/P a valores cercanos a 3 para desechos particulados (exceso de Fósforo), y a valores de hasta 10 y 13 para totales e inorgánicos respectivamente (exceso de Nitrógeno), mientras que en el canal los datos obtenidos están cerca del 6. Por ello es de vital importancia el contar con



estudios de fitoplancton en los monitoreos posteriores al establecimiento de la explotación acuícola, incorporando el análisis de la composición específica de la comunidad fitoplanctónica para prever la posibilidad de floraciones algales tóxicas y no tóxicas. Ante los resultados debería preverse la factibilidad de mover las balsas jaula.

10. La Autoridad de Aplicación debe tener en cuenta antes de conceder las explotaciones otros efectos ambientales relativos a los cultivos que son resumidos por Beveridge (2004) y que no fueron objeto de tratamiento en este informe. Entre los más importantes se cuentan los cambios de la comunidad bentónica, la anoxia de los fondos, el uso de fármacos y metales pesados, la contaminación genética y las interacciones (competencia y predación) con la biota autóctona por escapes y la introducción de parásitos, entre otros.
11. La Autoridad de aplicación deberá continuar o comenzar según el caso con la toma de datos necesaria según se discute en el Anexo 5, la cual es además útil para las explotaciones mitilícolas.
12. No se debe autorizar el engorde en jaulas de otra especie que no sea la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), pues ya se encuentra naturalizada en la provincia, en síntesis no se debe permitir la introducción de nuevas especies. Las variedades deben ser cuidadosamente seleccionadas.

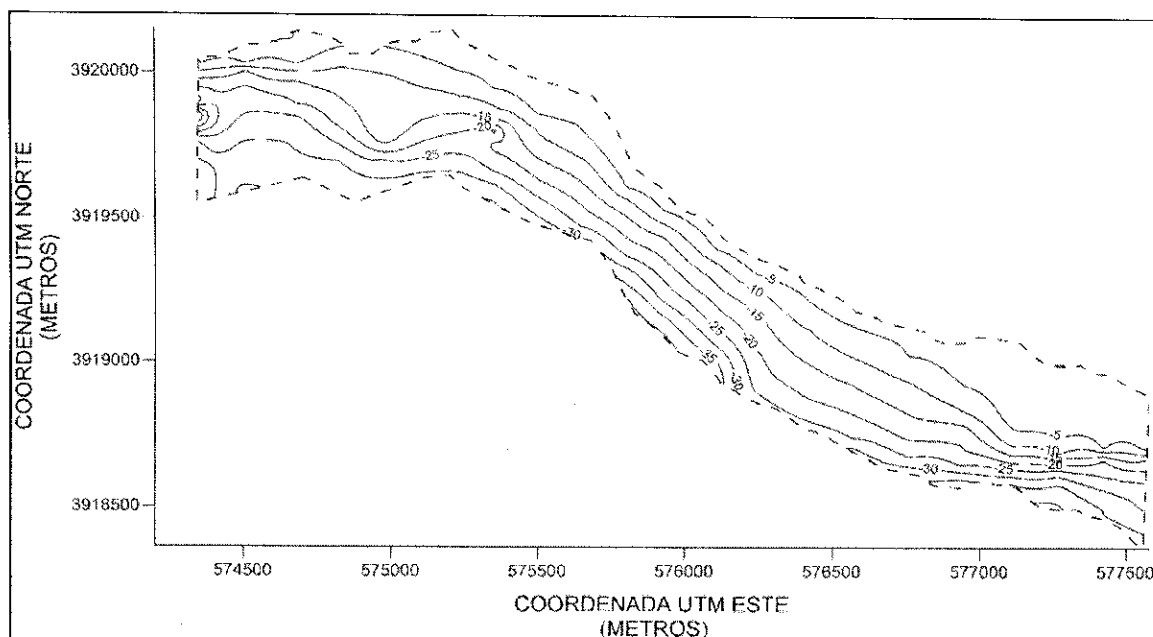
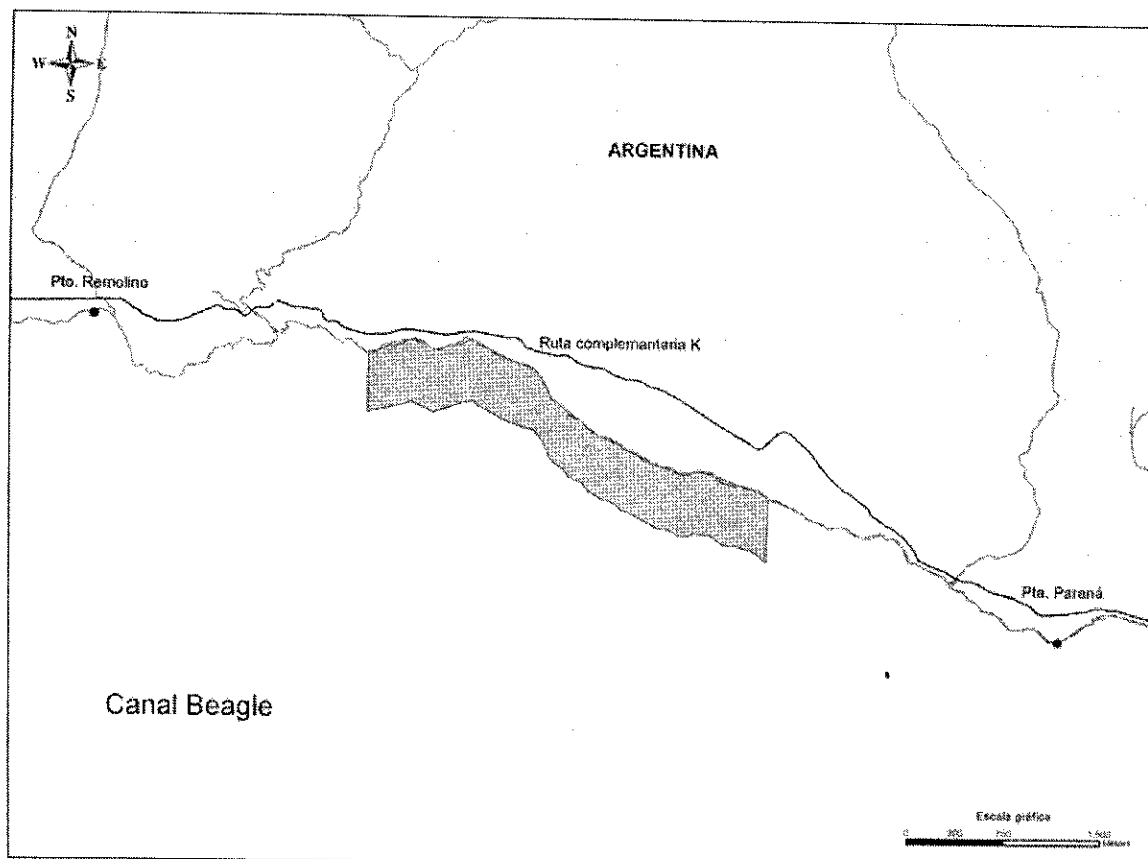
Anexo I. Mapas de las zonas involucradas



Mapa 1. Ubicación de las ARE 1 y ARE 2 y de los sitios de muestreo seleccionados.

Casalnuovo, M. A.

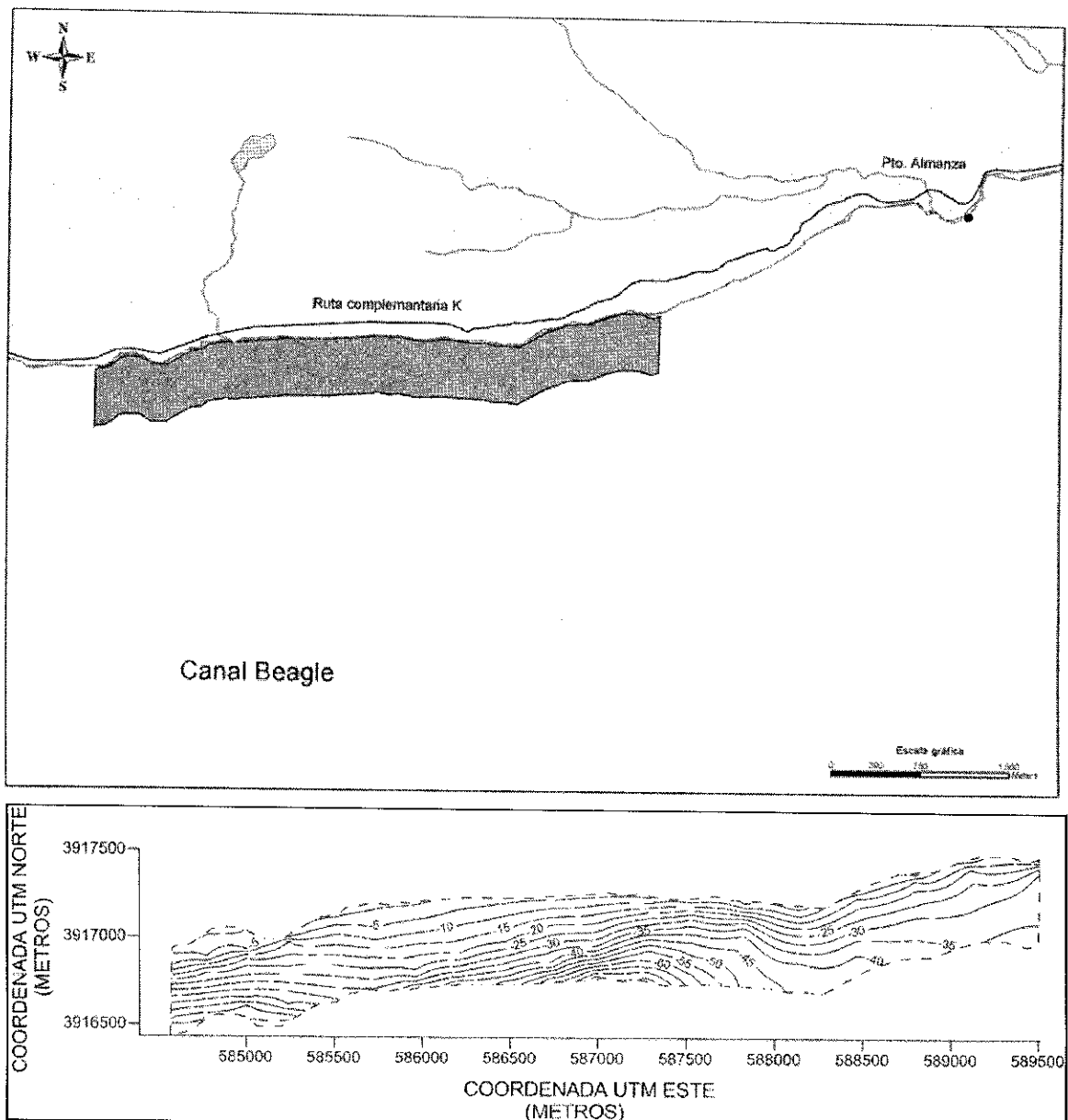
Factibilidad de la salmonicultura en C. Beagle. Informe Final



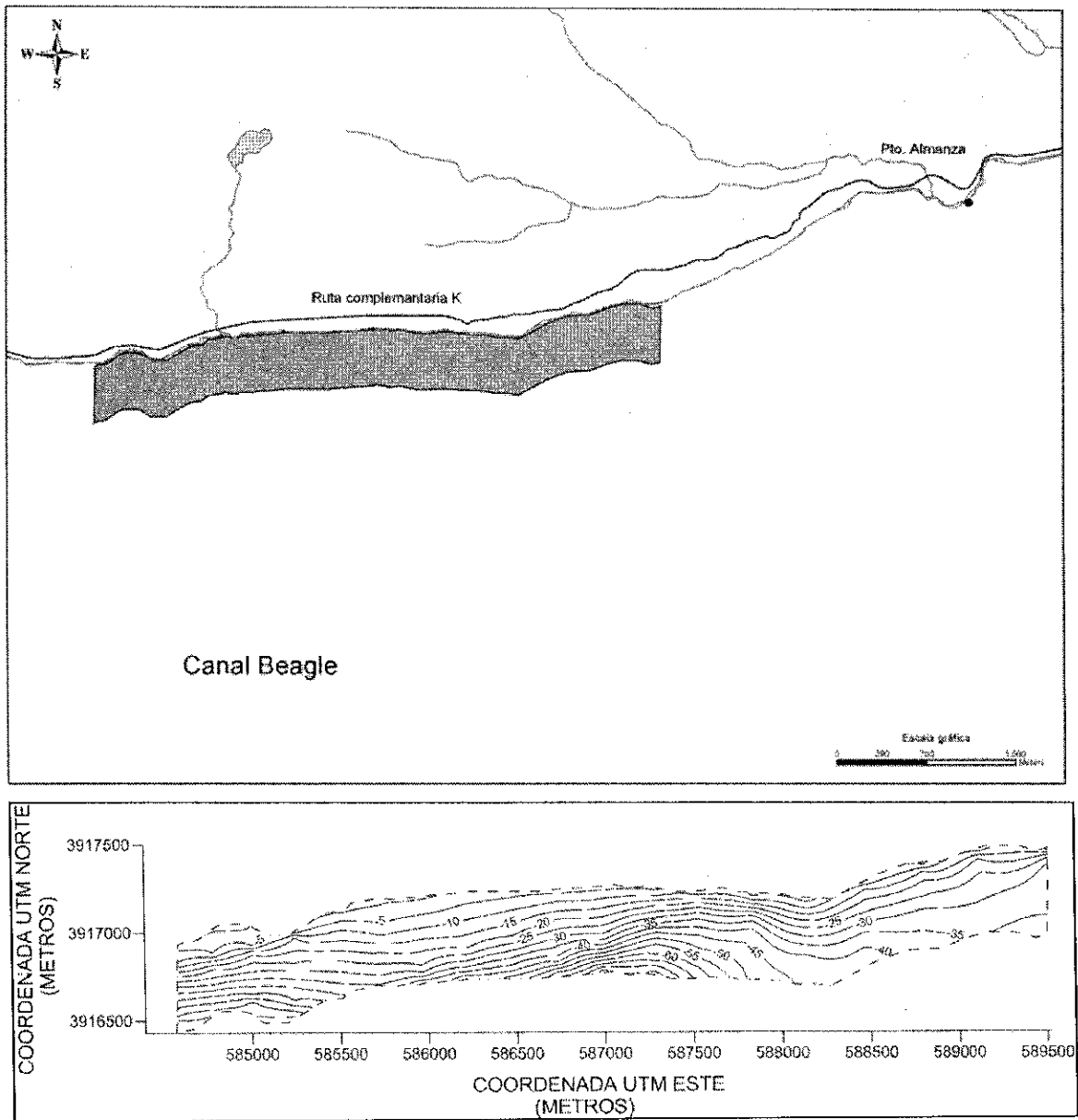
Mapa 2. Área Real de Explotación 2 y su correspondiente perfil batimétrico (equidistancia 5 mts).

Casalinuovo, M. A.

Factibilidad de la salmónica en C. Beagle. Informe Final



Mapa 3. Área Real de Explotación 1 y su correspondiente perfil batimétrico (equidistancia 5 mts).



Mapa 3. Área Real de Explotación 1 y su correspondiente perfil batimétrico (equidistancia 5 mts).

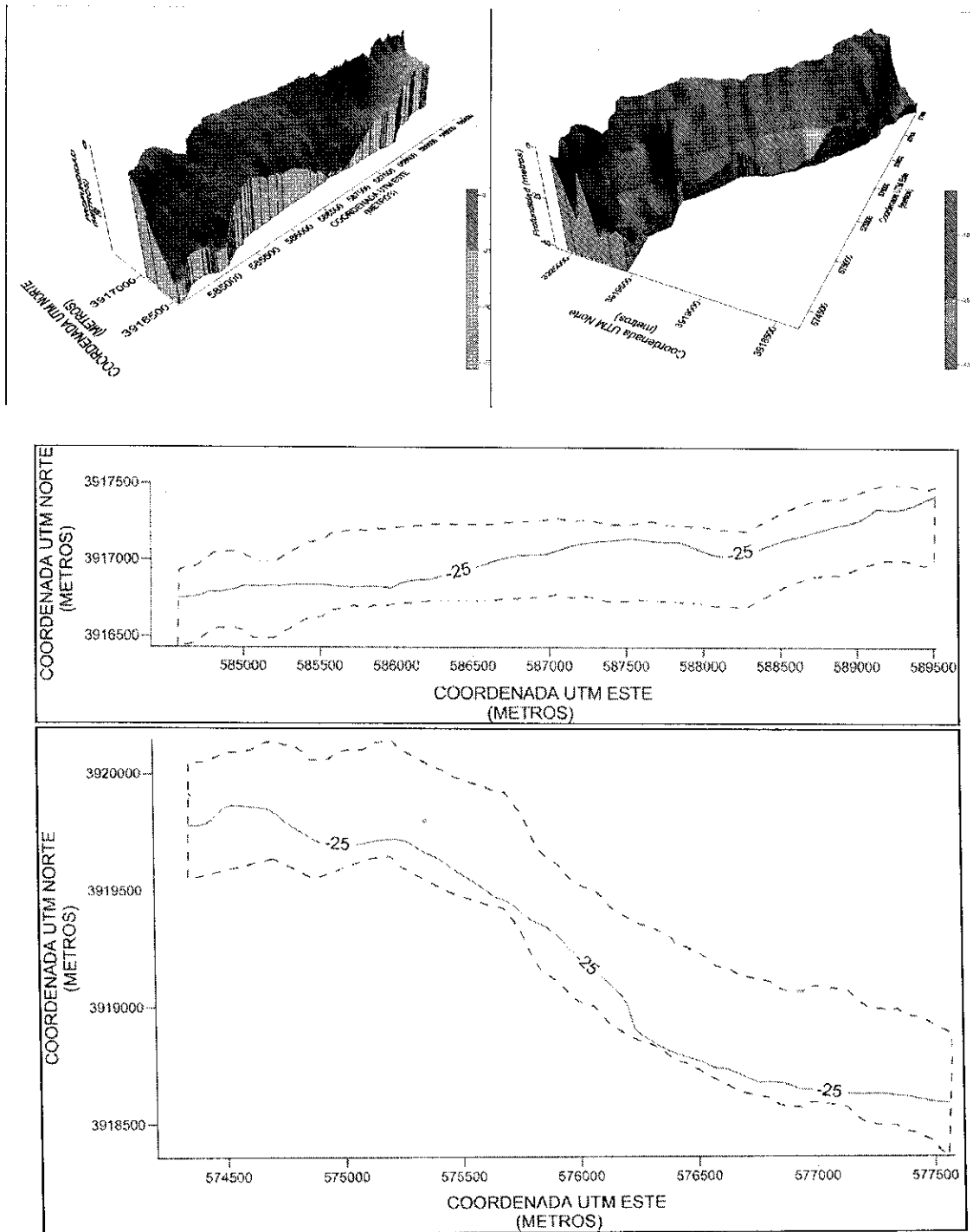
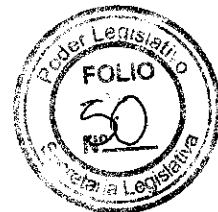


Figura A1.1. Imágenes tridimensionales de las ARE 1 (izq.) y 2 (der.) mostrando la isobata de 25 metros. En verde se aprecia la zona con una profundidad mínima. Debajo ambas ARE mostrando la isobata de 25 metros. Puede apreciarse la escasa área relativa explotable de la última.



Casalnuovo, M. A.

Factibilidad de la salmonicultura en C. Beagle. Informe Final



CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ANEXO II: TALLER

“Variables y métodos de muestreo necesarios para la determinación de niveles de base de futuras explotaciones acuícolas.”

10 de agosto de 2010

**SUM Usos Múltiples. Estación de Piscicultura “Río Olivia”
Ushuaia, Tierra del Fuego**

Objetivos

Capacitar al personal técnico de La Provincia en los métodos adecuados para los muestreos de calidad de agua necesarios en diversas situaciones en que se los requiera, con énfasis en los necesarios para estudios de factibilidad para explotaciones acuícolas.

Discutir el sustento teórico subyacente en la elección de parámetros ambientales.

Contenidos

Ambientes acuáticos y nutrientes. Criterios tróficos. Modelos de balance de Masas en predicción acuícola. Criterios de muestreo.

Temario

Parámetros Oceanográficos mínimos para la caracterización de un espejo de agua. Métodos aplicables. Parámetros físicos: pH, temperatura, Oxígeno disuelto y salinidad.

Parámetros químicos: Ciclos de nutrientes y su relación con los efectos ambientales. Bentos y Plancton. Eutrofización y degradación bentónica.

El Modelo de Balance de Masas en la cría de salmónidos en ambientes naturales. Sustento teórico. Aplicación y predicciones.

Participantes

Lujan Pagnosin
Juan Fosati
Fernando Castro
Ayclén Cubas
Santiago Lesta
Paula Rodríguez
Fernando Pérez Oyarzo
Eduardo Bauducco

Gobierno de Tierra del Fuego
Gobierno de Tierra del Fuego
Gobierno de Tierra del Fuego
Gobierno de Tierra del Fuego
Gobierno de Tierra del Fuego
Gobierno de Tierra del Fuego
Gobierno de Tierra del Fuego
Gobierno de Tierra del Fuego



Anexo III. Datos físicos y químicos

Estación	1	2	3	4	5	6	7	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'
Noviembre	7,2	7,9	8,0	8,1	8,0	8,0	8,0	7,5	7,2	8,7	7,9	7,9	7,1	7,7
Diciembre	8,0	8,3	8,1	8,5	8,2	8,4	8,0	8,3	8,2	8,2	8,3	8,4	8,3	8,3
Enero	7,1	8,2	8,3	8,2	8,2	8,2	7,9	7,9	8,2	8,7	8,0	8,9	8,2	7,9
Febrero	7,3	7,5	8,3	8,0	8,2	8,2	8,5	7,3	7,5	8,0	8,0	7,8	8,2	8,6
Marzo	7,4	7,0	8,3	8,0	8,2	8,2	8,5	7,4	7,0	8,0	8,0	7,8	8,2	8,6
Abril	7,3	7,3	7,2	7,0	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,0
Julio	8,0	8,0	8,0	8,0	8,2	8,2	8,6	7,9	8,0	7,3	8,0	7,8	8,2	8,6
Agosto	8,0	8,0	7,4	7,0	8,3	8,0	8,6	7,9	8,0	8,2	8,2	8,3	8,4	8,6

Valores de pH el agua para cada estación de muestreo. La serie prima corresponde a mediciones del fondo.

Estación	1	2	3	4	5	6	7	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'
Noviembre	6,9	7,3	7,0	7,3	6,7	7,3	7,2	6,9	7,0	7,9	7,2	7,0	7,1	7,4
Diciembre	7,9	8,2	7,9	8,5	8,4	8,6	8,4	7,5	7,7	8,2	7,4	7,1	7,4	7,4
Enero	9,5	9,5	9,5	9,6	9,8	9,7	9,1	9,0	9,5	9,0	9,6	8,9	9,4	9,1
Febrero	10,0	10,5	10,0	11,0	10,5	9,7	10,5	9,0	10,0	9,0	10,5	8,9	9,4	9,1
Marzo	7,7	7,1	7,2	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
Abril	7,3	7,3	7,2	7,0	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	6,9	7,3
Julio	4,0	4,2	5,1	4,0	4,2	4,1	4,2	4,0	4,0	3,8	4,0	4,0	3,8	4,0
Agosto	4,9	4,8	4,8	4,9	4,8	4,9	4,8	4,9	4,8	4,9	4,8	4,9	4,8	4,9

Valores de temperatura del agua en °C para cada estación de muestreo. La serie prima corresponde a mediciones del fondo.

Estación	1	2	3	4	5	6	7	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'
Noviembre	10,0	10,0	9,0	9,0	9,0	14,0	9,0	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c
Diciembre	4,8	5,8	5,0	6,8	6,8	7,3	5,8	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c
Enero	7,0	8,0	6,0	6,0	7,0	6,0	5,0	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c
Febrero	6,0	4,0	6,0	5,5	4,0	6,0	4,0	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c
Marzo	6,0	4,0	6,0	7,0	8,0	6,0	4,0	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c
Abril	5,0	6,0	5,0	6,5	6,0	5,0	5,0	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c
Julio	7,0	8,0	5,0	10,2	6,0	11,0	7,9	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c
Agosto	10,0	9,0	13,0	11,0	12,0	11,0	11,0	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c

Valores profundidad del Disco de Secchi en metros para cada estación de muestreo. La serie prima corresponde a mediciones del fondo. n/c: no corresponde toma de datos.

Casalinuovo, M. A.

Factibilidad de la salmonicultura en C. Beagle. Informe Final

Estación	Amonio Superficie (mg/l)						
	1	2	3	4	5	6	7
Noviembre	0,0070	0,0070	0,0105	0,0140	0,0140	0,0070	0,0070
Diciembre	0,0175	0,0140	0,0175	0,0175	0,0175	0,0210	0,0315
Enero	0,0245	0,0175	0,0175	0,0315	0,0245	0,0175	0,0280
Febrero	0,0250	0,0175	0,0280	0,0280	0,0280	0,0280	0,0280
Marzo	0,0267	0,0300	0,0280	0,0280	0,0245	0,0280	0,0290
Abril	0,0280	0,0350	0,0210	0,0385	0,0350	0,0280	0,0280
Julio	0,0350	0,0420	0,0385	0,0385	0,0350	0,0315	0,0315
Agosto	0,0385	0,0350	0,0350	0,0315	0,0315	0,0315	0,0315

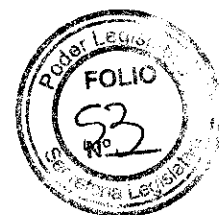
Valores de Amonio en superficie para cada estación de muestreo.

Estación	Nitratos Superficie (mg/l)						
	1	2	3	4	5	6	7
Noviembre	0,0105	0,0105	0,0140	0,0175	0,0175	0,0105	0,0105
Diciembre	0,0210	0,0175	0,0210	0,0210	0,0175	0,0245	0,0315
Enero	0,0315	0,0210	0,0210	0,0315	0,0245	0,0175	0,0280
Febrero	0,0320	0,0300	0,0175	0,0300	0,0245	0,0200	0,0175
Marzo	0,0210	0,0280	0,0280	0,0245	0,0290	0,0200	0,0245
Abril	0,0245	0,0280	0,0175	0,0315	0,0280	0,0245	0,0140
Julio	0,0280	0,0350	0,0315	0,0315	0,0245	0,0210	0,0140
Agosto	0,0280	0,0280	0,0315	0,0245	0,0210	0,0210	0,0210

Valores de Nitratos en superficie para cada estación de muestreo.

Estación	Nitrito Superficie (mg/l)						
	1	2	3	4	5	6	7
Noviembre	0,0035	0,0035	0,0070	0,0070	0,0070	0,0035	0,0035
Diciembre	0,0035	0,0035	0,0070	0,0035	0,0035	0,0035	0,0175
Enero	0,0105	0,0070	0,0070	0,0105	0,0105	0,0035	0,0175
Febrero	0,0100	0,0040	0,0085	0,0035	0,0035	0,0075	0,0210
Marzo	0,0070	0,0035	0,0070	0,0070	0,0070	0,0035	0,0175
Abril	0,0035	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0175
Julio	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0105	0,0105	0,0210
Agosto	0,0105	0,0105	0,0070	0,0070	0,0105	0,0105	0,0105

Valores de Nitrito en superficie para cada estación de muestreo.



Casalinuovo, M. A.

Factibilidad de la salmonicultura en C. Beagle. Informe Final

Estación	N Total Superficie (mg/l)						
	1	2	3	4	5	6	7
Noviembre	0,1470	0,1720	0,1230	0,1230	0,1230	0,1470	0,1230
Diciembre	0,1720	0,1960	0,1960	0,1960	0,1720	0,1470	0,1960
Enero	0,3190	0,2940	0,2700	0,3190	0,2700	0,2210	0,3190
Febrero	0,3200	0,2940	0,2700	0,2400	0,2400	0,2400	0,2400
Marzo	0,3000	0,2950	0,2940	0,3430	0,3000	0,3430	0,2700
Abril	0,2940	0,3430	0,2695	0,3430	0,3185	0,2940	0,2940
Julio	0,3675	0,3675	0,3185	0,3430	0,3185	0,3185	0,3430
Agosto	0,3185	0,2940	0,2940	0,3185	0,2695	0,2695	0,2940

Valores de Nitrógeno Total en superficie para cada estación de muestreo.

Mes Estación	Fosfatos Superficie (mg/l)						
	1	2	3	4	5	6	7
Nov	0,0185	0,0138	0,0197	0,0138	0,0174	0,0091	0,0126
Dic	0,0174	0,0055	0,0114	0,0233	0,0256	0,0138	0,0067
Ene	0,0067	0,0114	0,0126	0,0162	0,0233	0,0079	0,0032
Feb	0,0070	0,0130	0,0180	0,0200	0,0200	0,0100	0,0050
Mar	0,0100	0,0190	0,0174	0,0162	0,0390	0,0280	0,0280
Abr	0,0091	0,0185	0,0221	0,0209	0,0363	0,0292	0,0280
Jul	0,0244	0,0351	0,0339	0,0363	0,0386	0,0398	0,0315
Ago	0,0290	0,0244	0,0434	0,0410	0,0363	0,0363	0,0398

Valores de Fosfatos en superficie para cada estación de muestreo.

Mes Estación	P Total Superficie (mg/l)						
	1	2	3	4	5	6	7
Nov	0,0363	0,0339	0,0327	0,0315	0,0386	0,0398	0,0481
Dic	0,0422	0,0292	0,0398	0,0564	0,0587	0,0457	0,0445
Ene	0,0339	0,0351	0,0422	0,0375	0,0375	0,0363	0,0315
Feb	0,0300	0,0320	0,0420	0,0520	0,0410	0,0320	0,0420
Mar	0,0420	0,0420	0,0516	0,0516	0,0410	0,0520	0,0420
Abr	0,0339	0,0410	0,0351	0,0422	0,0410	0,0445	0,0434
Jul	0,0457	0,0540	0,0469	0,0493	0,0623	0,0493	0,0469
Ago	0,0505	0,0564	0,0516	0,0647	0,0670	0,0717	0,0540

Valores de Fósforo Total en superficie para cada estación de muestreo.

Casalnuovo, M. A.

Factibilidad de la salmonicultura en C. Beagle. Informe Final

Estación	Amonio Fondo (mg/l)						
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'
Noviembre	0,0035	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0105	0,0070
Diciembre	0,0175	0,0105	0,0175	0,0175	0,0175	0,0280	0,0175
Enero	0,0245	0,0070	0,0280	0,0175	0,0245	0,0280	0,0245
Febrero	0,0245	0,0245	0,0175	0,0175	0,0175	0,0245	0,0225
Marzo	0,0315	0,0210	0,0280	0,0315	0,0280	0,0350	0,0280
Abril	0,0315	0,0210	0,0280	0,0280	0,0385	0,0350	0,0385
Julio	0,0350	0,0280	0,0315	0,0315	0,0420	0,0350	0,0455
Agosto	0,0350	0,0245	0,0280	0,0280	0,0420	0,0315	0,0350

Valores de Amonio en profundidad para cada estación de muestreo de la serie prima.

Estación	Nitratos Fondo (mg/l)						
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'
Noviembre	0,0105	0,0105	0,0105	0,0140	0,0105	0,0140	0,0140
Diciembre	0,0210	0,0140	0,0210	0,0210	0,0210	0,0280	0,0210
Enero	0,0280	0,0105	0,0210	0,0210	0,0245	0,0250	0,0250
Febrero	0,0210	0,0245	0,0175	0,0140	0,0210	0,0210	0,0175
Marzo	0,0105	0,0175	0,0245	0,0280	0,0140	0,0140	0,0210
Abril	0,0210	0,0175	0,0175	0,0175	0,0280	0,0245	0,0245
Julio	0,0210	0,0245	0,0210	0,0210	0,0280	0,0245	0,0245
Agosto	0,0210	0,0210	0,0175	0,0175	0,0280	0,0210	0,0210

Valores de Nitratos en profundidad para cada estación de muestreo de la serie prima.

Estación	Nitrito Fondo (mg/l)						
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'
Noviembre	0,0035	0,0035	0,0035	0,0070	0,0035	0,0070	0,0035
Diciembre	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0105	0,0105
Enero	0,0140	0,0040	0,0105	0,0070	0,0035	0,0035	0,0140
Febrero	0,0140	0,0105	0,0140	0,0100	0,0070	0,0105	0,0140
Marzo	0,0139	0,0070	0,0070	0,0070	0,0100	0,0100	0,0105
Abril	0,0105	0,0070	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0140
Julio	0,0140	0,0070	0,0105	0,0105	0,0140	0,0105	0,0140
Agosto	0,0140	0,0070	0,0105	0,0105	0,0140	0,0105	0,0140

Valores de Nitrito en profundidad para cada estación de muestreo de la serie prima.



Casalinuovo, M. A.

Factibilidad de la salmonicultura en C. Beagle. Informe Final

Estación	N Total Fondo (mg/l)						
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'
Noviembre	0,1470	0,1470	0,1230	0,1230	0,1230	0,1470	0,1470
Diciembre	0,1960	0,1960	0,1960	0,1960	0,1720	0,1720	0,2050
Enero	0,2700	0,2000	0,1960	0,2700	0,2700	0,2700	0,2940
Febrero	0,2700	0,1960	0,2940	0,2940	0,2940	0,2940	0,2940
Marzo	0,2940	0,3000	0,2940	0,3190	0,3190	0,2940	0,2940
Abril	0,3185	0,2940	0,2940	0,2940	0,3430	0,3185	0,3430
Julio	0,3430	0,2940	0,2940	0,3185	0,3920	0,3185	0,3675
Agosto	0,2940	0,2450	0,2695	0,2695	0,2940	0,2695	0,3185

Valores de Nitrógeno Total en profundidad para cada estación de muestreo de la serie prima.

Estación	Fosfatos Fondo (mg/l)						
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'
Nov	0,0185	0,0292	0,0114	0,0162	0,0268	0,0103	0,0185
Dic	0,0126	0,0103	0,0114	0,0055	0,0268	0,0126	0,0126
Ene	0,0386	0,0400	0,0390	0,0110	0,0300	0,0110	0,0170
Feb	0,0170	0,0210	0,0210	0,0200	0,0110	0,0200	0,0170
Mar	0,0170	0,0230	0,0209	0,0221	0,0200	0,0200	0,0114
Abr	0,0174	0,0256	0,0244	0,0268	0,0292	0,0185	0,0292
Jul	0,0339	0,0398	0,0292	0,0386	0,0410	0,0386	0,0327
Ago	0,0434	0,0410	0,0457	0,0457	0,0410	0,0386	0,0360

Valores de Fosfatos en profundidad para cada estación de muestreo de la serie prima.

Estación	P Total Fondo (mg/l)						
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'
Nov	0,0351	0,0469	0,0351	0,0327	0,0528	0,0375	0,0505
Dic	0,0375	0,0244	0,0280	0,0469	0,0386	0,0339	0,0434
Ene	0,0871	0,0400	0,0400	0,0450	0,0500	0,0500	0,0400
Feb	0,0300	0,0480	0,0500	0,0490	0,0500	0,0500	0,0500
Mar	0,0370	0,0480	0,0516	0,0493	0,0480	0,0380	0,0422
Abr	0,0375	0,0351	0,0386	0,0445	0,0457	0,0363	0,0375
Jul	0,0516	0,0481	0,0457	0,0493	0,0528	0,0505	0,0481
Ago	0,0493	0,0469	0,0623	0,0694	0,0552	0,0706	0,0493

Valores de Fósforo Total en profundidad para cada estación de muestreo de la serie prima.

Anexo IV. Ejemplo planilla electrónica

Entradas del Modelo	Valor	Unidades	Fuente
Cosecha anual	650	Toneladas	Producción establecimiento
FCR	1,5	Razón	Tasa conversión alimento
% Fósforo alimento	1	%	Informado por fabricantes
% Nitrogeno alimento	6	%	Informado por fabricantes
% Pérdida Alimento	5	%	Resultado del manejo
Área Zona	246	Ha	Medida en mapas
Profundidad Media Zona	28,41	mts	Batimetría
Altura Marca media	1,2	mts	Tabla de marcas de la zona
Concentración PT (agua)	0,0460	mg/l	Datos propios (media)
Concentración NT (agua)	0,2627	mg/l	Datos propios (media)
Media P Hakanson	44,9724	mg/m3	PT medio del agua de datos propios (mg/l x 1.000)
% P en pcz.	0,5	%	Bibliografía
% N en pcz.	3	%	Bibliografía
P por persona ciudad	2	g/persona/día	Bibliografía
N por persona ciudad	13	g/persona/día	Bibliografía



NO MODIFICAR, son salidas del modelo

Salidas Resumidas	
650	Toneladas cosechadas
1,5	FCR
5	% Pérdidas manejo
1	% P en alimento
6	% N en alimento
Generan	
Entrada de P al ambiente	7,0 anuales
Entrada de N al ambiente	41,9 anuales
Por Aporte de P	9.572 Personas
por Aporte de N	8.836 Personas
% de aporte (P)	
Marca/Pisci	6,7 % del total
% de aporte (N)	
Marca/Pisci	6,9 % del total
(P) probable (Hakanson)	0,0482 mg/l
Relación Concentraciones	7% mas P

Salidas del Modelo	Valor	Unidades	Comentarios
Volumen Zona	69.879.280	M3	
Volumen (Flujo) Marea	5.904.000	M3/día	Por día, marea semidiurna
Volumen anual marea	2.154.960.000	M3/año	Entrada anual por mareas
TW	17,8	Días	Residencia media anual del agua
Cantidad de Alimento Consumido	975	Toneladas/año	
Desperdicio de alimento	48,8	Toneladas/año	
Total de alimento utilizado	1.024	Toneladas/año	
PT que entra x mareas	96.914	Toneladas/año	anuales al sistema
NT que entra x mareas	566,20	Toneladas/año	anuales al sistema
PT que entra x alimento	10,2	Toneladas	anuales al sistema (peces y medioambiente)
NT que entra x alimento	61,43	Toneladas	anuales al sistema (peces y medioambiente)
P extraído por cosecha de peces	3,3	Toneladas	Cosecha anual de peces
N extraído por cosecha de peces	19,5	Toneladas	Cosecha anual de peces
P REMANENTE en sistema	6,99	Toneladas/año	Esto va al agua real
N REMANENTE en sistema	41,93	Toneladas/año	Esto va al agua real
Aporte Piscicultura/Mareas (P)	6,7	%	% de aporte total por piscicultura
Aporte Piscicultura/Mareas (N)	6,9	%	% de aporte total por piscicultura
Aporte P ciudad por año	0,73	Kg	anual
Aporte N ciudad por año	4,75	Kg	anual
Equivalente habitantes (P)	9.572	Habitantes	por explotación
Equivalente habitantes (N)	8.836	Habitantes	por explotación
Carga PT por piscicultura/día	19.143.836	mg/día	Modelo HAKANSON 1988
PT predicho x Hakanson	48.2149	mg/m3	Modelo HAKANSON 1988
PT predicho x Hakanson	48.2149	µg/l	Para confrontar con Criterios de Calidad de agua
PT predicho x Hakanson	0,0482	mg/l	Modelo HAKANSON 1988

Casalinuovo, M. A.

Anexo V. Plan de Monitoreo

Una vez establecidas las jaulas de la etapa 1 bajo criterios preventivos, es necesario establecer un plan de monitoreo de aguas y sedimentos que permita estimar el real impacto de la explotación y su capacidad de carga bajo criterios científicos.

En este momento es necesario aclarar que primeramente a cualquier acción se debe contar con un estudio hidrográfico y meteorológico de la zona en cuestión para poder modelar, por ejemplo la dispersión de sólidos alrededor del sitio, existencia de zonas de deposición de sólidos (fosas), el área utilizable real tanto por exceso como por defecto de profundidades, la posibilidad de rotación de jaulas, etc. Un estudio de este tipo es obligatorio en muchas partes del mundo, por ejemplo Escocia. Para el caso del canal Beagle, los requerimientos mínimos han sido enunciados por Quirós (2002).

Por otro lado, es de vital importancia un estudio de la columna de agua y del las características del fondo que se consideren líneas de base preexplotación. Para el primer caso, este informe contiene los datos mínimos necesarios, salvo por las concentraciones de Oxígeno, mientras que para el segundo deben realizarse aún los estudios correspondientes.

Requisitos columna de agua. Las estaciones de muestreo 1 a 7 de este estudio, con sus contrapartidas cerca del fondo pueden ser tomadas como referencias para los monitoreos posteriores, dado que representan el nivel de base. A continuación se listan las coordenadas geográficas (Datum WGS84):



- E1, -54.86339800, -67.84981300 (profundidad 18 mts)
- E2, -54.86940100, -67.81586400 (profundidad 28 mts)
- E3, -54.87542700, -67.78408600 (profundidad 21 mts)
- E4, -54.88976200, -67.69021100 (profundidad 21 mts)
- E5, -54.88766200, -67.63714000 (profundidad 47 mts)
- E6, -54.88281300, -67.59752500 (profundidad 39 mts)
- E7, -54.87640100, -67.55595600 (profundidad 26 mts)

El criterio utilizado en este informe es el de entrada/punto medio/salida de las ARES, sin embargo en estas primeras etapas, las ubicaciones y número de estaciones pueden variar en función de la localización exacta de las jaulas fondeadas y de la variabilidad encontrada. La realidad es que los muestreos iniciales dictarán hasta donde alcanza el efecto de las jaulas, y en función de ellos se emplazarán las estaciones de monitoreo. Como guía se debe considerar que una estación se encuentre marea arriba (entrada), una centrada en el medio de las jaulas (punto medio) y una marea abajo (salida) de las explotaciones. Esta última deberá estar aproximadamente a 2.000 metros de la ubicada en el punto medio y debe ser considerada como control. Entre estas dos últimas se ubicarán estaciones intermedias a intervalos regulares que pueden ser de 500 metros, lo que daría un total de 6 estaciones de toma de datos.

En cada punto de muestreo se tomarán mensualmente para la primera etapa muestras a 1 metro del fondo y 3 metros de la superficie, midiendo idealmente los siguientes parámetros: Salinidad, pH, Temperatura, Sólidos Disueltos y particulados, Profundidad de Disco de Secchi, DBO, DQO, Concentraciones de Oxígeno, Nitratos, Nitritos, Amonio, Fosfatos, Nitrógeno Total y Fósforo Total. Además se determinarán las concentraciones de Clorofila "a", y la biomasa y composición algal, complementando los muestreos de detección de otras sustancias como fármacos si es que se usan regularmente.



Requisitos zona bentónica. Los efectos sobre el fondo ubicado bajo las jaulas son de carácter más local en el sentido de que afectan áreas relativamente pequeñas, pero si bien la acumulación de sedimentos orgánicos y de algunas sustancias como el cobre presente en el *antifouling*, u otros metales pesados tienen un efecto inmediatamente debajo de las explotaciones, también hay un componente de liberación lenta de nutrientes inorgánicos a la columna de agua por efecto de la acción bacteriana. Al igual que en el apartado anterior, los estudios se harán sobre la los sedimentos y sobre los organismos que lo habitan. Las estaciones de muestreo en este caso deberán disponerse en cruz, centradas en el medio de la explotación. Una propuesta viable puede consistir en la toma de estaciones separadas 25 o 30 metros en cada dirección, a partir de la central, usando una draga de toma de sedimentos o mejor cuadrículas por medio de buzos autónomos. Se estudiará de tal manera un arco de 50 a 60 metros del punto central, tomando además muestras control (2) a más de 200 o 300 metros de la zona, lo que daría un total de 11 estaciones. Al igual que para las aguas, el número y la regularidad dependerán de lo encontrado en los muestreos previos. Hay que tener en cuenta que, así como las estaciones de agua deben idealmente tener profundidades similares, en este caso los fondos deben ser equivalentes, pues no tiene sentido tener estaciones sobre fondos de acumulación y compararlas con fondos de erosión, donde los sedimentos no se depositan, y la fauna que la habita es totalmente distinta. Las tomas deben ser en esta primera etapa de al menos dos por estación del año, idealmente tres. En cada punto de muestreo se medirán los siguientes parámetros: Textura, Granulometría, Contenido de Materia Orgánica, Carbono, Metales Pesados, (Cobre en especial por su inclusión en la formulación de los *antifouling*) y Concentraciones de Oxígeno intersticial, Fósforo, Nitrógeno y el potencial Rédox. Además se debe tener en cuenta que estas determinaciones son dinámicas y que pueden suprimirse o extenderse a otras, como por ejemplo detección de Ácido Sulhídrico o del Amonio intersticial según se necesite a criterio del profesional encargado, siendo el mismo razonamiento válido para el agua. En el caso de los organismos se deberá determinar la biomasa, la abundancia, la composición específica y la diversidad. Fotografías de los fondos deben ser tomadas a intervalos regulares para estimar el grado de cambio.



Casalnuovo, M. A.

Factibilidad de la salmonicultura en C. Beagle. Informe Final

Por último, y una vez más, se desea resaltar aquí que el establecimiento de los niveles de base y de un plan de monitoreo a posteriori de la puesta en marcha de las explotaciones deben ser requisitos ineludibles para un manejo serio y sustentable de los recursos provinciales.



Bibliografía citada

- Balestrini, C; Mansilla, G. y Lovrich, G. A. 1998. Simulación de corrientes en el Canal Beagle y Bahía Ushuaia, mediante un modelo bidimensional. *Buenos Aires, Servicio de Hidrografía Naval. 58 pp. (Informe Técnico).*
- Balestrini, C. y Vinuesa, J. H. 1990. Estudio de las Corrientes Marinas en los Alrededores de la Península Ushuaia. *Contribución Científica CADIC. 10:39 p.*
- Beveridge, M. 2004. *Cage Aquaculture. Blackwell Publ. 3rd ed.*
- Bouman, H.; Ulloa, O.; Scanlan, D.; Zwirgmaier, K.; Li, W.; Platt, T.; Stuart, V.; Barlow, R.; Leth, O.; Clementson, L.; Lutz, V.; Fukasawa, M.; Watanabe, S. and S. Sathyendranath. 2006. Oceanographic Basis of the Global Surface Distribution of *Prochlorococcus* Ecotypes. *Science. Vol. 312 N° 5775 pp 918-921*
- Bray, R. H. & Kurtz, L. T. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci. 59: 39-45.*
- Bremner, J.M. 1965. Inorganic forms of nitrogen: 1179-1237. In: C.A. Black et al. (ed.) *Methods of soil analysis. Part .2. Agron. Monog 9 ASA and SSSA. Madison, WI.*
- Bremner J. M. and Mulvaney C.S. 1982. Nitrogen-Total. In: *Methods of soil analysis. (Ed. Page et al.). Part 2, Am. Soc. Agron. N9 in Agronomy Series (595-624).*
- Buschmann, A, H.; Riquelme, V.; Hernández-González, M. C.; Varela, D.; Jiménez, J. E.; Henríquez, L. A.; Vergara, P. A.; Guíñez, R. & L. Filón. 2006. A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. *ICES Journal of Marine Sciences 63: 1338-1345.*
- Buschmann, A, H.; Hernández-González, M. C.; Aranda, C.; Chopin, T.; Neori, A.; Halling, C. & M. Troell. 2008. Mariculture waste management. *Ecological Engineering: 2211-2217.*
- Buschmann, A, H; Cabello, F.; Young, K.; Carvajal, J & D. Varela. 2009. Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: Analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation system. *Ocean & Coastal Management 52: 243-249.*
- Daus F., 1978. Geografía del Canal Beagle. *Boletín 97 de GAEA (Soc. Arg. de Est. Geográficas). Bs. As.*
- Gyllonhammar, A & L. Hakanson. 2005. Environmental consequence analysis of fish farm emissions related to different scales and exemplified by data from the Baltic - a review. *Marine Env. Res 60: 211-243.*
- Hakanson L. 2008. Factors and criteria to quantify coastal area sensitivity/vulnerability to eutrophication: presentation of a sensitivity index based on morphometrical parameters. *Int. Rev. Hydrobiol. 93, 3: 372-388.*
- Hakanson L, Bryhn C. & T. Blenckner. 2007. Operational effect variables and functional ecosystem classifications - A review on empirical models for aquatic systems along a salinity gradient. *Int. Rev. Hydrobiol. 92 (3): 326-357.*
- Hakanson L., Ervik, A., Mäkinen, T. & B. Møller. 1988. Basic concept concerning assessments of environmental effects of marine fish farms. *Nordic Council of Ministers. Copenhagen, Denmark, 103 pp.*
- *Hernando M.1, Torres E.2, San Román N.1 and Hoffmeyer M.3. 2008. "Monitoreo planctónico y ambiental para el desarrollo sustentable del cultivo comercial de mejillón (Mytilus edulis chilensis) en la zona de Almanza, Canal Beagle (Tierra del Fuego)." Subproyecto A-B-62, Proyecto PNUD Arg /02/018: 43 pp.*
- Holm-Hansen, O., Lorenzen, C.J., Holmes, R.W. and Strickland, J.D.H., 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. *J. Cons. Int. Explor. Mer, 30, 3-15.*
- Holm-Hansen, O. and Riemann, B., 1978. Chlorophyll a determination: improvements in methodology. *Oikos, 30, 438-447.*
- Iturraspe, R.; Sottini, R.; Schroeder, C. y Escobar, J. 1989. Hidrología y Variables Climáticas del Territorio de Tierra del Fuego: Información Básica. *Contribución Científica 7, CADIC, 196 pp.*

Casalinuovo, M. A.

Factibilidad de la salmonicultura en C. Beagle. Informe Final

- Lesta, S. 1999. Proyecto "Introducción de nuevas tecnologías para el cultivo de nuevas especies de salmónidos". *Informe Final. Dirección de Pesca y Acuicultura. Subsecretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano. Gobierno de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur.* 46 pp.
- OECD. 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. *OECD, Paris, 154 pp.*
- Olsen, M. L., M Holmer & I. Olsen. 2008. Perspectives of nutrient emission from fish aquaculture in coastal waters. Literature review with evaluated state of knowledge. *FHF Project N° 542014. Final Report: 87 pp.*
- Pinto, F. 2008. La salmonicultura bajo el prisma de la sustentabilidad. *Publicaciones Fundación Terram. APP N° 45. 16 pp. (www.torram.cl)*
- Quiroz, R. 2002. Evaluación de la factibilidad de cría de salmónidos en los sitios Bahía Lapataia y paso Romanche (Canal de Beagle, Tierra del Fuego). *Informe Técnico Final: 42 pp.*
- Tantikitti, C., Sangpong W., and S. Chiavarecosajja. 2005. Effects of defatted soybean proteins levels on growth performance and nitrogen and phosphorous excretion in Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture 248:41-50.*
- Thatje, S & E. Mutschke. 1999. Distribution of abundance, biomass, production and productivity of macrozoobenthos in the sub-Antarctic Magellan Province (South America). *Polar Biol. 22: 31-37*
- Sterner, R. W. & J. J Elser. 2002. *Ecological stoichiometry. Princeton University Press.*
- Subasinghe, R. 2004. *Aquaculture in the global food supply. Rome. FAO.*
- Vollenweider, R. A. 1968. The scientific basis of lake eutrophication, with particular references to phosphorous and nitrogen as eutrophication factors. *Tech. Rep. DAS/DSI/68.27, OECD, Paris, 159 pp.*
- Wallace, R. A; Sanders, G. P and R. J. Ferl. 1991. *Biology: the science of life. Harper-Collins publ. NY.*