

·  
·  
·  
·  
·  
·  
·  
·  
·

---

***Evaluación de la Factibilidad de Cría de Salmónidos  
en los sitios Bahía Lapataia y Paso Romanche  
(Canal de Beagle, Tierra del Fuego)***

***Informe Final***

***Dr. Rolando Quirós***

Agosto, 2002



## Resumen Ejecutivo

Dentro de las industrias ligadas a la producción animal, actualmente se reconoce que la acuicultura no es, dentro de sus particularidades, una industria especial con riegos singulares. Sus sistemas de producción, sus prácticas y sus productos son comparables a los de muchas otras industrias y actividades humanas.

El presente Informe presenta los resultados del estudio de **factibilidad técnica** para instalar **20000 tn** de cultivos de salmón del Atlántico en sitios preseleccionados del Canal de Beagle. El mismo fue realizado sobre la información morfológica, climática, hidrológica existente y disponible y de una relativamente limitada información previa sobre concentraciones de fósforo y nitrógeno, complementadas por aquella proveniente de un muestreo extensivo realizado durante marzo de 2002.

Las características de los sitios preseleccionados permite evaluar como positiva la factibilidad de instalar 20000 tn de salmón del Atlántico en las aguas argentinas del Canal de Beagle, con modificaciones hacia arriba en la superficie áreal de parte de los sitios preseleccionados.

Las características morfométricas e hidrológicas del sitio **Isla Redonda**, analizado como la suma de la Bahía Lapataia y una zona aguas afuera de la Isla y con una superficie áreal

tal como fue preseleccionada, permiten recomendar la instalación, en una primera etapa, de una biomasa de **2000 tn** de salmón del Atlántico para progresivamente alcanzar, quizás, una biomasa máxima de **3000 tn** utilizando las aguas abiertas de Isla Redonda.

Las características morfométricas e hidrológicas del sitio **Paso Romanche**, en particular las relativamente altas velocidades del agua y la considerable capacidad de transporte de los desechos orgánicos hacia las zonas profundas que circundan el sitio, permite evaluar como positivo el instalar las restantes **18000 tn**. Sin embargo, la estimación obtenida se basa en una información hidrográfica y sobre concentraciones de nutrientes relativamente poco precisa. Por esto último es que se recomienda se realicen los Estudios de Sitio con posterioridad a la adjudicación pero previo a la entrada en operación de las granjas.

Por otra parte, la instalación de 18000 tn en el sitio **Paso Romanche** tal como fue preseleccionado, llevaría la densidad de peces por unidad de área de sitio a ser una de las concentraciones de peces más elevadas, ocasionadas por la industria, a nivel mundial. Ello lleva a recomendar que, para instalar 18000 tn de salmón del Atlántico en **Paso Romanche**, se extienda el área preseleccionada del sitio en por lo menos un 50% y que la instalación se realice progresivamente, por etapas, con un manejo adaptativo y responsable por parte de la industria y el adecuado control Provincial.

Actualmente existe considerable evidencia disponible, en la literatura científica y técnica, del como evaluar los riesgos potenciales del cultivo de salmón en jaulas flotantes. La mayoría de los problemas han sido estudiados con bastante detalle durante los últimos 20 años, en muchos ambientes similares en diferentes partes del mundo. Los resultados se encuentran bien documentados, y un denominador común es que la potencialidad de que se produzcan impactos ambientales negativos depende, primariamente, de las características del sitio de cultivo. La regla más importante en la gestión del riesgo ambiental es, por lo tanto, la selección cuidadosa del sitio de cultivo. En el Canal Beagle, el **Paso Romanche** cumple con buena parte de las características ambientales requeridas de un sitio como para instalar un cultivo de peces en jaulas con un relativamente bajo impacto ambiental.

Una revisión de la literatura científica y técnica disponible sobre la cría de salmón en jaulas flotantes permite seleccionar los tres puntos que conllevarán los impactos ambientales más importantes y el mayor riesgo de impactar sobre el ambiente, a saber:

- el impacto de los biodepósitos (heces y alimento no consumido por los peces) provenientes de las operaciones sobre el ambiente inmediatamente por debajo de las jaulas flotantes.

⋮



- el impacto de la acumulación de metales pesados en los sedimentos sobre las comunidades del bentos en las inmediaciones de las estructuras de cría.
- el impacto del uso de compuestos terapéuticos (medicamentos y pesticidas) sobre los organismos del ambiente.

Otros impactos de los cultivos de salmón en jaulas flotantes que, aunque de menor riesgo ambiental, deberán ser incluidos en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), incluyen:

- los efectos fisiológicos de bajas concentraciones de oxígeno disuelto sobre la biota de la columna de agua.
- los efectos tóxicos de las concentraciones de sulfhídrico y amonio provenientes de los biodepósitos sobre la biota de la columna de agua.
- los efectos tóxicos de las floraciones algales favorecidas por los nutrientes provenientes de la descomposición de los desechos orgánicos.
- los cambios en la comunidad epibentónica causados por la acumulación de desechos orgánicos en los sedimentos por debajo de las jaulas.
- la proliferación de patógenos humanos en el ambiente acuático.



- 
- la proliferación de patógenos para los peces, moluscos y otros organismos del ambiente acuático.
  - el aumento de la incidencia de enfermedades entre los peces silvestres.

Otros aspectos del cultivo de salmones en jaulas flotantes que, aunque provocan impactos ambientales generalmente mínimos o son fácilmente mitigados o manejados a través de la legislación, deberían también ser incluidos en la EIA, son:

- los escapes de salmones y sus efectos como especies exóticas.
  - competencia con las especies nativas por el alimento
  - predación sobre las especies nativas
  - vectores para la introducción de organismos patógenos exóticos
- los impactos sobre la salud humana, la seguridad y la propiedad.
  - contaminación del producto con metales pesados
  - inclusión en el alimento de productos animales de descarte
  - inclusión en el alimento de productos provenientes de organismos genéticamente modificados



- inclusión en el alimento de otros ingredientes y aditivos
- residuos de medicinas y otras drogas en el producto
- estado sanitario del producto
- peces de cultivo transgénicos
- seguridad e higiene del trabajo
- seguridad pública y peligros para la navegación
- impacto sobre el valor (monetario, estético, paisajístico, etc.) de la propiedad pública y privada

La EIA a realizar por los permisionarios debería ser completa, en el sentido de proponer las adecuadas medidas de mitigación de impactos.

El Canal Beagle, y en particular el sitio **Paso Romanche**, posee las características adecuadas para el cultivo de peces en jaulas flotantes. La literatura científico-técnica muestra que los impactos más importantes se producen en los sedimentos inmediatamente por debajo y en las cercanías de la zona de operación de las jaulas flotantes. Las altas tasas de recambio del agua en el sitio **Paso Romanche**, y las profundas fosas que lo circundan, lo indican como un sitio en el cual los principales impactos negativos pueden verse minimizados si se utilizan prácticas de manejo responsable.

•  
•  
•  
•  
•  
•  
•

---

Dentro de la inevitabilidad de los cambios ambientales que producen las actividades de desarrollo, los cambios que serán provocados por la instalación de 20000 tn de cultivo de salmón en el **Canal de Beagle** serían, al presente, manejables dentro de los marcos del desarrollo sustentable de los ecosistemas marinos costeros. Una vez seleccionados y adjudicados los sitios de cultivo, la gestión responsable de los mismos deberá entonces estar basada tanto en la legislación como en la aplicación de prácticas de manejo responsable por parte de los permisionarios.

Sin embargo, tales impactos deberán ser correctamente evaluados y manejados por los adjudicatarios de las licencias de cría, y adecuadamente valorados por la Provincia. Por otra parte, las condiciones que deberían ser cumplidas por los adjudicatarios / permisionarios con posterioridad a la adjudicación de los sitios se detallan en éste Estudio.

Como Anexo II del presente Informe se recomiendan algunas de las condiciones que deberían ser cumplidas por las empresas que se presenten a las licitaciones de sitios para emprendimientos de acuicultura en aguas del Canal de Beagle.



# ***Contenidos***

<b>1. La Acuicultura en Jaulas Flotantes y su Impacto sobre el Ambiente</b>	<b>10</b>
<b>2. Características Generales de los Cultivos en Jaulas de Salmón del Atlántico</b>	<b>11</b>
<b>3. Características Morfológicas e Hidrológicas de los Sitios Preseleccionados</b>	<b>12</b>
<b>4. Capacidad de Carga de los Sitios Preseleccionados</b>	<b>15</b>
<b>5. Carga y Balance de Nutrientes de los Sitios Preseleccionados</b>	<b>16</b>
<b>6. Contribución Relativa de los Sitios Preseleccionados a la Carga Total Estimada de Nutrientes</b>	<b>18</b>
<b>7. Los Riesgos Ambientales de la Cría de Salmones en Jaulas Flotantes y como Manejarlos</b>	<b>23</b>
<b>8. Requisitos para la Instalación de las Granjas de Jaulas</b>	<b>28</b>
<b>8.1. Estudio Hidrográfico del Sitio</b>	<b>28</b>
<b>8.2. Estudio de las Características del Lecho del Sitio y su Monitoreo</b>	<b>30</b>
<b>8.3. Estudio y Monitoreo de la Concentración de Nutrientes en el Sitio</b>	<b>33</b>
<b>9. Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>35</b>
<b>Bibliografía y Anexos</b>	<b>36</b>

## 1. La Acuicultura en Jaulas Flotantes y su Impacto sobre el Ambiente

Un sitio para el cultivo de salmón en el océano básicamente consiste en un complejo de edificios y estanques ubicados en la costa y de un complejo de jaulas flotantes ubicadas en aguas abiertas. Como todas las actividades humanas, y la producción animal en particular, la acuicultura de salmónidos en jaulas flotantes tiene tanto beneficios sociales y económicos como efectos poco deseables sobre el medio ambiente. Durante la última década la industria de la acuicultura del salmón en jaulas ha cambiado drásticamente. La investigación en métodos de reducción de las descargas de desechos y el desarrollo de alimentos tendientes a aumentar las tasas de conversión han contribuido a aliviar sus impactos negativos sobre el medio ambiente.

Entre los impactos no deseados son de destacar aquellos provocados por las cantidades de materia orgánica, fósforo y nitrógeno que se descargan al medio ambiente adyacente, tanto marino como de agua dulce. Esto último no diferencia a la industria de las otras industrias agropecuarias, las descargas de nutrientes actúan como fuentes difusas de difícil, y muchas veces imposible, control en las fuentes. Por lo tanto, a nivel regional, la evaluación de la importancia, tanto absoluta como relativa, de las descargas de fósforo (P) y nitrógeno (N) es uno de los primeros pasos a cumplimentar en la evaluación de la factibilidad de desarrollo de la acuicultura en jaulas en un determinado sitio (Beveridge, 1983, 1996). Los impactos de las descargas de desechos son particularmente importantes en sitios poco profundos con bajo recambio de agua.

En zonas costeras relativamente desarrolladas, la industria de la acuicultura en jaulas es un usuario más de los recursos del ecosistema acuático. Uno de los principales interesados en un medio ambiente de alta calidad relativa es la propia industria, ya que un medio acuático relativamente saludable es una de las condiciones necesarias para el buen crecimiento de los peces y, por lo tanto, la obtención de beneficios económicos. Sin embargo, un sitio puede cumplir con las condiciones apropiadas para instalar acuicultura de salmón en jaulas pero ello de ninguna manera indica que se vean minimizados otros efectos generalmente valorados como negativos. Entre ellos, los más relevantes se destacan los impactos sobre la fauna bentónica producidos por la materia orgánica particulada en las cercanías inmediatamente debajo de las jaulas, el desarrollo de floraciones

algales en las inmediaciones de los agrupamientos de jaulas, los impactos sobre las aves, los mamíferos marinos, y otras especies, los escapes de salmones, la liberación de gases tóxicos desde el sedimento anóxico, las cargas de antibióticos y otras sustancias químicas utilizadas como medicinas para los peces o como anti “fouling” de las bolsas-red, y el aumento general de la productividad biológica en las inmediaciones de los sitios de cultivo. Esto último, al igual que los escapes, puede constituirse en un impacto positivo sobre el aprovechamiento humano de ciertos componentes de la biota nativa y aún de los salmones introducidos. Todos estos impactos deberían ser considerados en la evaluación ambiental de todo proyecto productivo, así como proponer aplicar las medidas de prevención y mitigación adecuadas. Los impactos producidos por los peces muertos durante la cría y los desechos del procesado del producto generalmente se manejan con técnicas similares a las aplicadas en las modernas industrias agropecuarias y de producción de alimentos. Otros impactos generalmente no deseados de los cultivos de peces en jaulas flotantes incluyen a los impactos sobre el paisaje, el carácter de uso de los sitios (por ejemplo reservas naturales o zonas protegidas) y el uso turístico de los sitios. Algunos de estos impactos se resuelven con leves modificaciones en la ubicación de los agrupamientos de jaulas, otros en el campo general del manejo científico de zonas costeras, y por último, en la arena de la toma de decisiones sobre el desarrollo.

## **2. Características Generales de los Cultivos en Jaulas de Salmón del Atlántico**

La moderna industria de la acuicultura de salmón del Atlántico en jaulas generalmente utiliza dietas de alta energía y menores niveles de nutrientes. Por cada tonelada de salmón producida estos descargan 0.16 tn de materia orgánica, que cuando se le suma la proveniente del alimento desechado, alcanza un total descargado de 0.33 tn de materia orgánica por cada tonelada de salmón producida (BC, 1997).

Como resultado de los avances en la nutrición y alimentación de salmónidos, en particular para el salmón del Atlántico, realizados durante la última década la cantidad de alimento que se necesita para producir un kilogramo de salmón ha disminuido en más de 3.5 veces desde el nacimiento de la industria en Noruega y unas 1.3-2.0 veces desde 1985. Las tasas de conversión de alimento en la

industria salmonera de British Columbia actualmente son de alrededor de 1.15 para el salmón del Atlántico (BC, 1997).

Los niveles de fósforo en las modernas dietas de alta energía varían en 1.0%-1.4% en peso seco. Sin embargo, los desarrollos actuales tienden a mejorar la retención de P disminuyendo los requerimientos dietarios a niveles muy poco por encima de las necesidades del salmón en ambientes naturales. A nivel experimental ya se han logrado resultados aceptables con contenidos de fósforo que oscilan entre 0.5% y 0.8% del peso seco del alimento. Por otra parte, los niveles de nitrógeno han disminuido de un 7% a un 6% del peso seco del alimento (BC, 1997).

### **3. Características Morfológicas e Hidrológicas de los Sitios Preseleccionados**

En la descripción de las características morfológicas e hidrológicas de los tramos medios del Canal de Beagle se seguirá principalmente el resumen realizado por Balestrini et al. (1998). Desde la altura de la Isla Gable hacia el oeste aparece una cuenca de entre 150 y 200 m de profundidad que se extiende hasta las inmediaciones de las islas Bridges, extremo este del Sitio denominado aquí como Paso Romanche. Dicha cuenca se extiende hacia el sur de la Bahía de Ushuaia, donde la profundidad disminuye sensiblemente hacia el sitio Paso Romanche (ver Fig. 1). En este tramo del canal el lecho se encuentra conformado por sectores de arena gruesa y conchilla, como así también por material fino y arcillas, por lo general depositados en los cauces más profundos, donde las corrientes tienen menor velocidad. Una segunda cuenca cubre el tramo comprendido entre la elevación del fondo antes señalada y la Isla Gordon, a lo largo de la misma se verifican altas profundidades de hasta 250 m. Esta cuenca se extiende al oeste del sitio Paso Romanche y al sur del Sitio aquí denominado Isla Redonda (Fig. 1). Este último sitio será considerado luego en dos partes de aproximadamente la misma superficie áreal, Bahía Lapataia e Isla Redonda (ver Fig. 2 y Tabla 1). Ambos sitios preseleccionados son sitios de baja profundidad relativa en el tramo de canal considerado, poseen adecuadas características morfométricas para la instalación de jaulas de salmones, menor profundidad

relativa, mayor protección de los vientos predominantes en la zona (ver mas adelante) y pronunciada pendiente que permitiría localizar en profundidad los aportes de materia orgánica provenientes de los cultivos. La Bahía Lapataia sería una excepción a algunas de dichas características dado su boca relativamente más cerrada y a su altamente probable funcionamiento estuarino.

Las aguas del Canal de Beagle circulan de oeste a este, y esta circulación se ve favorecida por la preponderancia de vientos del Oeste y Sudoeste (ver Balestrine et al., 1998 para una recopilación). Según Balestrine et al. (1998), el tramo comprendido entre el umbral ubicado al sur de las islas Bridges y la isla Gable parece comportarse como un cuerpo de agua con características de cuenca semicerrada, que estratifica térmicamente y químicamente hacia el verano (Fig. 4) produciéndose la mezcla total de la columna de agua durante el invierno. La cuenca ubicada hacia el sudoeste del sitio Paso Romanche y al sur del sitio Isla Redonda posiblemente posea características similares. Ello favorecería el atrape de gran parte de los nutrientes provenientes de los sitios de cultivo preseleccionados, y su no-disponibilidad para el crecimiento algal durante la estación de crecimiento.

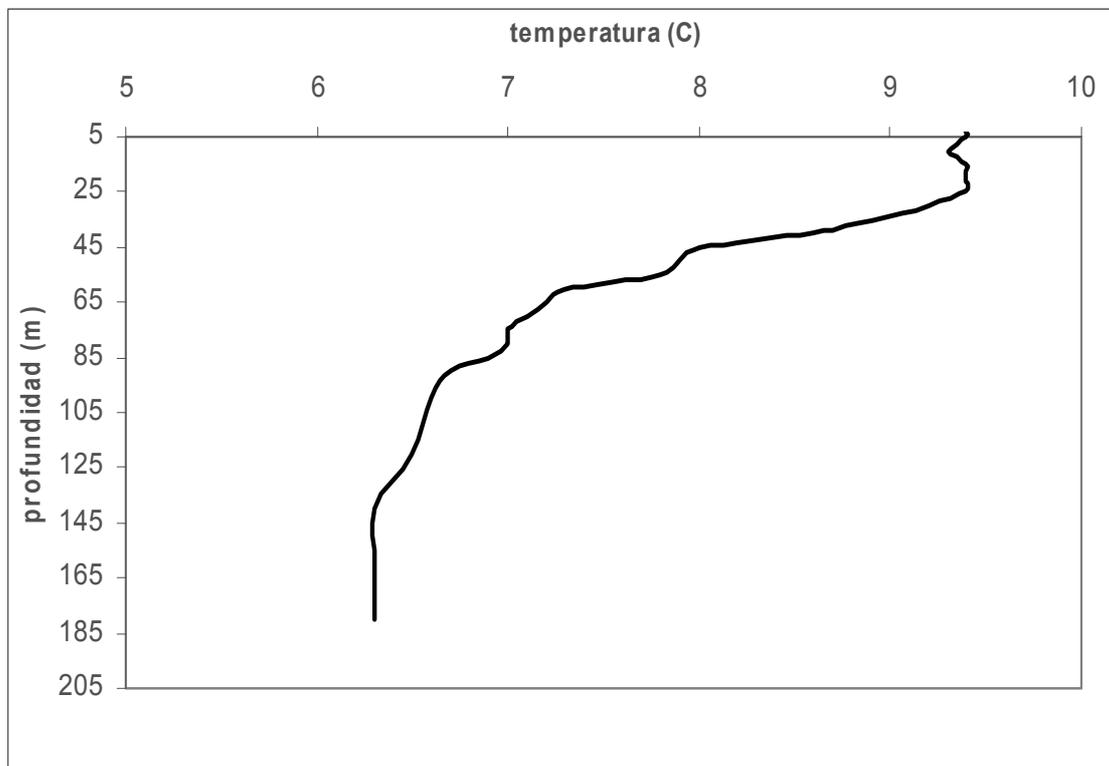


Figura 4. Estratificación térmica en el Canal de Beagle durante el verano (modificada de Balestrini et al.,1998).

Las mareas presentes en el Canal de Beagle son del tipo “semidiurno”, lo que significa que cada aproximadamente 24 horas tienen lugar dos pleamares y dos bajamares. La amplitud media de la marea astronómica para el canal puede considerarse como 1.20 m (ver Balestrine et al., 1998). Este es el valor que fue considerado en este Informe para el cálculo del tiempo de permanencia del agua en los sitios preseleccionados. La entrada de un volumen equivalente a 1.20 m la superficie del sitio dos veces por día fue considerado para el Sitio Paso Romanche y para el Sitio Isla Redonda afuera. Por otra parte, el tiempo de permanencia del agua en el sitio Bahía Lapataia fue estimado por el método del prisma de marea (Dyer, 1973), es decir, la entrada de un volumen equivalente a 1.20 m la superficie del sitio una vez por día fue considerado; a dicho volumen le fue sumado un volumen de agua equivalente a la entrada media anual desde el lago Roca durante 24 horas (Tabla 1).

Según Balestrine et al. (1998), tanto la dirección del viento promedio como la mayor frecuencia de vientos máximos diarios, corresponden a la dirección sudoeste (SW). La velocidad media de los vientos provenientes del SW fue, para la serie de tiempo estudiada, de 31 km/h.

Las velocidades de corriente en los sitios Paso Romanche e Isla Redonda afuera serían adecuadas para la instalación de jaulas de cría de salmón del Atlántico. Para el sitio Paso Romanche, las velocidades de corriente en superficie oscilan alrededor de 25 cm/s durante la mayor parte del ciclo de marea (Balestrine et al., 1998) (ver Figuras 5 a 8). A estas velocidades de corriente se deben adicionar las velocidades provocadas por los fuertes vientos del SW (Figuras 9 y 10). Ello representaría velocidades adecuadas en profundidad para la dispersión de los desechos sólidos provenientes de los agrupamientos de jaulas situados en el sitio Paso Romanche. Con respecto a las velocidades de corriente para el Sitio Isla Redonda, estas son apreciablemente menores durante el ciclo de marea, como era de esperar dado su ubicación costera (ver Figuras 5 y 7). Sin embargo, el sitio tendría un buen recambio de bidireccional agua, y adecuadas velocidades de fondo, cuanto soplen los predominantes, frecuentes, y fuertes vientos del SW. El sitio Bahía Lapataia se presenta como el más problemático en lo que respecta a sus características morfométricas e hidrológicas para la cría de peces en jaulas. Parte de los problemas descansan en la alta incertidumbre proveniente de la falta de información sitio específica o la pobre calidad de la poca información existente. Con dicha información, y trabajando sobre analogías

con otros sitios en el sur de Chile (IFP, 1986), se estimó una carga de peces comparativamente más reducida para dicho sitio. Su boca, relativamente ancha cuando se lo compara con sitios tipo fiordo, y la entrada de agua dulce desde el lago Roca, asegurarían un adecuado recambio de agua para la biomasa máxima propuesta.

Las áreas y profundidades de los sitios preseleccionados fueron calculadas utilizando la información proveniente de la Carta Náutica H-477 (SHN, 1989) y tal como están delimitados en las Figuras 4a y 4b.

Tabla 1. Características morfométricas e hidrológicas de los sitios preseleccionados en el Canal de Beagle. A, superficie del sitio; Zmean, profundidad media; V, volumen de agua; Vin, volumen de agua ingresado por día; Tw, tiempo de permanencia medio anual del agua.

	A (ha)	Zmean (m)	V (hm <sup>3</sup> )	Vin (hm <sup>3</sup> /día)	Tw (días)
Bahía Lapataia	328	23	75	5.6	13.6
Isla Redonda	331	26	86	7.9	10.8
Paso Romanche	3719	44	1637	89.3	18.3
total	4378		1798	103	

#### 4. Capacidad de Carga de los Sitios Preseleccionados

Como una primera aproximación a la localización de una producción de 20000 tn de salmón del Atlántico a los sitios preseleccionados, dicha cantidad fue pesada según el área superficial, el volumen y el volumen ingresado por unidad de tiempo de cada uno de los sitios (Tabla 2). Dichas estimaciones obviamente no son independientes pero se encuentran sesgadas hacia la superficie y el caudal de agua que renueva el sitio. Las 20000 tn fueron distribuidas tal como se

⋮

expresan en la Tabla 2, tomando en consideración principios de precaución con respecto al ambiente marino.

Tabla 2. Propuesta de carga de 20000 tn de salmón del Atlántico según las características morfométricas e hidrológicas de los sitios preseleccionados. A, superficie del sitio; V, volumen de agua; Vin, volumen de agua ingresado por día.

	total		20000		carga
pesado por	por A	por V	por Vin	promedio	(tn)
Bahía Lapataia	1499	839	1081	1140	<b>1000</b>
Isla Redonda	1511	956	1545	1337	<b>1000</b>
Paso Romanche	16991	18204	17374	17523	<b>18000</b>
total	20000	20000	20000	20000	<b>20000</b>

Los sitios costeros de Bahía Lapataia e Isla Redonda, con velocidades de fondo con alta probabilidad de ser bastante inferiores al sitio Paso Romanche (ver arriba) fueron levemente sopesados hacia menores cargas de peces. De todas formas, estas cantidades deberán ser ajustadas durante la operación mediante el manejo adaptativo de los sitios y una información confiable surgida del monitoreo de los mismos. Se recomienda que, para la producción de 18000 tn de salmón en el sitio Paso Romanche, la superficie de este sitio sea aumentada en un 50% hasta alcanzar unas 5000 hectáreas.

## 5. Carga y Balance de Nutrientes de los Sitios Preseleccionados

Los balances de nutrientes para los sitios Paso Romanche, Bahía Lapataia e Isla Redonda afuera fueron realizados considerando cuatro alternativas tecnológicas contrastantes en lo que respecta a sus impactos potenciales sobre el medio acuático. Si bien solo serán consideradas las tasas de conversión (FCR) y

los contenidos de fósforo (P) y nitrógeno (N) de las dietas, ambos factores tiene su correlato tecnológico en el origen de los insumos utilizados así como en la tecnología industrial utilizada para su fabricación. Por una parte, para los cálculos realizados se consideraron dos tasas de conversión del alimento por parte de los peces (FCR iguales a 1.5 y 1.0). Por otra parte, fueron considerados dos niveles de contenidos de nutrientes en el alimento a ser utilizado (Tabla 3). Obviamente, las menores tasas de conversión (mayor aprovechamiento del alimento por parte de los peces) y los menores contenidos de nutrientes en las dietas secas indican un menor impacto sobre el medio, por unidad de salmón producida. La alternativa con la menor FCR y los menores niveles de P y N es la alternativa 1a (ver Tabla 3).

Tabla 3. Entradas totales de fósforo (P) y nitrógeno (N) debidos al cultivo de 20000 tn de salmón del Atlántico en jaulas flotantes, en el tramo de Canal de Beagle preseleccionado para la producción. Dos niveles de manejo ambiental han sido considerados. Alternativas 1 y 2, dietas modernas de alta energía y bajo contenido de P y dietas con mayores niveles de P, respectivamente. Alternativas a y b, tasas de conversión de alimento (FCR) bajas, similares a las que tiene la industria moderna, y las FCR de la industria en la década de los 80, respectivamente.

FCR	alimento (tn)	%P	%N	total P (tn)	total N (tn)	alternativa
1	20000	0.8	6	160	1200	<b>1a</b>
1.5	30000	0.8	6	240	1800	<b>1b</b>
1.2	24000	1.0	6	240	1440	<b>1b'</b>
1	20000	1.5	7	300	1400	<b>2a</b>
1.5	30000	1.5	7	450	2100	<b>2b</b>

El contenido de P de los peces a ser cosechados fue estimado como un 0.48% de P en peso húmedo de salmónido total (Beveridge, 1983). Por otra parte, la relación TN:TP para los peces es, en general, ligeramente menor a 5. Según esas estimaciones, la cosecha de una tonelada de salmón equivale a una salida de 4.8

kg de fósforo y 24.0 kg de nitrógeno del sistema. En cada uno de los sitios preseleccionados, y para cada una de las alternativas de producción consideradas, se calcularon las entradas netas anuales por unidad de área de sitio para el fósforo y el nitrógeno (Tabla 4). Como es de esperar, las diferencias en la tasa de conversión y en los contenidos de P y N del alimento se ven reflejadas en las cargas por unidad de área a los sitios preseleccionados (ver Tabla 4). Por sus menores cargas de nutrientes, la **alternativa 1a** aparece como la ambientalmente más deseable, pero podría resultar poco interesante para la industria actual, dado que debería utilizar tecnologías que, en algunos casos, están en etapa de desarrollo. Por consiguiente, la **alternativa 1b** sería tanto técnica como económicamente aplicable. Esta última alternativa coincide, en lo que a sus efectos ambientales se refiere, con la norma de aplicación por parte de una industria salmonera ambientalmente responsable, por ejemplo la industria de los países desarrollados. Esta industria utiliza una dieta seca con un máximo de 1% de fósforo total, y formulada y manejada con el objetivo de obtener un factor de conversión (FCR) no mayor a 1.2 (Tabla 4, **alternativa 1b'**).

## **6. Contribución Relativa de los Sitios Preseleccionados a la Carga Total Estimada de Nutrientes**

La información para las concentraciones totales de fósforo y nitrógeno de los sitios Paso Romanche, Bahía Lapataia e Isla Redonda fueron determinadas, en superficie y profundidad, en marzo de 2002 (Anexo IV). Información complementaria sobre las formas inorgánicas solubles fue proporcionada por el Dr. Oscar Amin (CADIC). Las concentraciones de fósforo total (TP) y de nitrógeno total (TN) en la columna de agua fueron estimadas, de forma complementaria a la obtenida en marzo de 2002, a partir de las concentraciones de clorofila (Chl) de zonas costeras de la Bahía de Ushuaia (Oscar Amín, inf. no publicada). Las concentraciones de clorofila a equivalente para las zonas menos polucionadas raramente excedieron los 1.0 mg/m<sup>3</sup>, y su valore generalmente oscilaron entre 0.5 y 0.7 mg/m<sup>3</sup>. Tal información permite estimar concentraciones de TP y de TN de alrededor de 25 mg/m<sup>3</sup> y 500 mg/m<sup>3</sup> respectivamente. Por otra parte, las concentraciones medias de TP y TN en marzo de 2002 fueron, respectivamente, de 31 mg/m<sup>3</sup> y 190 mg/m<sup>3</sup> en Bahía Lapataia y 49 mg/m<sup>3</sup> y 221 mg/m<sup>3</sup> en Paso Romanche (Tabla 4).

Tabla 4. Concentraciones de nitrógeno (TN) y fósforo (TP) totales en los sitios preseleccionados del Canal de Beagle en marzo de 2002 (en mg/m<sup>3</sup>).

	TN	TP
Paso Romanche Este	195	19
Paso Romanche Oeste	246	80
Bahía Lapataia adentro y centro	173	44
Bahía Lapataia afuera, este IR	207	19

Con dichos valores y los volúmenes de agua ingresados a cada uno de los sitios por unidad de tiempo (ver Tabla 1), se calculó la carga de P y N hacia los mismos y provocada por las mareas. Esta estimación es la sobre-estimación pero posible dado la falta de información de corrientes netas en el tramo de Canal considerado, salvo su dirección WE (Tabla 6). La proporción de la carga total que ocasionaría la instalación de 20000 tn según la **alternativa 1b** (ver Tabla 5) se muestra en la Tabla 6. Según esta alternativa, los cultivos serían responsables de 16% y 10% de la carga de N para los sitios Bahía Lapataia adentro y afuera respectivamente. Por otra parte, el cultivo de salmón sería responsable del 14% de la entrada total de N en el sitio Paso Romanche. La contribución de la cría de salmón a la carga de P oscilaría entre 4% y 12% según el sitio de que se trate, pero sería más importante en Isla Redonda, seguido de Bahía Lapataia y Paso Romanche (Tabla 6). La importancia de las suposiciones realizadas para obtener tales estimaciones, en gran parte invalida sus resultados absolutos. Sin embargo, su valor reside en que las cargas producidas por la cría de salmones serían relativamente importantes con respecto a la carga natural. Esto muestra ventajas y desventajas. Las cargas de nutrientes totales a ser producidas por la cría de salmón no son excesivamente altas. Su importancia relativa, cuando son comparadas con las cargas relativas en países desarrollados, lo es, básicamente, porque el tramo de Canal Beagle considerado es naturalmente poco productivo y la región tiene un bajísimo nivel de desarrollo.



Cuando se considera la **alternativa 1a**, las carga relativa producto de la cría de peces obviamente disminuye, aumentando para las **alternativas 2** (ver Tabla 3) que utilizan dietas con mayores contenidos de nutrientes.

Para visualizar la dimensión de la carga total de nutrientes producida por la cría de salmón sobre el tramo de Canal de Beagle considerado, se compararan la descarga producida por la alternativa ambientalmente más amigable o menos dañina (1a), según se prefiera, con la carga producida por la Ciudad de Ushuaia actual. Instalar la **alternativa 1a** equivaldría a una descarga de P ligeramente menor a la de la Ciudad de Ushuaia actual (Tabla 7). Por otra parte, la instalación de la **alternativa 1b** equivaldría a la carga de P de una Ciudad de Ushuaia con un poco menos del doble de habitantes que en la actualidad.

Tabla 5. Cargas anuales netas de fósforo (P) y de nitrógeno (N) por unidad de área (kg/ha/año) debida a una producción total anual de salmón del Atlántico de 20000 tn tal como fuera distribuida provisoriamente en los sitios preseleccionados en el punto 4.

alternativa	1a		1b		2a		2b	
	carga P	carga N						
Bahía Lapataia	10	110	22	201	31	140	54	247
Isla Redonda afuera	10	109	22	200	31	139	54	245
Paso Romanche	15	174	35	319	49	223	86	392

Tabla 6. Estimación de la carga de nutrientes para diversas fuentes y la contribución relativa de la cría de salmón del Atlántico según la alternativa 1b.

	salmón, alt. 1b		marea		total		cultivo salmón 1b	
	carga P	carga N	carga P	carga N	carga P	carga N	%	
	(kg/ha/año)							
	carga P	carga N	carga P	carga N	carga P	carga N	carga P	carga N
Bahía Lapataia	22	201	269	1071	291	1272	7.5	15.8
Isla Redonda afuera	22	200	164	1811	186	2011	11.7	9.9
Paso Romanche	35	319	433	1932	467	2251	7.5	14.2
Romanche 1/2 carga	17	160	433	1932	450	2091	3.9	7.6
Romanche 2/3 carga	23	213	433	1932	456	2145	5.1	9.9

Tabla 7. Entrada de nutrientes totales hacia el Canal Beagle. Comparación entre la cría de 20000 tn de salmón (kg/año) y la ciudad de Ushuaia actual (kg/año).

alternativa	cultivo de salmón (CS)		ciudad de Ushuaia actual (CUA)		CS:CUA	
	TP	TN	TP	TN	P	N
1a	64000	720000	81200	275800	0.79	2.61
1b	144000	1320000	81200	275800	1.77	4.79
2a	204000	920000	81200	275800	2.51	3.34
2b	354000	1620000	81200	275800	4.36	5.87

## 7. Los Riesgos Ambientales de la Cría de Salmones en Jaulas Flotantes y como Manejarlos

En esta Sección se consideran los principales riesgos ambientales y se listan las condiciones básicas que deberían ser incluidas en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) para la instalación del cultivo de 20000 toneladas de salmón en los sitios Paso Romanche y Bahía Lapataia (Canal de Beagle).

### A. Asuntos que conllevan los mayores riesgos ambientales

Una revisión de la literatura científica y técnica disponible sobre la cría de salmón en jaulas flotantes (Nash, 2001) permite seleccionar los tres puntos que conllevarán los impactos ambientales más importantes y el mayor riesgo de impactar sobre el ambiente, a saber:

- el impacto de los biodepositos (heces y alimento no consumido por los peces) provenientes de las operaciones sobre el ambiente inmediatamente por debajo de las jaulas flotantes.

- el impacto de la acumulación de metales pesados en los sedimentos sobre las comunidades del bentos en las inmediaciones de las estructuras de cría.
- el impacto del uso de compuestos terapéuticos (medicamentos y pesticidas) sobre los organismos del ambiente.

La EIA a realizar por los permisionarios debería ser completa, en el sentido de proponer las adecuadas medidas de mitigación de impactos. La verificación continua del estado de los sedimentos debajo y alrededor de diversos sitios de cultivo distribuidos mundialmente ha producido una base de datos extensa sobre la información química y biológica necesaria para predecir los efectos ambientales de la cría de salmón en jaulas flotantes (Nash, 2001).

## **B. Asuntos que generalmente conllevan un menor riesgo ambiental**

Otros impactos de los cultivos de salmón en jaulas flotantes que, aunque de menor riesgo ambiental, deberían ser incluidos en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), incluyen:

- los efectos fisiológicos de bajas concentraciones de oxígeno disuelto sobre la biota de la columna de agua.
- los efectos tóxicos de las concentraciones de sulfhídrico y amonio provenientes de los biodepositos sobre la biota de la columna de agua.
- los efectos tóxicos de las floraciones algales favorecidas por los nutrientes provenientes de la descomposición de los desechos orgánicos.
- los cambios en la comunidad epibentónica causados por la acumulación de desechos orgánicos en los sedimentos por debajo de las jaulas.
- la proliferación de patógenos humanos en el ambiente acuático.
- la proliferación de patógenos para los peces, moluscos y otros organismos del ambiente acuático.
- el aumento de la incidencia de enfermedades entre los peces silvestres.



### **C. Asuntos que generalmente conllevan un riesgo ambiental pequeño o poco significativo**

Otros aspectos del cultivo de salmones en jaulas flotantes que, aunque provocan impactos ambientales generalmente mínimos o son fácilmente mitigados o manejados a través de la legislación, deberían también ser incluidos en la EIA, son:

- los escapes de salmones y sus efectos como especies exóticas.
  - competencia con las especies nativas por el alimento
  - predación sobre las especies nativas
  - vectores para la introducción de organismos patógenos exóticos
- los impactos sobre la salud humana, la seguridad y la propiedad.
  - contaminación del producto con metales pesados
  - inclusión en el alimento de productos animales de descarte
  - inclusión en el alimento de productos provenientes de organismos genéticamente modificados
  - inclusión en el alimento de otros ingredientes y aditivos
  - residuos de medicinas y otras drogas en el producto
  - estado sanitario del producto
  - peces de cultivo transgénicos
  - seguridad e higiene del trabajo
  - seguridad pública y peligros para la navegación
  - impacto sobre el valor (monetario, estético, paisajístico, turístico, etc.) de la propiedad pública y privada

.....

---

## **D. El manejo del riesgo y la incertidumbre en los cultivos de salmón en jaulas flotantes**

### **D1. *En lo que respecta al medio ambiente***

Existe actualmente considerable evidencia disponible, en la literatura científica y técnica, de como evaluar los riesgos potenciales del cultivo de salmón en jaulas flotantes. La mayoría de los problemas han sido estudiados con bastante detalle durante los últimos 20 años, y en muchos ambientes similares en diferentes partes del mundo. Los resultados se encuentran bien documentados, y un denominador común es que la potencialidad de que se produzcan impactos ambientales negativos depende, primariamente, de las características del sitio de cultivo. La regla más importante en la gestión del riesgo ambiental es, por lo tanto, la selección cuidadosa del sitio de cultivo.

Una vez seleccionados y adjudicados los sitios de cultivo, la gestión responsable de los mismos deberá entonces estar basada tanto en la legislación como en la aplicación de prácticas de manejo responsable por parte de los permisionarios.

La literatura científica indica que los impactos más importantes se producen en los sedimentos inmediatamente por debajo y en las cercanías de la zona de operación de las redes jaula. La verificación continua del estado de los sedimentos debajo y alrededor de diversos sitios de cultivo debería ser una actividad permanente para manejar los efectos ambientales indeseados. Los parámetros clave a ser monitoreados incluyen el tamaño de partícula del sedimento, el total de sólidos volátiles o el carbón orgánico total, el potencial de oxido-reducción en la interfase sedimento-agua, la concentración de sulfhídrico libre y la evaluación de la comunidad de invertebrados del bentos.

El estudio de los sedimentos por períodos prolongados ha permitido conocer que la recuperación química y biológica del sustrato debajo y alrededor de los sitios de cultivo ocurre naturalmente, si se prevé la rotación de los lugares de emplazamiento de las jaulas de engorde como práctica de manejo. La recuperación fisicoquímica de los sedimentos puede tardar semanas o meses en algunos sitios, y entre dos a tres de años en otros. La recuperación biológica de los sedimentos sigue temporalmente a la recuperación química, y la velocidad de

la recuperación depende generalmente del reclutamiento estacional de la fauna bentónica (Nash, 2001).

**D2. *En lo que respecta a la salud humana y la seguridad***

El cultivo de salmón en jaulas flotantes es una industria global relativamente novedosa y generalmente muy regulada. En los países desarrollados, o en aquellos con industrias que adoptan prácticas de manejo responsable, los salmónidos no pueden cultivarse bajo condiciones que puedan poner en peligro la salud humana sea por exposición a contaminantes ambientales o a organismos patógenos. Por ejemplo, en los Estados Unidos de América (EUA) el salmón de cultivo no puede tratarse con ningún medicamento o compuesto que no haya sido aprobado por la agencia nacional de administración de Drogas y Alimentos (FDA). La salud y la seguridad de los trabajadores son similarmente protegidas por la legislación que regula el trabajo en la industria. En 1995, la Organización para la Agricultura y la Alimentación de Naciones Unidas (FAO) adoptó formalmente el Código de Conductas Responsables para la Acuicultura, el que fue seguido en 1997 por un detallado documento denominado Acuicultura Responsable al Nivel de Producción. Estos documentos detallan las áreas de interés con respecto al uso responsable, seguro, y efectivo de los alimentos y sus aditivos, los quimioterápicos y otros compuestos químicos y toda otra práctica que pueda poner en riesgo la salud humana. Los aspectos ligados a la seguridad alimentaria de los organismos acuáticos de cultivo han sido evaluados por la Organización Mundial de la Salud a través de un comité especial de la Comisión del Código Alimentario. Los EUA también ha desarrollado sus propias directivas nacionales que regulan la seguridad de todos los productos acuáticos incluidos los productos cultivados.

La industria de cultivo de salmón en jaulas del oeste de EUA y Canadá ha desarrollado un sistema de control de calidad integrando medidas de control de seguridad alimentaria desde la granja hasta el consumidor. Desde sus inicios, esta industria ha estado aplicando métodos de análisis de riesgo y de punto crítico de control (HACCP), y se encuentran ya publicadas sus Prácticas de Mejor Manejo (BMP) (BCSFA, 1999).

•  
•  
•  
•  
•  
•  
•  
•  
•  
•

---

### **D3. En lo que respecta a los escapes de peces**

Es relativamente frecuente que la industria de la cría de salmones en jaulas flotantes informe sobre la ocurrencia de accidentes que permiten el escape de los peces bajo cultivo (Beveridge, 1996). Es probable que tales accidentes continúen ocurriendo debido principalmente a eventos meteorológicos singulares o a errores humanos. Las posibles consecuencias negativas de esos escapes se han venido controlando, por lo menos en parte, a través de la desregulación de la pesca de los peces escapados y el monitoreo de su abundancia (Nash, 2001). Este tipo de respuesta sería la práctica efectiva para minimizar los impactos de los escapes, en paralelo con el desarrollo de los adelantos tecnológicos adicionales necesarios. Las mejoras en el diseño e ingeniería de jaulas flotantes y de sus anclajes, y el uso de redes de nuevos materiales, están continuamente reduciendo los escapes debidos a fallas estructurales o a daños producidos por los grandes predadores.

## **8. Requisitos para la Instalación de las Granjas de Jaulas**

### **8.1. Estudio Hidrográfico del Sitio**

#### Introducción

La información hidrográfica del sitio de instalación de una granja de jaulas flotantes es esencial para evaluar y manejar adecuadamente los probables impactos producidos por el funcionamiento de la misma. Por ejemplo, los datos pueden usarse para modelar la dispersión alrededor del sitio e identificar el área de impacto máximo. Esto puede calcularse a partir de la información sobre las velocidades de corriente y la batimetría en los alrededores del sitio de instalación. En general, cuanto más alto sea el rango de velocidades, mayor será la dispersión. De esa manera la información hidrográfica puede utilizarse en el modelando predictivo del impacto de las heces, del alimento no aprovechado, de las medicinas y otros compuestos químicos y, consecuentemente, para manejar la biomasa máxima aprobada para el sitio, los períodos de descanso del mismo y la rotación de las jaulas. Un estudio hidrográfico del sitio de instalación de una granja de jaulas flotantes es actualmente una condición necesaria para la aprobación definitiva de la instalación. Por ejemplo, la Agencia Escocesa de Protección del Ambiente (SEPA, 1998, 2000a) solicita que se realicen

mediciones de las corrientes de agua en del sitio como condición para aprobar la instalación de una granja de jaulas flotantes.

Para realizar un modelado fidedigno de la deposición y dispersión de los desechos orgánicos se requiere de una evaluación de la variabilidad de las corrientes que abarque, como mínimo, la mitad de un ciclo de marea (15 días) y a varias profundidades. La metodología a utilizar para los relevamientos hidrográficos y climatológicos, así como las normas instrumentales y la presentación de la información, usualmente requeridos a la industria se encuentra estandarizadas (ver por ejemplo SEPA 2002a). La cantidad de información demandada generalmente depende de la biomasa máxima autorizada para el sitio y de las condiciones ambientales del mismo. Considerando que para los sitios **Bahía Lapataia** e **Isla Redonda** se recomienda instalar un máximo de 1000 tn en cada uno, y que para **Paso Romanche** se recomienda la instalación de 1500 tn en seis subsitios, aquí presentaremos los requerimientos de información hidrológica y climática para sitios de alta carga.

Aunque el recambio de agua medio para los sitios identificadas fue estimado en este estudio (Tabla 1), sólo a partir del estudio hidrográfico detallado de los sitios se podrá asegurar el tiempo medio de permanencia del agua y el grado de mezcla de los sitios **Bahía Lapataia**, **Isla Redonda** y los **seis subsitios de Paso Romanche** (total 8 sitios de instalación). Podría darse el caso que todos o algunos de los sitios de instalación sean declarados como sitios “bien mezclados”. En esos casos se deberá solicitar información sobre perfiles de temperatura del agua y salinidad en “marea muerta” y cuando la fuerza del viento sea menor a 5 ( $<10\text{m.s}^{-1}$ ). Un mínimo de 10 profundidades serían necesarias, incluyendo una profundidad de 1 m y otra 1 m sobre el lecho marino. En este tipo de evaluación un sitio “bien mezclado” es definido como aquel que presenta una diferencia de densidad de menos de  $0.5\text{ kg.m}^{-3}$  medida sobre la profundidad total del sitio.

### Información hidrográfica y meteorológica requerida

Las mediciones de velocidad y dirección de corriente deberían realizarse dentro de los 100m del centro de la ubicación propuesta para la granja de jaulas flotantes. La medición de velocidad de corriente así como la dirección de la

corriente debería realizarse por lo menos cada 20 minutos, durante 15 días continuos. Cada observación de velocidad y dirección debería hacerse sobre por lo menos durante un 1 minuto, y ser expresada como el promedio. Las observaciones deberían realizarse como mínimo a tres de profundidades, a saber: a) a 2m de profundidad, b) a la profundidad propuesta para la ubicación del fondo de las jaulas y, c) a 2m por encima del lecho marino. El período total de registro será de 15 días, a efectos de cubrir la mitad del ciclo lunar de marea.

Para complementar las mediciones hidrográficas se requiere de información meteorológica simultánea. El sitio para la toma de la información meteorológica no necesita ser idéntico al de las observaciones hidrográficas, sin embargo, tiene que ser representativo del mismo. Se requieren mediciones de la dirección y velocidad de viento por lo menos 3 veces por día, igualmente espaciadas durante las horas de luz, y durante 15 días continuados. Durante el período de observación (15 días simultáneos con la toma de información hidrográfica) debe haber por lo menos 2 días consecutivos con velocidades de viento de fuerza menor a 5 ( $<10\text{m.s}^{-1}$ ). En algunos casos podrá ser necesario extender el período de medición para asegurar que este último criterio se cumpla.

## **8.2. Estudio de las Características del Lecho del Sitio y su Monitoreo**

Los impactos sobre el lecho marino normalmente estarán restringidos a la inmediata cercanía de las granjas de jaulas flotantes, y el régimen de monitoreo está diseñado con esa perspectiva. Los requerimientos de monitoreo y verificación del estado del lecho marino son generalmente dependientes del tamaño de la granja y de las condiciones hidrográficas del sitio de instalación. Dado que las biomasas recomendadas a instalar en para los sitios **Bahía Lapataia, Isla Redonda** y los **seis subsitios de Paso Romanche** alcanzan o superan las 1000 tn en cada uno, aquí presentaremos los requerimientos de monitoreo del lecho marino para sitios de alta carga y regular velocidad del agua (ver por ejemplo SEPA 2000b). En los sitios en los cuales la velocidad media del agua supere los  $0.10\text{ m.s}^{-1}$ , posiblemente en todos o algunos de los **subsitios de Paso Romanche**, los requerimientos de monitoreo del lecho marino podrán eventualmente ser disminuidos en el futuro. Sin embargo, esa decisión debería recién ser tomada una vez en conocimiento de los resultados del correspondiente Estudio Hidrográfico de Sitio.

•  
•  
•  
•  
•  
•  
•

---

Los requerimientos para sitios de alta carga de peces y condiciones hidrográficas a verificar, y por lo tanto de mayor riesgo, incluyen:

- un relevamiento fotográfico inicial del lecho marino (o filmación en video). La frecuencia de monitoreo debería ser, como mínimo, anual cuando el sitio se encuentre en régimen de producción.
- un relevamiento biológico cuantitativo, preferentemente efectuado en sincronía con el estudio físico-químico del sedimento. La frecuencia del monitoreo biológico debería ser, como mínimo, anual cuando el sitio se encuentre en régimen de producción y en sincronía con el máximo de biomasa de peces en las jaulas.

Para los niveles de producción planteados instalar en el Canal de Beagle se recomienda que en cada sitio el monitoreo se realice sobre dos dragados diferentes del lecho marino para cada estación. Las metodologías a utilizar en los relevamientos visuales (fotografía o video) y biológicos se encuentran estandarizados (ver por ejemplo SEPA 2000b).

La distribución y la orientación de estaciones debería colocarse en función de los resultados del Estudio Hidrográfico de Sitio. La ubicación de las estaciones de monitoreo podría realizarse en cuatro transectas en cruz a partir del centro de la granja de balsas jaula. Por ejemplo, una estación en el centro de las jaulas; 4 estaciones a 25 m del agrupamiento de jaulas, una en cada dirección; 4 estaciones a 50 m del agrupamiento de jaulas, una en cada dirección; 2 estaciones de referencia ubicadas preferentemente a más de 1km y por lo menos a más de 500m de la granja, evitando interferencias provenientes de otras fuentes de contaminación y a profundidad y características de sedimento similares a las de las estaciones de prueba.

En cada estación deberían, además, tomarse muestras de sedimento para determinar contenidos de cinc, sulfhídrico, carbono orgánico o total de sólidos volátiles y cobre. Este último sólo si se lo declara como la base del anti “fouling” que será utilizado. El potencial de óxido reducción del sedimento deberá ser monitoreado *in situ*.

Los resultados del Estudio de las Características del Lecho de Sitio deberán tomarse como las condiciones base de los sedimentos del sitio a concesionar, y con respecto a los cuales deberían ser comparados los futuros impactos y el manejo técnico y ambiental de la granja correspondiente. La evaluación de los cambios producidos entre años en las características físicas-químicas-biológicas del lecho marino, así como la tasa de cambio permitida en cada grupo, son generalmente incluidas en la legislación que regula la actividad (ver por ejemplo SEPA 2000b). En todos los casos se solicitará el uso de métodos modernos de posicionamiento de las estaciones (GPS o DGPS). Dado que es muy poco lo que se conoce sobre las características físicas, químicas y biológicas sedimentos de los sitios preseleccionados en el Canal de Beagle, no es conveniente utilizar *a priori* las normas desarrolladas para sitios de cultivo en otros lugares del mundo. La información obtenida del Estudio de las Características del Lecho de Sitio previo a la entrada en explotación deberá ser la base imprescindible para el completo desarrollo de la normativa regulatoria (ver por ejemplo SEPA 2000b). Para cada sitio-granja a concesionar se recomienda un muestreo mínimo en 10 estaciones ubicadas en la línea principal de las corrientes de marea en el sitio, y cubriendo además el área estimada donde cada granja será instalada. Los efectos de las descargas orgánicas o tóxicas desde las jaulas son rápidamente reflejados por la comunidad infaunal de invertebrados (fauna bentónica de más de 500  $\mu\text{m}$ ). Ello es así porque la fauna está en un equilibrio dinámico con su ambiente y de esta manera los cambios en las comunidades bentónicas reflejarán el grado de cambio ambiental, y pueden por lo tanto utilizarse para fijar niveles de acción a fin de proteger al ambiente receptor. Como un pequeño ejemplo dentro de la toma de información necesaria y su posterior análisis, consideremos que los gusanos poliquetos forman parte importante de la cadena de degradación de la materia orgánica en el lecho marino. Es altamente probable que también lo sean en el Canal Beagle. Sin embargo, primero se deberá verificarlo. A partir de la abundancia natural de sus taxones y del número de individuos de cada taxón por  $\text{m}^2$  se deberán elaborar, junto con el resto de la información solicitada, las normativas de manejo ambiental a ser requeridas a los permisionarios de los sitios-granja en el Canal de Beagle.

La metodología a utilizar en el Estudio de las Características del Lecho del Sitio para los sitios Bahía Lapataia, Isla redonda y los 6 sitios de Paso Romanche

se recomienda sea tomada de la mejor normativa disponible actualmente para el control ambiental de la cría de salmones en jaulas flotantes (BC, 1997; SEPA, 1997, 2000b; Nash, 2001).

### **8.3. Estudio y Monitoreo de la Concentración de Nutrientes en el Sitio**

Los muestreos de nutrientes en la columna de agua para la determinación del estado de base previo a la entrada en producción, así como su monitoreo, se debería efectuar dentro de un sistema de agua claramente definido. El sistema **Bahía Lapataia** estaría definido por la bahía en si misma desde la entrada del río que desagua el lago Roca hasta su boca hacia la Isla Redonda. El sitio **Isla Redonda** se definiría con foco en el centro del lugar estimado donde se instalarían las jaulas flotantes y los límites del mismo se ubicarían a 100 m desde los bordes de la granja. Los **seis sitios-granja** en **Paso Romanche** deberían definirse de forma similar a la definición utilizada para el sitio-granja a instalar en Isla Redonda. Todos los sitios con excepción del sitio Bahía Lapataia deberían tener estaciones referencia de monitoreo de nutrientes en la columna de agua situadas a unos 500-1000 m del borde de la granja correspondiente. Para el sitio **Bahía Lapataia** las estaciones de referencia deberían ubicarse una hacia el fondo de la bahía, cercana a la descarga del río, y otra en la boca de la bahía hacia la Isla Redonda.

La productividad primaria puede estar fuertemente influida por el tiempo de residencia del agua en el sitio de cultivo. Es generalmente reconocido que un sistema con un tiempo de residencia de más de 3 días es un sitio que tendrá un mayor riesgo que, bajo condiciones favorables, se puedan producir floraciones algales (BC, 1997). Los sitios identificados en el **Canal de Beagle** pueden considerarse como sitios de riesgo ambiental relativamente alto por dos razones: las biomásas propuestas (iguales o mayores a 1000 tn por sitio) y el relativamente alto tiempo de permanencia del agua estimado en este estudio. Para este tipo de sitios generalmente se recomienda (ver por ejemplo SEPA 2000c) un monitoreo de máximo detalle tal como el que se detalla a continuación.

Para cada sitio, los muestreos de nutrientes deberían realizarse en ocho estaciones ubicadas: una en el centro del complejo de jaulas, 2 estaciones a 25, 50 y 100 m respectivamente del borde del complejo de jaulas y situadas una marea arriba y otra marea abajo del mismo. Una octava estación, de referencia,

debería situarse a unos 1000-1500 m del borde de la granja. Debería realizarse dos monitoreos anuales, uno de invierno (julio-agosto) y otro de verano (enero-febrero). El monitoreo de verano es de utilidad para los niveles de nutrientes de base y el monitoreo de invierno lo es para estimar la biomasa algal (a través de las concentraciones de clorofila).

En cada estación, los muestreos de nutrientes deberían realizarse en superficie, a la media columna de agua, y un metro por encima del lecho marino. El análisis debería incluir, como mínimo, los siguientes parámetros: salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, pH, amonio, nitratos, nitritos, fosfato, fósforo total y clorofila. La metodología de muestreo así como los métodos analíticos de laboratorio se encuentran estandarizados. (ver por ejemplo SEPA 2000c).

Los resultados del Estudio de las Concentraciones de Nutrientes en el Sitio deberán tomarse como las condiciones base de la columna de agua del sitio a concesionar, y con respecto a los cuales deberían ser comparados los futuros impactos y el manejo técnico y ambiental de la granja correspondiente. La evaluación de los cambios producidos entre años en las características físicas-químicas-biológicas de la columna de agua, así como la tasa de cambio permitida en cada grupo, son generalmente incluidas en la legislación que regula la actividad (ver por ejemplo SEPA 2000c).

A fin de evaluar la importancia de las floraciones algales en algunos casos puede ser de importancia realizar estudios del fitoplancton. Sin embargo, este tipo de estudios, así como los estudios sobre el zooplancton o los bioensayos no es común que sean incluidos en los monitoreos del estado de la columna de agua. La necesidad de realizar este tipo de estudios, en común con otros organismos nacionales y provinciales, debería analizarse y justificarse en cada caso en particular.

Una vez que los sitios entren en régimen de producción será necesario evaluar la necesidad de monitorear los niveles de medicamentos y otros compuestos químicos comúnmente utilizados por la industria de la cría de salmón en jaulas flotantes. Algunas de estas sustancias se acumularán en la columna de agua y otras sustancias en el sedimento. Sin embargo, este tipo de monitoreo no suele ser efectivo en materia de costos (SEPA 2000c), y el control ambiental de drogas medicamentosas y otros compuestos químicos debería ser realizado a través del manejo responsable en el uso de los mismos.



## 9. Conclusiones y Recomendaciones

Las características de los sitios identificados en el Canal de Beagle, a saber: **Bahía Lapataia**, **Isla Redonda** y **Paso Romanche** los hacen adecuados para el cultivo de 20000 tn de salmón en jaulas flotantes.

Para los sitios Bahía Lapataia e Isla Redonda se recomienda instalar un máximo de 1000 tn en cada uno de ellos.

En el sitio Paso Romanche se deberían instalar las restantes 18000 tn, recomendando un aumento de la superficie áreal en un 50% por encima de la definida en la presentación original. Se recomienda que las adjudicaciones de sitios para emplazamientos de los complejos de jaulas flotantes en el sitio Paso Romanche no superen las 1500 tn cada uno, totalizando un mínimo de seis complejos de jaulas flotantes.

Las condiciones que deberían ser cumplidas por las presentaciones originales a la licitación de sitios se detallan en el Anexo II. Por otra parte, las condiciones que deberían ser cumplidas por los adjudicatarios / permisionarios con posterioridad a la adjudicación de los sitios, y previo a su entrada en operación, se presentan en el Anexo III.

Se recomienda que los adjudicatarios / permisionarios de los sitios, previo a la obtención del permiso / autorización definitivo para instalar, realicen un Estudio de Impacto Ambiental bajo el control de la Provincia. Los temas a evaluar y valorar deberán incluir, como mínimo, aquellos considerados en la Sección 7 del presente estudio. El EIA debería incluir además una propuesta de medidas de mitigación de impactos. Con posterioridad al licenciamiento de cada uno de los sitios los impactos identificados deberían ser mitigados y manejados por los adjudicatarios de las licencias de cría, y adecuadamente controlados por la Provincia.

Se recomienda que los adjudicatarios / permisionarios de los sitios, previo a la entrada en producción de los mismos, cumplan con los requisitos de estudios hidrográficos, sedimentos y columna de agua que se detallan en la Sección 8 del presente estudio.

•  
•  
•  
•  
•  
•  
•

---

## ***Bibliografía***

Balestrini, C., G. Manzella, y G. Lovrich. 1998. Simulación de corrientes en el Canal Beagle y Bahía Ushuaia, mediante un modelo bidimensional. Departamento de Oceanografía, Informe Técnico No 98. Servicio de Hidrografía Naval. 58 p.

BC. 1997. The Salmon Aquaculture Review. Final Report. Environmental Assessment Office, British Columbia Province. Canada. 5 volúmenes.

BCSFA (British Columbia Salmon Farmers Association). 1999. Code of practice. British Columbia Salmon Farmers Association, 1200 West Pender Street, Vancouver, BC V6E 2S9, 13 p.

Beveridge, M. 1983. *Cage and Pen Fish Farming. Carrying capacity models and environment impact*. FAO (Rome). Fish. Tech. Pap. 255, 131 p.

Beveridge, M. 1996. *Cage Aquaculture* (2<sup>nd</sup> Ed. ). Fishing News Books, Blackwell Sciences Ltd., Oxford, UK, 346 p.

FAO (Food and Agriculture Organization). 1995. Code of conduct for responsible fisheries. Rome, Italy, 41 p.

FAO (Food and Agriculture Organization). 1997. Technical guidelines for responsible fisheries: No. 5, Aquaculture development. Rome, Italy, 40 p.

IFP. 1986. Perspectivas de desarrollo de cultivos marinos, XI Región, Provincia de Aysén. Instituto de Fomento Pesquero, Chile. 217 p.

Nash, C. 2001. The Net-pen Salmon Farming Industry in the Pacific Northwest. National Marine Fisheries Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce. September 2001. 147 p.

Quirós, R., L. Luchini, G. Wicki, y E. Errazti. 1993. Evaluación e identificación de sitios aptos para el desarrollo de la acuicultura sobre la zona costera de la Isla Grande de Tierra del Fuego y sus aguas interiores. Informe Final. CFI – Provincia de Tierra del Fuego. 3 volúmenes.



SEPA, 1998. Regulation and monitoring of marine cage fish farming in Scotland - a manual of procedures. 17 November, 1998 Scottish Environment Protection Agency. Version 1.0.

SEPA, 2000a. Regulation and monitoring of marine cage fish farming in Scotland - a procedures manual. Attachment VIII Hydrographic requirements for marine cage fish farm applications. 12 May, 2000 Scottish Environment Protection Agency. Version 2.1. 14 p.

SEPA, 2000b. Regulation and monitoring of marine cage fish farming in Scotland - a procedures manual. Annex F Seabed Monitoring. April, 2000 Scottish Environment Protection Agency. Version 1.1. 14 p.

SEPA, 2000c. Regulation and monitoring of marine cage fish farming in Scotland - a procedures manual. Annex E Water Column Monitoring. 11 April, 2000 Scottish Environment Protection Agency. Version 1.1. 7 p.



## ***Anexo I***

### **Tareas realizadas durante el primer período de consultoría**

- recopilación de la información ambiental disponible sobre los sitios Paso Romanche y Bahía Lapataia, y sitios de agua dulce.
- caracterización ambiental de los sitios Paso Romanche y Bahía Lapataia a nivel de la información disponible.
- determinación provisoria de la capacidad ambiental de carga de salmón del Atlántico para los sitios Paso Romanche y Bahía Lapataia, a nivel de la información disponible, y según diferentes criterios ambientales.
- determinación provisoria del nivel de impacto ambiental previsto por sitio.
- identificación provisoria de los sitios de agua dulce. Determinación provisoria de la capacidad de carga para cada una de las capacidades ambientales identificadas.
- recomendación de las condiciones mínimas que deberían ser cumplidas en las presentaciones a las licitaciones de sitio.
- elaboración de Informe de Avance



## **Tareas realizadas durante el segundo período de consultoría**

- muestreo y análisis de concentraciones totales de fósforo y nitrógeno en los sitios Paso Romanche y Bahía Lapataia, y el Lago Fagnano.
- determinación de la capacidad ambiental de carga de salmón del Atlántico para los sitios Paso Romanche y Bahía Lapataia, a nivel de la información disponible, y según diferentes criterios ambientales. Determinación de las producciones totales por sitio y del número de unidades a instalar en cada uno de ellos.
- elaboración de los programas de monitoreo ambiental a ser cumplidos por el concesionario de los sitios.
- elaboración de las condiciones básicas a ser consideradas en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) para los niveles de producción a concesionar.
- identificación y elaboración de las condiciones ambientales mínimas a ser cumplimentadas por los concesionarios de los sitios durante las etapas de instalación y explotación.
- identificación de los sitios de agua dulce. Determinación de la capacidad de carga para cada una de las capacidades ambientales identificadas.
- asesorar a la Provincia en la elaboración de los pliegos de llamado a licitación.
- colaborar con la Provincia en las audiencias públicas que ésta prevea realizar durante el período de consultoría.
- elaboración del Informe Final.

•  
•  
•  
•  
•  
•  
•

---

## ***Anexo II***

### **Condiciones que deberían ser cumplidas por la presentación original**

- una presentación explicativa del Proyecto de Producción propuesto que incluya el desarrollo de los principales procesos, las tecnologías a ser utilizadas y, en los casos en los cuales corresponda, las medidas de mitigación de impacto a ser implementadas. Carácter de declaración jurada (?).
- un mapa batimétrico que muestre la localización del sitio a concesionar.
- un mapa batimétrico del sitio a concesionar que incluya la propuesta de localización de los agrupamientos de jaulas.
- planos de diseño de las jaulas a ser utilizadas y un esquema del tipo de agrupamiento propuesto, incluyendo la distancia de separación entre jaulas.
- un detalle de los niveles de producción propuestos, que incluya la biomasa máxima a ser albergada por jaula y por agrupamiento de jaulas.
- una estimación del total de alimento a ser utilizado, sus principales características y los contenidos estimados de fósforo y nitrógeno.
- una descripción de la manera en que los peces serán alimentados.
- un detalle del tipo y cantidad de medicinas y otras sustancias químicas que se prevé utilizar en el proceso total.
- un compromiso de realizar un estudio hidrográfico de detalle tal como se lo explicita por separado (ver Requisito de Estudio Hidrográfico del Sitio).
- un compromiso de realizar un estudio de las características físicas, químicas y biológicas del lecho marino y su monitoreo, tal como se lo explicita por separado (ver Requisito de Estudio de Características del Lecho del Sitio y su Monitoreo).
- un compromiso de realizar un monitoreo de las concentraciones de nutrientes (fósforo y nitrógeno) en la columna de agua del Sitio, tal como se lo explicita por separado (ver Requisito de Monitoreo de Concentraciones de Nutrientes en el Sitio).

•  
•  
•  
•  
•  
•  
•

---

## ***Anexo III***

### **Condiciones que deberían ser cumplidas por los adjudicatarios/ permisionarios con posterioridad a la adjudicación de los Sitios**

- el estudio de Evaluación de Impacto Ambiental del Proyecto.
- la presentación del Proyecto de Producción a nivel ejecución, incluyendo el detalle de los principales procesos, las tecnologías a ser utilizadas y, en los casos en los cuales corresponda, detalle de las medidas de mitigación de impacto a ser implementadas.
- un mapa batimétrico del sitio a concesionar que incluya la localización de los agrupamientos de jaulas y la descripción de la manera en que los peces serán alimentados.
- planos de detalle de las jaulas a ser utilizadas y un detalle del tipo de agrupamiento a ser utilizado, incluyendo la ubicación de los mismos.
- una declaración de los niveles de producción para el próximo ciclo productivo, que incluya la biomasa máxima a ser albergada por jaula y por agrupamiento de jaulas.
- una estimación del total de alimento a ser utilizado en el próximo ciclo productivo, sus principales características y los contenidos estimados de fósforo y nitrógeno.
- un detalle del tipo y cantidad de medicinas y otras sustancias químicas que se prevé utilizar en el próximo ciclo productivo.
- un resumen del estudio hidrográfico de detalle a implementar durante el primer ciclo productivo (ver Requisito de Estudio Hidrográfico del Sitio).
- un resumen del estudio y monitoreo de las características físicas, químicas y biológicas del lecho marino, a implementar durante el primer ciclo productivo (ver Requisito de Estudio de Características del Lecho del Sitio y su Monitoreo).
- un resumen del monitoreo a realizar de las concentraciones de nutrientes (fósforo y nitrógeno) en la columna de agua del Sitio a implementar durante el primer ciclo productivo y subsiguientes (ver Requisito de Monitoreo de Concentraciones de Nutrientes en el Sitio).



## *Anexo IV*

Concentraciones de nutrientes en sitios preseleccionados. Fecha: marzo 2002.

muestra	estación	estado	profundidad	N-NO3	NK	TN	TP
			(m)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)
1	PRE	pleamar	0.4	105	72	177	13
2			25	107	38	145	20
3	PRE	bajamar	0.4	170	83	253	17
4			24	150	55	205	27
5	PRW	pleamar	0.4	150	68	218	79
6			29	184	35	219	75
7	PRW	bajamar	0.4	204	74	278	83
8			28	225	43	268	81
9	BLAD	pleamar	0.4	161	5	166	18
10			22	176	5	181	54
11	BLAD	bajamar	0.4	149	11	160	46
12			21	180	8	188	56
13	BLAF	pleamar	0.4	104	39	143	19
14			28	249	30	279	16
15	BLAF	bajamar	0.4	119	42	161	21
16			27	217	26	243	19
17	LFERC		0.4	83	67	150	7
18	LFRC		0.4	87	94	181	7
19	LFWRC		0.4	106	53	159	8

PRE = Paso Romanche Este

PRW = Paso Romanche Oeste

BLAD = Bahía Lapataia adentro y centro

BLAF = Bahía Lapataia afuera este IR

LFERC = Lago Fagnano este Rio Claro

LFRC = Lago Fagnano frente Rio Claro

LFWRC = Lago Fagnano oeste Rio Claro