

GOBIERNO DE CHILE
SERVICIO NACIONAL DE PESCA

***DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA
ACUICULTURA CHILENA EN
FUNCIÓN DE LOS ESTÁNDARES
ESTABLECIDOS EN EL
REGLAMENTO AMBIENTAL PARA
LA ACUICULTURA
(RAMA)***

**Departamento de
Administración Pesquera
2005**

Índice

1	<i>Introducción General</i>	3
1.1	Antecedentes Sectoriales	4
1.1.1	Número de centros autorizados y operando por región.	4
1.1.2	Especies cultivadas comercialmente en Chile.	5
1.1.3	Caracterización de la operación de sistema productivo acuícola:	7
1.1.4	Principales impactos ambientales asociados a la industria acuícola:	8
2	<i>Objetivo General</i>	17
2.1	Objetivos Específicos:	17
3	<i>Metodología</i>	18
3.1	Inspección de centros de cultivo:	18
3.2	Registro de PH y Potencial REDOX en sedimento	19
4	<i>Resultados</i>	22
4.1	Número de inspecciones realizada por región:	22
4.2	Evaluación del cumplimiento de las normas generales del Reglamento Ambiental para la Acuicultura.	23
4.3	Análisis específico de la aplicación del Reglamento Ambiental para la Acuicultura.	27
4.3.1	Análisis en base al Tipo de Centro de Cultivo:	27
4.3.2	Análisis en base a las especies autorizadas para el cultivo:	28
4.3.3	Análisis en base a la categoría del centro de cultivo:	29
4.3.4	Resultados de vigilancia 2004 en comparación a campaña realizada durante 2003 (Pre-RAMA).	30
4.4	Monitoreo de PH y Potencial REDOX en centros de cultivo de la X y XI regiones	31
5	<i>Discusión</i>	36
5.1	Aplicación de las Normas Generales del RAMA.	36
5.2	Estimación de parámetros ambientales en los centros de cultivo (muestreo de PH y potencial Redox en el sedimento).	37
5.3	Análisis de Contingencias desarrolladas en centros de cultivos, a partir de la entrada en vigencia del RAMA.	38
6	<i>Conclusiones.</i>	41
7	<i>Referencias bibliográficas</i>	44

1 Introducción General

La industria de la acuicultura nacional ha experimentado un crecimiento sostenido durante los últimos 10 años, con un aumento exponencial de la cantidad de concesiones marítimas autorizadas en el país. El exitoso desarrollo de la acuicultura chilena ha permitido que esta actividad alcance altos niveles de crecimiento económico, posicionando al país como uno de los principales productores mundiales de Salmónidos, Mitílidos y Pectínidos.

Los cultivos en operación, asociados a altos volúmenes de biomasa producida, han impuesto el desafío de diseñar normas específicas, que permitan el desarrollo de esta industria en términos ambientalmente sustentables. En este contexto, la administración sectorial ha promulgado el “**Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA)**” publicado el 14 de Diciembre de 2001. Este cuerpo legal contiene los aspectos fundamentales que permitirán resguardar un desarrollo productivo de la acuicultura de una manera amigable con el ambiente.

En el **RAMA**, se establecen las normas de buenas prácticas ambientales asociadas a la operación del centro de cultivo. Se especifica la necesidad de elaborar una Caracterización Preliminar de Sitio (**CPS**), instrumento que permita evaluar si el área solicitada se encuentra apta para el desarrollo de actividades de acuicultura, y se establece la obligatoriedad de informar anualmente las condiciones ambientales (**INFA**) presentes en el área de sedimentación de la concesión autorizada. Esta información, es analizada y evaluada con el objetivo de mantener las condiciones aeróbicas del sedimento, permitiendo asegurar la viabilidad en el tiempo de la biodiversidad presente en el área de la concesión.

En este escenario, a través de un proyecto financiado por el Fondo de Administración Pesquera (**FAP**), el **Servicio Nacional de Pesca** diseñó una estrategia de vigilancia ambiental, para verificar *in-situ* el cumplimiento de la norma ambiental vigente, para la acuicultura nacional. El esfuerzo, se centro en aplicar pautas de verificación de las disposiciones generales del RAMA, y durante el 2005, se aumentará la cobertura geográfica de las inspecciones y se verificará la información ambiental recibida durante el año 2004 desde centros de cultivo entre la X y XI regiones.

En el presente documento, se caracteriza al sector acuícola, a través del análisis del número de centros operando, su distribución geográfica y se entrega una visión general del sector acuícola, a través del análisis de la cantidad de centros de cultivo presentes en el país, especies autorizadas para el cultivo, caracterización de los principales sistemas operativos y principales interacciones ambientales asociadas a la actividad acuícola. Se presentan los resultados de la verificación de la aplicación del RAMA 2003-2004, donde se inspeccionó el **25% (542 centros de cultivo)** de los centros de cultivo en el país. La información descrita en este documento, permite elaborar un diagnóstico de los efectos de la aplicación del RAMA en su primer año de entrada en vigencia.

1.1 Antecedentes Sectoriales

1.1.1 Número de centros autorizados y operando por región.

La actividad de acuicultura, se concentra en la zona sur de Chile entre las regiones IX a XII. En la X región se encuentra agrupado el **70.2%** de los centros de cultivo (Tabla 1). Del total de los centros autorizados (**2862 centros de cultivo**) durante el año 2003 y el primer semestre de 2004 el **78%** ha entregado información de operación.

Tabla 1: Centros de cultivo registrados en el Registro Nacional de Acuicultura (RNA) y centros que han entregado antecedentes de operación (producción o abastecimiento).

Región	Nº Centros Inscritos	Nº que Informan
I	20	5
II	9	5
III	93	58
IV	101	74
V	13	4
VII	7	4
VIII	43	33
IX	72	57
X	2008	1617
XI	432	342
XII	56	32
RM	8	7
TOTAL	2862	2238

Fuente: SIEP antecedentes del 2003 y primeros 6 meses de 2004

1.1.2 Especies cultivadas comercialmente en Chile.

La acuicultura nacional comprende el cultivo de diversos grupos de organismos, situación que en cierta medida se encuentra sustentada en la calidad y variedad ambiental existente en las áreas donde se desarrolla la actividad (**Tabla 2**). En las producciones informadas durante el año 2003, los peces (salmones y truchas) y los moluscos filtradores (Chorito y Ostión del Norte) son los productos más importantes. El caso de especies como el Abalón, Erizo, Esturión y Lenguado, representan cultivos incipientes, los que en el futuro podrían abarcar una mayor producción con relación a las otras especies cultivadas.

De acuerdo al origen natural de las especies que se cultivan en el país, el **45%** (20 especies) de las especies producidas durante 2003, corresponden a organismos introducidos para su cultivo (**especies exóticas**). En este sentido, la distribución natural de las especies autorizadas para el cultivo, es un factor importante de considerar al momento de analizar los potenciales efectos ambientales que pueden ocasionar la introducción y asentamiento de especies foráneas sobre las poblaciones de especies locales (especialmente las especies endémicas a nuestras costas). Sólo las especies de salmónidos y abalón (este último en las regiones III, IV y parte de la X), se encuentran autorizados para el cultivo en sistemas confinados, directamente expuesto al medio. Las otras especies se cultivan en tierra en sistemas de hatcheries o pisciculturas.

Tabla 2: Especies cultivadas en Chile y su producción (toneladas) informada al SIEP durante el año 2003.

Grupo	Nombre Común	Nombre Científico	Origen
Moluscos	Abalón Japonés	<i>Haliotis discus hannai</i>	Introducido
	Abalón Rojo	<i>Haliotis rufescens</i>	Introducido
	Cholga	<i>Aulacoma ater</i>	Nativo
	Chorito	<i>Mytilus chilensis</i>	Nativo
	Choro	<i>Choromytilus chorus</i>	Nativo
	Ostión del Norte	<i>Argopecten purpuratus</i>	Nativo
	Ostra Chilena	<i>Ostrea chilensis</i>	Nativo
	Ostra del Pacífico	<i>Crassostrea gigas</i>	Introducido
Equinodermo	Erizo	<i>Loxechinus albus</i>	Nativo
Crustáceos	Camarón de Río Del Norte	<i>Cryphiops caementarius</i>	Nativo
Peces	Esturión Blanco	<i>Acipenser transmontanus</i>	Introducido
	Esturión de Siberia	<i>Acipenser baeri</i>	Introducido
	Lenguado	<i>Paralichthys adpersus</i>	Nativo
	Salmón del Atlántico	<i>Salmo salar</i>	Introducido
	Salmón Plateado	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	Introducido
	Salmón Rey	<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	Introducido
	Trucha Arco Iris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Introducido
	Turbot	<i>Scophthalmus maximus</i>	Introducido
Algas	Luche	<i>Porphyra sp.</i>	Nativo
	Pelillo	<i>Gracilaria sp.</i>	Nativo

1.1.3 Fuentes: Política Nacional de Acuicultura 2003.

1.1.3 Caracterización de la operación de sistema productivo acuícola:

En el país, es posible identificar 2 Macrozonas (formadas por mas de una región administrativa) que de acuerdo a las características ambientales y relaciones de producción constituyen una unidad. Esto se traduce en distintas interacciones ambientales y operativas que constituyen una unidad de gran escala particular para cada macrozona. En el norte del país, es posible identificar la Macro Zona Norte formada por las regiones I a IV; en el extremo sur del país, es posible identificar la llamada Macro Zona Sur comprendida entre la regiones IX a XII.

- **Macrozona Norte:**

Se localiza entre la regiones I a IV. De acuerdo a los niveles de producción y la diversidad de especies cultivadas, es posible indicar que la zona núcleo esta ubicada en la IV región. Las regiones I, II y III son áreas de expansión de la actividad. En esta Macrozona, el cultivo se encuentra centrado en la producción de Pectínidos (Ostión del Norte). Los procesos de captación de larvas son importantes en la II región y en menor grado en la IV región. Estas regiones proveen de semillas de ostiones para el cultivo en las otras regiones. Por otro lado, desde la IV región se han generado programas de transferencia tecnológica hacia la I región, para el incentivo de la generación de centros de cultivos a nivel del sector artesanal. Es importante destacar que la conformación geomorfológica del litoral entre la III y IV regiones comprende una serie de bahías con una alta productividad biológica lo que facilita la acuicultura extensiva.

- **Macrozona Sur:**

Se localiza entre las regiones IX a XII. Esta macrozona involucra a mas del **90%** de los centros de cultivo autorizados en Chile. La X región, es el área núcleo de la macrozona con el **70.2%** de los centros autorizados en el país y el **71.6 %** del total de cultivo de la macrozona sur. Las áreas de expansión involucran a las regiones XI y XII. La IX región, concentra un porcentaje significativo de la producción en pisciculturas, las que proveen de alevines para el cultivo de engorda a las otras regiones de la macrozona. Desde el punto de vista del número de centros de cultivo y desempeño económico, en esta Macrozona el

cultivo de Salmones es la actividad acuícola mas relevante. Con respecto a el proceso posterior al cultivo, se estima que el 50% de la producción de salmones cultivado en la XI región, es transportado por vías marítimas a través de “Well-boats” y se procesa en la X región. La X y XI regiones comparten una morfología costera constituida por bahías y fiordos de alta productividad biológica que genera condiciones de crecimiento con un elevado rendimiento.

1.1.4 Principales impactos ambientales asociados a la industria acuícola:

La acuicultura es una actividad que puede generar beneficios ambientales, como la disminución en la presión de pesquería sobre recursos marinos sobreexplotados y la implementación de programas de repoblamiento de especies con problemas de conservación. No obstante, el desarrollo a gran escala de esta actividad involucra interacciones ambientales negativas.

La magnitud de los efectos ambientales asociados a la operación de la acuicultura, se encuentra asociada al tipo de cultivo y las especies objetivo de la actividad. En general, los sistemas de producción extensiva (las especies cultivadas se alimentan de los recursos disponibles naturalmente en el medio de cultivo y en grandes extensiones de terreno, por ejemplo los organismos filtradores) evidencian efectos ambientales menores en comparación a los sistemas de producción intensiva (los individuos cultivados deben ser alimentados de manera artificial hasta que alcanzan la talla comercial, por ejemplo los Salmones). Los cultivos intensivos generan una alta tasa de desechos orgánicos (alimento no consumido y fecas de los organismos cultivados) y deben utilizar una serie de productos químicos (pinturas anti incrustantes, antibióticos y desinfectantes), que permiten mantener las condiciones sanitarias aptas para el desarrollo del cultivo.

Bajo este contexto, a continuación se describen las principales interacciones ambientales asociadas a la actividad de acuicultura incorporando una visión con respecto al escenario nacional.

- **Efecto sobre los sedimentos bajo el área de cultivo:**

El desarrollo de la acuicultura a nivel industrial involucra la maximización de la producción, por lo que los individuos son cultivados en densidades superiores a las que comúnmente se encuentran en el medio natural, adicionalmente el cultivo se desarrolla sobre un área determinada (concesión), donde son instaladas las artes de cultivo y fijadas al fondo (balsas jaula, long lines). En el caso del cultivo de especies filtradoras, en el área de la concesión, son instaladas líneas de cultivo lo que puede modificar la normal circulación de la columna de agua en el sector del cultivo. Las altas densidades de cultivo, junto con un modificado régimen de corrientes, son factores importantes que determinan la tasa de sedimentación y dispersión de los residuos orgánicos (alimento, heces y pseudo-heces), asociados a la operación del cultivo. En este escenario, se espera que aumente la demanda biológica y química de oxígeno, contenido de carbono, nitrógeno y fósforo en el área de sedimentación ubicada bajo los centros de cultivo (Brown et al 1987). En las áreas donde existen bajos niveles de circulación del agua, la acumulación de desechos orgánicos pueden exceder la capacidad de asimilación del carbono de manera aeróbica, provocando una reducción de la tensión de oxígeno y cambios significativos en la comunidad del sustrato (Nash 2003). La disminución en la disponibilidad de oxígeno puede provocar la mortalidad en masa de diversas especies bentónicas y peces (Wu 2003); generando una potencial disminución de la biodiversidad nativa.

- **Acumulación de metales pesados residuales de pinturas antiincrustantes:**

La utilización de pinturas diseñadas para evitar el crecimiento de organismos incrustantes sobre las artes de cultivo, ha sido una práctica común en los centros de cultivo de peces en el mar. En este tipo de pinturas, se utiliza cobre como principal componente activo, ya que posee efectivas propiedades biocidas que inhiben la adhesión de organismos marinos en las redes. Las artes de cultivo sumergidas en el agua, gradualmente van perdiendo la pintura a través de un proceso de dilución, y una fracción de las moléculas que componen el antiincrustante decanta hacia el sedimento. El potencial impacto de este tipo de compuestos, se basa en la toxicidad sobre los organismos marinos. Por otro lado, el

frecuente lavado de redes, desprende las pinturas a través del efecto roce producido por la exposición de las redes a chorros de agua a alta presión. Esta labor generalmente, se realiza en talleres de lavado de redes que emiten RILes (Residuos Industriales Líquidos) que presumiblemente presentan un alto contenido de metales y moléculas tóxicas.

En la actualidad países como Escocia y Noruega han reconocido los problemas de contaminación provocada por la utilización de antiincrustantes a base de cobre y se encuentran estudiando el diseño de redes con materiales alternativos como elastómeros de silicona, fluoropoliuretanos o polímeros, elementos que presentarían una eficiente resistencia a la adhesión de organismos (Hodson 2000).

En Chile, no existen evaluaciones del impacto ambiental asociado al cobre liberado al medio proveniente de las pinturas anti-incrustantes. Con el propósito de obtener una visión general de la situación que puede estar ocurriendo en nuestro país, se generó un modelo conceptual que representa las potenciales fuentes de emisión de este contaminante al medio. Es posible observar que existe más de una fuente de emisión del elemento contaminante y en el mar se encuentran las redes con pintura la que se va desprendiendo gradualmente. El cobre liberado sedimenta y la porción de cobre suspendido, es transportado por advección y oleaje a zonas alejadas al centro de cultivo. De esta manera en el medio marino, el cobre puede tener efectos sobre los organismos que se encuentran en la columna de agua (fitoplancton y zooplancton) y la comunidad del fondo. Por otro lado, existen fuentes de emisión de contaminantes en tierra, donde se encuentran los talleres de lavados de redes pintadas. Estos talleres deben cumplir con la normativa de emisión de residuos líquidos vigente (DS N°90), para obtener la autorización para el desarrollo de esta actividad. El mayor problema, se genera por la presencia de talleres de lavado clandestinos, los que no cuentan con ningún proceso de tratamiento de Riles que pueden contener material líquido con alto contenido de cobre el cual es vertido al mar a través del emisario local.

- **Efectos del escape de peces en cultivo:**

Los países en que se desarrolla el cultivo de peces a gran escala, se han registrado eventos de escapes masivos de los individuos cultivados. Estos eventos se encuentran relacionados

principalmente a frentes de mal tiempo que involucran temporales de viento y crecida de ríos o mareas, falla de estructural de artes de cultivo, errores humanos o interacción con depredadores (esencialmente mamíferos marinos).

En cultivos del hemisferio norte, donde los cultivos involucran salmones nativos a esas localidades geográficas, se han identificado variadas interacciones ambientales asociadas a escapes de peces cultivados (**Tabla 3**). En este contexto, los efectos ambientales más importantes de destacar son: hibridación con especies congénicas, el aumento de la competencia por el alimento y depredación sobre poblaciones locales de peces u otros organismos y la posibilidad de transmitir enfermedades o parásitos hacia especies locales (Nash 2003). El potencial cruzamiento entre peces de cultivo y peces nativos puede generar un stock menos adaptado hacia las condiciones naturales. Los individuos en cultivo han sido seleccionados por sus capacidades de crianza en condiciones artificiales (tamaño, peso, tasa de crecimiento) y no utilizando los criterios que pueden ser importantes para la supervivencia en el ambiente natural (defensa contra depredadores y aptitudes cazadoras). La transmisión de enfermedades entre las poblaciones de cultivo y las poblaciones naturales puede fluir en ambas direcciones. A pesar de que no existen muchos antecedentes publicados con relación a la transmisión de parásitos o enfermedades desde peces de cultivo hacia poblaciones locales se sabe que estos si ocurren (Committee on Atlantic Salmon in Maine 2004). Muchas de las interacciones ambientales descritas para el hemisferio norte, no han sido posibles de comprobar para la acuicultura nacional principalmente por falta de información validada científicamente.

Tabla 3: Resumen de los principales efectos ambientales que pueden ser ocasionados por los escapes de Salmones en cultivo tomando en cuenta la experiencia nacional e internacional.

Interacciones Ambientales Negativas	Potenciales efectos ambientales (Antecedentes hemisferio norte)	Realidad de Chile
Hibridación con especies locales o congénicas	Si se cruzan con salmón nativo, se diluyen los genes probados que hicieron florecer la especie. El resultado es: híbridos con menos posibilidades de supervivencia por ser menos competitivos.	Salmón y trucha son especies introducidas en Chile, no hay posibilidad de hibridación
Competencia por el espacio y alimento	En Canadá las poblaciones de salmón del Pacífico (nativas) están severamente reducidas y el salmón del Atlántico continúa escapando de cultivos año tras año. Si colonizan la costa del pacífico, pueden competir con especies nativas y malograr costosos programas de recuperación que se están llevando a cabo	Por ser una especie exótica, no tiene depredadores naturales, es altamente exitosa. En aguas continentales, puede ser más exitosa que el puye y la peladilla debido a su voracidad. Aunque no existen datos al respecto en nuestro país.
Vectores de parásitos y enfermedades	En Noruega se ha descubierto que los peces de cultivo actúan como incubadores de enfermedades y parásitos (piojo) que trasladan a los ríos cuando se escapan. Esto expone a peces silvestres a altas concentraciones de patógenos y parásitos. Desde Noruega se extendió alrededor del mundo un virus que erosiona los salmones de dentro hacia fuera.	El Reglamento Sanitario de la acuicultura, regula traslado y tratamiento de peces en cultivo. No hay antecedentes que salmones de cultivo sean vectores para especies silvestres

- **Utilización de desinfectantes y antibióticos:**

El cultivo intensivo de peces a altas densidades involucra la aplicación de tratamientos con desinfectantes y antibióticos para prevenir o tratar enfermedades y controlar la prevalencia de ectoparásitos. A su vez, la utilización de pigmentos u hormonas de crecimiento, para aumentar las propiedades comerciales de los individuos en cultivo aumenta la carga química frecuentemente utilizada en los centros de cultivo.

Entre los efectos ambientales negativos descritos asociados a la utilización de químicos en la acuicultura, es posible mencionar:

- a) Su persistencia en el medio ambiente, algunos tipos de compuestos pueden permanecer por meses.

- b) Trasmisión de residuos hacia organismos no cultivados a través de la ingesta del alimento no consumido, o las heces de los peces en cultivo.
- c) Toxicidad hacia especies no objetivo distribuidas en sectores aledaños al centro de cultivo situación observada en larvas pelágicas de crustáceos.
- d) Estimulación a la generación de resistencia, lo que implica que cada vez se utilicen agentes profilácticos más potentes o en mayores cantidades.
- e) Efectos sobre la biogeoquímica del sedimento, por la acumulación de residuos antibacterianos, lo que provoca una disminución de la actividad microbiana responsable en la degradación del material orgánico.
- f) Enriquecimiento de nutrientes a través de la utilización de fertilizantes, lo que hace que el sistema sea susceptible a la eutroficación.

- **Visión sistémica de efectos ambientales de la acuicultura en Chile:**

En Chile la industria acuícola ha alcanzado altos niveles de producción posicionando a nuestro país como uno de los principales productores mundiales. El desarrollo de esta industria, se encuentra sustentado por la utilización eficiente de tecnologías generadas principalmente en países con mayor historia productiva (Escocia, Noruega y Japón) y por las excelentes condiciones ambientales existentes en las costas chilenas (alta productividad y aguas libres de contaminación).

A pesar de los avances mostrados por la industria, desde el punto de vista ambiental, no existen estudios de gran escala que entreguen una visión sistémica con respecto a los efectos ambientales asociados a la operación de los diferentes tipos de cultivo en el país. En este sentido, es esperable que las interacciones ambientales negativas observadas en otros países productores se repitan de manera similar sobre nuestras costas. En las **Figuras 1 y 2**, se representan los principales efectos sobre el medio que se encuentran asociados al desarrollo de la Salmonicultura y Mitilicultura. Estos modelos, describen datos que han sido generados en estudios desarrollados en países como Noruega y Estados Unidos.

Un estudio desarrollado en 43 centros de cultivo de salmones en el sur de Chile demostró un efecto menor de esta actividad sobre variables estimadas en la columna de agua (nitrato, amonio, ortofosfato y clorofila). Por otro lado, se registro un efecto significativo sobre los niveles de nitrógeno, fósforo y carbono orgánico estimados en el sedimento bajo las balsas de cultivo (Soto y Norambuena 2004). Estos autores se proponen utilizar al fósforo del sedimento como indicador de la cantidad de desechos generados a partir del alimento suministrado a los peces en cultivo.

En el campo de la utilización de fármacos en la industria de la Salmonicultura, no existe un monitoreo continuo que de cuenta de los volúmenes utilizados. Antecedentes informales recolectados a partir de entrevistas con profesionales del área, indican que entre los años 1900 a 1998 la utilización de fármacos habría aumentado en cerca de 10 veces (Claude & Oporto, 2000). En términos generales, en Chile se utilizan productos para el tratamiento de infecciones , antiparasitarios, vacunas y funguicidas (Niklitschek 2001). No se registran antecedentes cuantitativos con respecto a la bioacumulación o biodisponibilidad de fármacos o efectos ambientales sobre la biodiversidad marina en Chile.

Con respecto a los efectos ambientales ocasionados por los escapes masivos de ejemplares Salmonideos en cultivo, el conocimiento biológico de los sistemas marinos litorales y lacustre no se encuentra muy avanzado. A su vez no existen series de tiempo con datos relativos a las poblaciones de especies icticas nativas que permitan inferir un efecto negativo (depredación) de los salmones introducidos o provenientes de escapes de centros de cultivo. A este respecto la percepción popular señala que desde la llegada y desarrollo de la salmonicultura variadas especies nativas han disminuido su abundancia (por ejemplo el puye) lo que es atribuido al aumento en la población de salmones.

Considerando que la acuicultura constituye una actividad económica importante para el país y que a través de sus procesos productivos se presentan distintas situaciones de riesgo ambiental, la autoridad ha promulgado el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (**RAMA**). A través de este Reglamento se espera mantener los servicios ambientales disponibles en las costas de Chile, que posibilitan sustentar altos niveles de producción en los centros de cultivo. Con respecto a las interacciones ambientales descritas para los centros de cultivo intensivos y extensivos (**Figuras 1 y 2**), el **RAMA** fija como estándar

para la operación del centro, que el sedimento bajo el área de cultivo no puede presentar condiciones de anoxia (ausencia de oxígeno). A su vez el Reglamento establece normas de buenas prácticas ambientales dirigidas al manejo de residuos sólidos y líquidos, establece medidas para mitigar contingencias que se presenten en el centro de cultivo (escapes de peces, desprendimientos de organismos, pérdida de alimento o materiales químicos), regula el cultivo de organismos marinos transgénicos, y en cuerpos de agua terrestres prohíbe el cultivo de salmones y truchas esmoltificadas, y el uso de pinturas antiincrustantes.

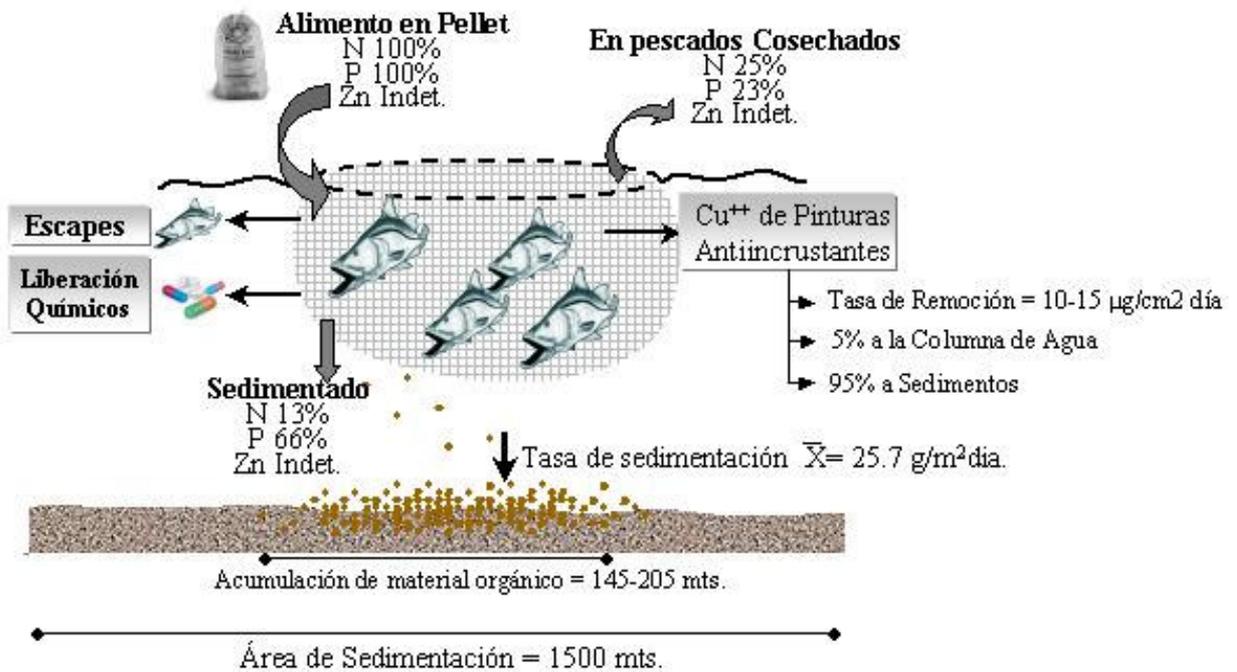


Figura 1: Interacciones ambientales reconocidas para el cultivo de especies de salmones.



Figura 2: Interacciones ambientales reconocidas para el cultivo de especies de mitilidos.

2 Objetivo General

Verificar la efectiva aplicación de las Disposiciones Generales establecidas en el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA) en los centros geográficos de producción acuícola en la III – IV y IX – XII regiones respectivamente.

2.1 Objetivos Específicos:

Inspeccionar el 100% de los centros de cultivo (130) que operan en el centro geográfico entre la III – IV regiones.

Inspeccionar el 20% de los centros de cultivo (412) que operan en el centro geográfico entre la IX – XII regiones.

Implementar un plan de monitoreo piloto del estado aeróbico de sedimentos a través, de la toma de muestras de pH y potencial Redox en centros de cultivo de Salmónidos.

3 Metodología

3.1 Inspección de centros de cultivo:

Se aplicó una ficha de verificación ambiental que permitía la evaluación objetiva y estandarizada del estado de cumplimiento de las **Disposiciones Generales** establecidas en el RAMA y descritas en la **Tabla 4**. Se diseñaron 4 formatos de fichas de inspección (**Anexo III**), específicas para cada tipo de centros de cultivo inspeccionado: pisciculturas, centro de cultivo de algas, moluscos filtradores y salmónidos. Es importante considerar que existen disposiciones que se encuentran dirigidas a prácticas de cultivo específicas (por ejemplo el Artículo 10 involucra sólo a cultivos de fondo o praderas de algas), por lo que no se verificó la aplicación todas estas normas a la totalidad de centros visitados. Los antecedentes verificados en la inspección de cada centro fue ordenada para calcular el porcentaje de cumplimiento de cada Artículo del Reglamento y evaluada través de la siguiente formula:

$$\% \text{ cumplimiento} = \frac{(\text{N}^\circ \text{ de centros que cumple con la norma} \bullet 100)}{\text{N}^\circ \text{ total de centros en que se verificó la aplicación de la norma}}$$

A su vez, el porcentaje de incumplimiento de la norma corresponde a:

$$\% \text{ incumplimiento} = 100 - \% \text{ cumplimiento}$$

Tabla 4: Disposiciones Generales para la operación del centro Evaluadas a través de la Ficha de Verificación ambiental.

Artículo del Reglamento	Breve Descripción de la Norma
4^a	Mantenimiento de la limpieza en la concesión y terrenos aledaños. Disposición de residuos sólidos y desperdicios generados por el centro de cultivo.
4b	Disposición de desechos orgánicos (sólidos o líquidos) generados por la operación de centro de cultivo.
4c	Retiro, al término de la vida útil, de estructuras en desuso (soportes no degradables o de degradación lenta).
4d	Impedir que estructuras de cultivo que penden de sistemas flotantes (redes, linternas o linternas), tengan contacto con el fondo.
4e	Presencia de sistemas de seguridad adecuados para prevenir escapes de los recursos cultivados
5	Mantener un plan de Contingencia adecuado para situaciones de escapes, desprendimientos masivos de organismos, pérdida de alimento y otros materiales.
7	Cultivo de Organismos Vivos Modificados
8	Verificación del cumplimiento de las Normas de Emisión (D.S. N° 90)
9	Apropiado manejo del lavado de artes de cultivo.
10	Utilización de Mangas plásticas en centros de cultivo de fondo de acuerdo a lo estipulado en el Decreto N°36 de Sernapesca.
12	Destino de organismos fijados en colectores de semillas y no utilizados para fines de cultivo.
14^a	Cultivo de Salmones esmoltificados
14b	Utilización de antiincrustantes
14c	Porcentaje de digestibilidad de alimentos utilizados
14d	Instalación de sistemas de detectores de alimento no ingerido o sistemas para captar dicho alimento y fecas.

3.2 Registro de PH y Potencial REDOX en sedimento:

En **60** centros de cultivo de Salmonidos seleccionados en la X y XI regiones se extrajeron muestras de sedimentos a través de una draga tipo Van Veen. La draga fue lanzada el borde de la balsa de cultivo, teniendo en cuenta el régimen de corriente y marea del sector. Se

tomaron 3 muestras de sedimento bajo las balsas de cultivo y una muestra de referencia (control) ubicada a unos 100 metros del área en cultivo.

En la muestra de sedimento obtenido, se introdujo un electrodo de Potencial Redox en unos 2 a 3 cm del sedimento húmedo. El electrodo fue mantenido sumergido y fijo (intentando no oxigenar la muestra) hasta que se estabilizó la medición. Posteriormente y luego de intercambiar el electrodo de potencial Redox por uno de pH, se procedió a efectuar la medición siguiendo el mismo procedimiento anterior. Los equipos fueron calibrados una vez al día, utilizando las soluciones tampones de pH 4 y 7. Adicionalmente, en forma periódica, utilizó una solución de referencia para el electrodo de potencial Redox para verificar el estado de operación del equipo. Adicionalmente a las mediciones cuantitativas, se registraron alguna mediciones cualitativas del sedimento extraído. En cada muestra se registro el estado de compactación de la muestra, olor y color de la muestra.

Los datos registrados fueron analizados utilizando el programa estadístico SPSS 10.0. Se realizó, un análisis general de los datos a través de gráficos de caja y bigote (**Figura 3**), representando la mediana y los rangos intercuartílicos del pH y potencial Redox medido en las muestras de sedimento bajo las balsas de cultivo y las estaciones control.

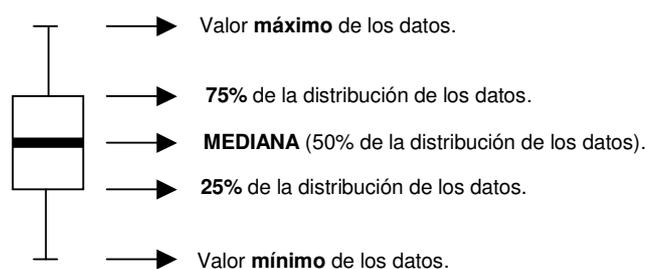


Figura 3: Grafico esquemático representando la información que entrega un grafico de caja y bigote.

Se consideró la producción de los últimos 18 meses, los centros de cultivo fueron clasificados arbitrariamente como producción baja (entre 0 y 5.000 toneladas), producción media (entre 5.000 y 10.000 toneladas) y producción alta (sobre 10.000 toneladas). Se desarrolló un Análisis de Varianza (ANOVA), para evaluar el efecto de la producción y el

sector donde se tomó la muestra (bajo la balsa y control) sobre el potencial de oxidación-reducción del sedimento.

Finalmente, tomando en cuenta las mediciones del potencial Redox estimado en las 4 estaciones (3 bajo balsas y una estación control), cada centro de cultivo fue clasificado dentro de 4 grupos que representan el nivel de riesgo ambiental de los sedimentos del centro, de acuerdo a los siguientes criterios:

- **Normal:** Ninguna estación presenta valores de potencial Redox negativos.
- **Vulnerable:** Al menos una estación presenta valores de potencial Redox negativos.
- **Deficiente:** Más de una estación presenta valores de potencial Redox negativos.
- **Negativo:** Todas las estaciones bajo los módulos de cultivo presentan valores de potencial Redox negativos.

4 Resultados

4.1 Número de inspecciones realizada por región:

En base a los objetivos proyectados durante el año 2004, se realizó un total de **542** inspecciones ambientales, lo que corresponde al **25%** de los centros de cultivo que informan actividad a Sernapesca, dentro de las regiones evaluadas (**Tabla 5**).

Tabla 5: Número total de inspecciones realizadas a centros de cultivo durante el 2004.

Región	Nº de Inspecciones
III	60
IV	70
IX	43
X	204
XI	133
XII	32
Total	542

De acuerdo al número de centros de cultivo inspeccionados por región, es posible indicar que en las regiones **III, IV y XII se visitó el 100%** de los centros que informaron actividad durante el año 2003 (**Tabla 1**). En la **IX región se visitó el 75%** de los centros de cultivo que informaron actividad durante el 2003, concentrado el esfuerzo en la inspección de pisciculturas. Finalmente en las regiones **X y XI se inspeccionó un 13% y 39%** respectivamente de los centros que informaron actividad durante el año 2003 (**Tabla 1**). Los centros de cultivo inspeccionados en la XI región comprenden a la totalidad de centros de cultivo que mantienen actividad productiva permanente. Cabe destacar que en las regiones X y XI, debido a la compleja geografía local, la accesibilidad a los centros de cultivo es un aspecto determinante para la planificación de las inspecciones. En este sentido, un gran porcentaje de inspecciones debe ser realizada a través de la organización

de campañas de navegación lo que involucra un gran esfuerzo económico (principalmente en arriendo de embarcaciones) y humano (mareas de mas de 15 días).

4.2 Evaluación del cumplimiento de las normas generales del Reglamento Ambiental para la Acuicultura.

El análisis de la fichas de inspección ambiental, permitió indentificar el número de centros que se encontraban cumpliendo con las diferentes disposiciones del Reglamento que fueron evaluadas durante la inspección. Se calculó el número de centros que se encontraban cumpliendo con la norma, el número de centros que no cumplen y el número de centros en que no se observó la aplicación de artículos específicos del Reglamento (**Tabla 6**). A su vez, para obtener una visión estandarizada del grado de aplicación de los artículos del Reglamento, se calculó el porcentaje de cumplimiento e incumplimiento con respecto a los centros en que se observó efectivamente la aplicación de la norma.

Tabla 6: Análisis general del grado de cumplimiento de los artículos de Reglamento evaluados. La descripción de cada articulo se encuentra en la Tabla 4

	Artículos del RAMA evaluados														
	4a	4b	4c	4d	4e	5	7	8	9	10	12	14a	14b	14c	14d
Número de centros que SI cumplen	414	360	39	31	258	237	173	84	286	62	155	22	21	25	18
Porcentaje de Cumplimiento	93	87	59	97	68	53	100	79	89	95	100	100	100	100	86
Número de centros que NO cumplen	33	53	27	1	124	211	0	23	34	3	0	0	0	0	3
Porcentaje de Incumplimiento	7	13	41	3	32	47	0	21	11	5	0	0	0	0	14
Número de centros no observados	95	129	476	510	160	94	369	435	222	477	387	520	521	517	521
Porcentaje de centros no observados	18	24	88	94	30	17	68	80	41	88	71	96	96	95	96

Aplicación del Artículo 4a: El **93%** de los centros de cultivo inspeccionados mantiene un apropiado control de los residuos sólidos generados por el centro de cultivo. En este sentido, es frecuente la contratación de un servicio que periódicamente retira los desechos generados. También existe una porción de centros que traslada sus desechos hacia

vertederos municipales o esperan que el camión municipal los retire desde sus instalaciones. En estos últimos casos fue difícil comprobar esta situación, debido a que el servicio municipal no entrega comprobantes del retiro de basura. Por otro lado, se observó que una gran cantidad de centros de cultivo de Salmónidos entregan las bolsas de alimento utilizadas para ser recicladas.

Aplicación del Artículo 4b: Si bien un **13%** de los centros de cultivo inspeccionados no cumple con la norma, en general la mayoría de los centros de cultivo cuentan con algún tipo de destino adecuado para los desechos sólidos o sólidos que son originados durante la operación del centro. En el caso de los centros de cultivo de Salmónidos, las mortalidades son acumuladas en “**Bins**” , los que periódicamente son retirados por una empresa contratada (Pacific Star y Salmonoil).

Aplicación del Artículo 4c: El **41 %** de los centros observados que no aplica apropiadamente este artículo. A este respecto, es necesario indicar que se consideró que la presencia de estructuras de cultivo (balsas o redes) abandonadas implicaban un incumplimiento de la norma. Un análisis textual del Reglamento indica que “todo tipo de soportes no degradables o de degradación lenta que hubieren sido utilizados como sistemas de fijación al fondo deben ser retirados al término de su vida útil (con excepción de las estructuras de concreto utilizadas como anclaje)”. En este sentido, la presencia en el área de la concesión de estructuras de cultivo en desuso, no sería una falta a las disposiciones establecidas en este artículo.

Aplicación del Artículo 4d: Este artículo fue verificado en una baja proporción de centros de cultivo (**32 centros de 542**), principalmente debido a que una apropiada verificación involucra revisar las instalaciones a través de inspecciones de buceo. A pesar de estas limitaciones, entre los centros en que se verificó el cumplimiento del artículo, sólo en una oportunidad se comprobó el incumplimiento del reglamento.

Aplicación del Artículo 4e: En el **32%** de los centros observados se consideró que no se estaba cumpliendo la norma. En general la presencia de redes loberas fue considerada como la principal medida de prevención contra escapes.

Aplicación del Artículo 5: El artículo del Reglamento menos aplicado, es la disponibilidad de un plan de contingencia. El **47 %** de los centros inspeccionados no contaban con este documento disponible en el centro de cultivo. En muchas ocasiones, los encargados del centro no tenían conocimiento de la obligatoriedad de contar con el plan de contingencia en el mismo centro. En otras ocasiones el encargado indicó que el centro de cultivo contaba con un plan de contingencia, pero este se encontraba en las oficinas centrales de la empresa. Finalmente, en muchos casos el plan de contingencia no cumplía con todos los requerimientos establecidos en el Reglamento, por lo que se dejaron sugerencias en el centro para que éste sea completado de acuerdo a los requerimientos de la norma.

Aplicación del Artículo 7: El **100%** de los centros inspeccionados se encontraban cumpliendo con esta norma. El cultivo de OVM requiere autorización de la Subsecretaría de Pesca, hasta la fecha no existen autorizaciones para el cultivo de este tipo de organismos en centros de cultivo del país. En este sentido, la verificación en terreno del cumplimiento de la norma se encuentra de acuerdo al análisis de gabinete.

Aplicación del Artículo 8: El **21%** de los centros de cultivo evaluados, no cumplía con este artículo. Es importante tener en cuenta que este artículo se aplica sólo centros de cultivo en tierra (Hatcheries y Pisciculturas). La norma vigente que regula la emisión desde este tipo de centros de cultivo (DS 90), debe ser fiscalizado y controlado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios. En este sentido, en muchas ocasiones se verificó que el centro haya realizado los muestreos de la calidad del agua que exige la norma vigente. En otros casos, se verificaron las instalaciones existentes para el tratamiento de efluentes desde el centro. Se hace necesario gestionar la coordinación con la institución responsable del cumplimiento de las normas de emisión para asegurar el efectivo cumplimiento de esta normas.

Aplicación del Artículo 9: Un **11%** de los centros de cultivo inspeccionados no cumplen de manera apropiada con la aplicación de esta norma. En este sentido, en muchas ocasiones se observó que en centros de Salmonidos las redes son lavadas en la misma área de la concesión sin contar con apropiados sistemas de tratamiento de los riles generados en esta actividad. A su vez, en centros de cultivo extensivos de Pectínidos , se observó que en

ciertas ocasiones se utiliza el lavado de linternas o líneas de cultivo sobre balsas de operación, las que tampoco cuentan con un apropiado tratamiento de residuos.

Aplicación del Artículo 10: Este artículo, se aplica solo a centros de cultivo de macroalgas o cultivos de fondo. Un **5%** de los centros inspeccionados no cumple con esta norma. En este sentido, una gran mayoría de centros de cultivo han dejado de utilizar esta técnica de fijación de organismos al sustrato.

Aplicación del Artículo 12: El **100%** de los centros de cultivo fiscalizados aplica de manera apropiada esta norma. En este sentido, es posible indicar que existe conciencia en la industria con relación a los eventuales efectos negativos (selección negativa) que se pueden generar por la liberación de individuos no seleccionados.

Aplicación del Artículo 14a, b, c: Estos 3 artículos se aplican sólo a centros de cultivo que se ubiquen en cuerpos de aguas terrestres. De esta manera, la evaluación de la aplicación de estos artículos se desarrolló sobre la base de visitas a cultivos de salmónidos ubicados en lagos de la X región. En la **Tabla 6**, observa que todos los centros de cultivo verificados cumplen satisfactoriamente con estas normas (**100%** de aplicación). Con respecto a la aplicación del **Artículo 4c**, es necesario indicar que se evaluó sobre la base de los antecedentes que se manejaban en el centro de cultivo, lo que en muchos casos no asegura una real certeza con respecto al dato de digestibilidad informado por los encargados del centro. Esta situación podría ser subsanada, a través de la generación de un catastro de los alimentos y su **%** de digestibilidad, lo que debería ser solicitado directamente a los productores de alimentos para salmónidos.

Aplicación del Artículo 14d: La mayoría de los centros de cultivo evaluados presentaban un sistema de monitores y cámaras insertas en las balsas de cultivo. Esto permite detectar la tasa de consumo y comportamiento de los peces alimentándose. Se constató que los sistemas de control visual no se encontraban instalados en todos los módulos de cultivo. En algunas ocasiones, se indicó que el sistema de cámaras circulaba entre las balsas de cultivo activas. De esa manera se lograba monitorear todo el centro de cultivo (situación bastante poco probable tomando en cuenta el esfuerzo y eventual estrés que generaría el intercambio de las instalaciones para los peces en cultivo).

4.3 Análisis específico de la aplicación del Reglamento Ambiental para la Acuicultura.

Con el propósito de realizar un análisis más detallado con respecto al grado de aplicación de los diferentes artículos del Reglamento evaluados en las inspecciones a los centros de cultivo, se ordenó la información tomando en cuenta la región y comuna donde se encuentra emplazado el centro de cultivo, el tipo de cultivo que fue visitado, grupo de especies autorizadas para el cultivo y categoría del de centro de cultivo, determinada a través de la Resolución (Subpesca) N°404. La información, se encuentra ordenada en tablas donde se representa el porcentaje de centros que no cumplen con la norma en relación a la cantidad de centros en que se evaluó su aplicación.

4.3.1 Análisis en base al Tipo de Centro de Cultivo:

Los centros fueron clasificados en 3 categorías de acuerdo a la clasificación establecida en el Registro Nacional de Acuicultura (RNA). Los cultivos abiertos, comprenden a los cultivos que se desarrollan en porciones de agua y fondo, terrestres o marítimas, tales como concesiones para el cultivo de Mitílidos, Pectínidos y Salmónidos. En esta modalidad de cultivo, los individuos se desarrollan directamente en el medio contenidos, a través de estructuras de cultivo como redes, linternas o cuelgas de cultivo, dependiendo de las especies cultivadas. Los grupos de centros agrupados en Hatchery y Pisciculturas, comprende a las autorizaciones de acuicultura ubicadas en tierra, donde los individuos en cultivo deben permanecer confinados en las estructuras de cultivo y existe un sistema de captación, circulación y salida de agua que permite crear las condiciones apropiadas para el desarrollo del cultivo. En esta modalidad de cultivo, se desarrollan principalmente las primeras etapas del cultivo que luego se desarrollará en la modalidad cerrada (juveniles de salmones, ostiones u ostras). A su vez, en esta modalidad de cultivo también se desarrolla el cultivo de especies exóticas como Turbot o Abalones.

Con respecto al grado de aplicación de RAMA, es posible indicar que en general las tasas de incumplimiento de las normativas evaluadas no evidencia notorias diferencias entre los distintos tipos de cultivo (**Tabla 7**). Por ejemplo es posible señalar que el porcentaje de centros que no cuenta con el plan de contingencia (**Artículo 5**), no muestra diferencias entre los 3 tipos de centros evaluados. Es importante señalar que en el caso de centros ubicados en tierra (Hatchery y Pisciculturas), en general existe menos conocimiento con relación a

las eventuales contingencias que se podrían presentar en este tipo de cultivo. Esto podría explicar la diferencia en torno a los centros de cultivo de Tipo Cerrados que se desarrollan directamente en el medio y que es posible imaginar mas fácilmente eventos como escapes masivos o desprendimientos de alimentos.

Tabla 7: Porcentaje de centros de cultivo detallados tipo de Centro de Cultivo, que no cumplen con las normas observadas

Artículo del Reglamento															
Tipo Cultivo	4^ºa	4^ºb	4^ºc	4^ºd	4^ºe	5^º	7^º	8^º	9^º	10^º	12^º	14a^º	14^ºb	14^ºc	14^ºd
ABIERTOS	7,7	14	51	3,7	38	45		17	10	4,9					14
HATCHERY	4,5	4,5			9,1	50		19							
PISCICULTURA	5,8	10	6,7		22	52		22							
% Total	7,2	12	41	3,1	32	46		21	10	4,6					14

4.3.2 Análisis en base a las especies autorizadas para el cultivo:

Los centros inspeccionados fueron ordenados y agrupados en base a las especies autorizadas en el proyecto técnico para el cultivo. De esta manera, se definieron 7 grupos que en algunos casos comprenden mas de una especie en cultivo. Los centros de moluscos filtradores comprenden cultivos de Ostras, Ostiones, Choritos, Cholgás y los centros de cultivos de Salmónidos comprenden cultivos de distintas especies de Salmón o Truchas. Los centros clasificados como otros involucran cultivos de crustáceos (camarones) o equinodermos.

En relación a la aplicación de la normativa ambiental, los centros de cultivo de Salmónidos son los que presentan un mejor índice de aplicación del RAMA (**Tabla 8**). En este sentido, la ausencia del plan de contingencia en centros de cultivo de Salmonidos se registro sólo en un **31.2%** de los centros visitados, los que en gran parte comprendían centros en tierra. A diferencia de esta situación, el **89%** de los centros de cultivo de macroalgas y en el **61%** de centros de moluscos filtradores no contaban con el plan de contingencia. Una situación similar, se presenta con respecto a la aplicación de los artículos 4b y 4e, donde el sector Salmonero presenta mejores índices de cumplimiento del Reglamento.

Tabla 8: Porcentaje de centros de cultivo detallados por grupo de especies autorizadas para el cultivo, que no cumplen con las normas observadas

Grupo de especies	Artículo del Reglamento															
	4ºa	4ºb	4ºc	4ºd	4ºe	5º	7º	8º	9º	10º	12º	14ºa	14ºb	14ºc	14ºd	
Abalón						83,3										
Abalón y filtradores					100	100		100								
Macroalgas	14,5	25,5	50		73,7	89,1			2,04	5,77						
Macroalgas y Filtradores	30	55,6	100		66,7	90		100	37,5							
Moluscos filtradores	10,8	32,9		4,55	27,1	61,1		11,1	22,5							
Salmónido	4,14	3,6	44,2		31,2	30,6		20,9	6,28						14,3	
Otros						40		50								
%Total	7,19	12,5	40,9	3,13	32,5	46,3		21,5	10,3	4,62					14,3	

4.3.3 Análisis en base a la categoría del centro de cultivo:

La Resolución de la Subsecretaría de Pesca N°(404), que fija los contenidos y metodologías para realizar la Caracterización Preliminar de Sitio y la elaboración del Informe Ambiental, establece distintas categorías de centros de acuerdo a los niveles de producción, tipo de cultivo, profundidad y tipo de fondo. A este respecto, es posible indicar que las primeras 3 categorías se encuentran ordenadas desde el punto de vista del potencial riesgo ambiental provocado sobre el sedimento bajo el área de sedimentación del centro. La categoría número 5, corresponde a los centros ubicados profundidades superiores a 60 metros, donde presumiblemente la carga desechos presenta una mayor dispersión sobre el fondo marino.

En este contexto y sobre la base de la evaluación realizada en centros de distintas categorías, se muestra que los centros de categoría 3 (centros de salmónes en su mayoría), presentan mejores índices de aplicación de las normas generales del RAMA (**Tabla 9**). Desde una perspectiva ambiental esta es una situación positiva, debido a que la aplicación de buenas practicas ambientales asociadas a la operación del centro, se debe traducir en la disminución de desechos. En este sentido, la baja probabilidad de centros que no cumplen

con las normas específicas asociadas al tratamiento y disposición de los desechos generados en el cultivo (4a, 4b, 9 y 10), evidencian la preocupación de los cultivadores por mantener buenas prácticas ambientales de acuerdo al Reglamento.

Tabla 9: Porcentaje de centros de cultivo detallados por Categoría de Centro autorizadas para el cultivo, que no cumplen con las normas observadas.

		Artículo del Reglamento													
Categoría	4^ºa	4^ºb	4^ºc	4^ºd	4^ºe	5^º	7^º	8^º	9^º	10^º	12^º	14^ºa	14^ºb	14^ºc	14^ºd
1	9,85	34	50	4,2	40	69	0	100	18	5,1	0				
2	0	0		0	0	0	0		0	0	0				
3	2,88	0,7	67		22	18	0	0	8,3			0	0	0	14
5	0	0	50	0	80	27	0		2,6						
3 y 5	0	0	100		75	25			0						
Tierra	5,41	8,8	6,3	0	20	49	0	21		0	0				
No definido	32,3	0	35		100	93	0				0				
% Total	7,19	12	41	3,1	32	46		21	10	4,6					14

4.3.4 Resultados de vigilancia 2004 en comparación a campaña realizada durante 2003 (Pre-RAMA).

Durante el segundo semestre de 2003 previo a la completa entrada en vigencia del RAMA, se realizó una campaña de inspección ambiental a un total de **173** centros de cultivos. Durante esta iniciativa se probaron en terreno las fichas de inspección diseñadas y se evaluó el grado de aplicación y conocimiento de la normativa que debía ser implementada. En esta oportunidad no se evaluaron centros de cultivo de la XII región y el análisis de la información no se encontraba sistematizada, por lo que los resultados comparables por región con respecto a las inspecciones desarrolladas durante 2004 se representan en las **Tablas 10 y 11**.

Tabla 10: Porcentaje de centros de cultivo que no cumplen con las normas observadas, inspeccionados durante el 2003.

Artículo del Reglamento

Región	4 ^º a	4 ^º b	4 ^º c	4 ^º d	4 ^º e	5 ^º	7 ^º	8 ^º	9 ^º	10 ^º	12 ^º	14 ^º a	14 ^º b	14 ^º c	14 ^º d
III	98	95		0	67	90	0		0	100	0				
IV					0	70	0		31		0				
IX	58	67			45	70	0	74							
X	20	10		0	100	79			45				0		
XI	6	6				82	0		100						

Tabla 11: Porcentaje de centros de cultivo que no cumplen con las normas observadas, inspeccionados durante el 2004.

Región	Artículo del Reglamento														
	4 ^º a	4 ^º b	4 ^º c	4 ^º d	4 ^º e	5 ^º	7 ^º	8 ^º	9 ^º	10 ^º	12 ^º	14 ^º a	14 ^º b	14 ^º c	14 ^º d
III	28	77	100		83	94	0	33	37	16	0				
IV	2	10	0	4	0	32	0	14	18	0	0				
IX	3	5	20	0	13	56	0	19							
X	7	4	15	0	11	47	0	24	5	0	0	0	0	0	14
XI	1	2	63	0	74	33	0	10	2						
XII	14	5	23		0	11	0	50	17						
Total	7	12	41	3	32	46	0	21	10	5	0	0	0	0	14

El grado de aplicación de los distintos artículos del Reglamento evaluados durante 2003 y 2004, muestra que comparativamente en todos los casos se han mejorado los índices de aplicabilidad de la norma. El RAMA entró en completa vigencia el día 14 de diciembre de 2003, por lo que en muchas ocasiones los centros de cultivo no se encontraban obligados a operar de acuerdo a los estándares establecidos en el Reglamento. Esta situación, podría explicar las bajos índices de cumplimiento de la normativa durante 2003. A pesar de esta situación no es posible dejar de lado la influencia ejercida sobre el sector acuícola, a través de la efectiva acción de difusión desarrollada por la presencia de inspectores del Servicio en los principales núcleos de desarrollo de la actividad. A su vez, la intensa actividad de fiscalización de la norma desarrollada durante 2004, donde se inspeccionó 1 de 4 centros de cultivo del país, entrega una clara señal con respecto de la importancia que le da el estado hacia la correcta aplicación de las normas ambientales establecidas para el sector acuícola.

4.4 Monitoreo de PH y Potencial REDOX en centros de cultivo de la X y XI regiones

En la **Figura 4 a y b**, se representan los valores de pH y potencial Redox estimado en el sedimento de los centros de cultivo muestreados. Los valores del pH del sedimento no evidencian claras diferencias entre muestras tomadas bajo las balsas de cultivo y las estaciones control. A diferencia del pH, el valor del Potencial Redox (**Figura 4 b**), presenta mayores diferencias entre las estaciones muestreadas, a su vez se observan claras diferencias entre la mediana del potencial Redox estimado en el sedimento bajo los módulos de cultivo y en las estaciones de referencia.

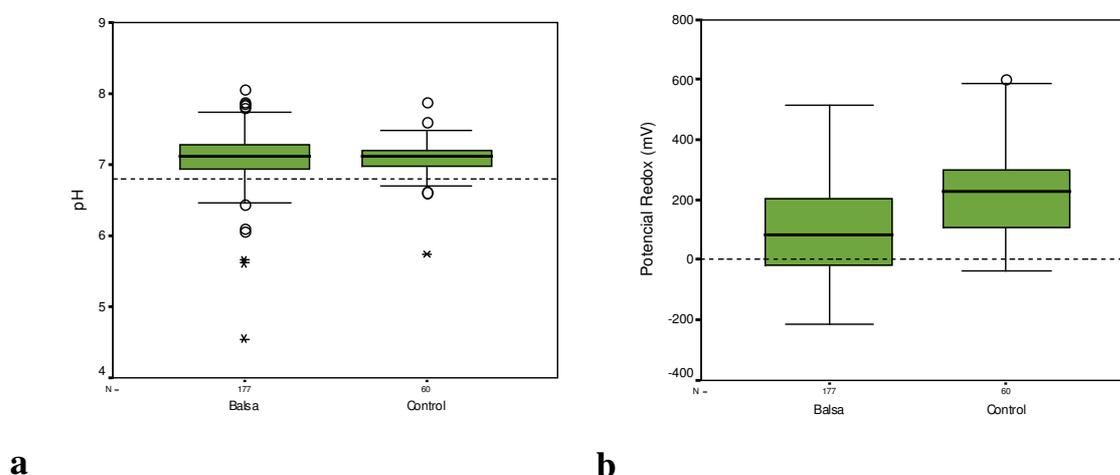


Figura 4: Datos de pH (a) y Potencial Redox (b) estimado bajo las balsas de cultivo y en sectores de referencia (Control). En ambas Figuras se representa en una línea punteada el punto de referencia bajo los que se considera el estado de anoxia en el sedimento.

Se desarrolló un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar las siguientes hipótesis:

- a) ¿Existen diferencias significativas entre los valores del potencial Redox medido en el sedimento bajo la balsa o en la estación control?
- b) ¿Existen diferencias significativas entre los valores del potencial Redox medido en el sedimento de centros con niveles de producción bajo, medio o alto?

El análisis de varianza (**Tabla 12**), indica que existen diferencias significativas entre los valores del Potencial Redox estimado bajo las balsas de cultivo y en las estaciones de

referencia ($P < 0.05$). Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas entre los valores del potencial Redox estimado en centros con distintos niveles de producción ($P = 0.071$).

Tabla 12: Resultados de análisis de Varianza de dos vías, con un nivel de significancia del 95%.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Gl	Media Cuadrática	F	P
Ubicación	740839,743	1	740839,743	32,536	>>0.05
Producción	121976,267	2	60988,134	2,678	0,071
Ubicación x producción	32851,141	2	16425,571	0,721	0,487
Error	5259913,013	231	22770,186		

Valores de P menores a 0,05 (nivel de significancia de un 95% de seguridad) determinan diferencias entre los grupos comparados.

Para representar la información analizada, los datos de potencial Redox, fueron graficados tomando en cuenta la categorización en base a la producción de los centros y la ubicación de la muestra (bajo la balsa y punto control, **Figura 5**). La mediana del potencial Redox, estimado en sectores controles es mayor, lo que sugiere que esta variable se encuentra influida (significativamente) por las condiciones ambientales predominantes en el área cercana a las balsas de cultivo.

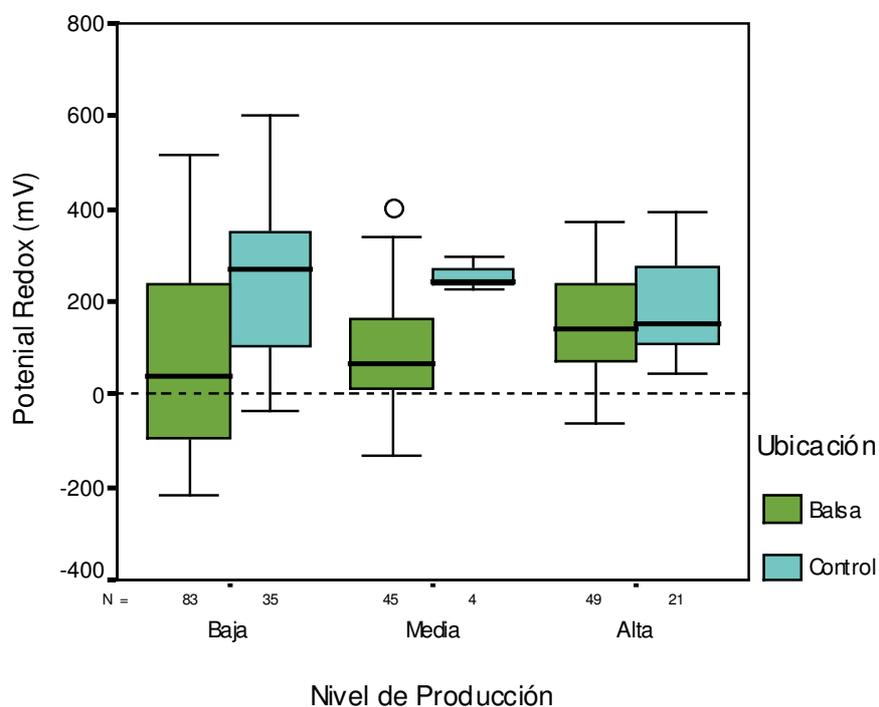


Figura 5: Datos Potencial Redox estimado bajo las balsas de cultivo y en sectores de referencia (Control). Los centros de cultivo muestreados fueron ordenados sobre la base de los niveles de producción. Se representa en una línea punteada el punto de referencia bajo los que se considera el estado de anoxia en el sedimento.

De acuerdo a los valores de potencial Redox estimado bajo lo sedimentos, los centros de cultivo muestreados fueron clasificados en 4 categorías que representan el nivel de riesgo ambiental de cada centro. Los resultados de este análisis son presentados en la **Tabla 13**. El detalle de los datos se presentan tabulados en el Anexo IV.

Tabla 13: Centros de cultivo clasificados ambientalmente de acuerdo a los valores del potencial Redox del sedimento.

Región	Normal	Vulnerable	Deficiente	Negativo	Total
X	28	12	7	4	51
XI	3	1	3	2	9
Total	31	13	10	6	60
% totales	52	22	16	10	100

Este análisis semi cuantitativo, entrega una visión general con respecto a la situación particular de cada centro de cultivo, en que se estimó las condición ambiental de los sedimentos. A este respecto, es necesario indicar que sólo 1 de 60 muestras de sedimento tomadas en las estaciones de referencia (Control) mostró valores de potencial Redox negativos, lo que demuestra que la situación normal (sin presencia de actividades de cultivo), es que el sedimento presente valores de oxido reducción positivos. Bajo este contexto, el **52%** (**centros normales**) de los centros de cultivo muestreados presentan en sus sedimentos condiciones que se asemejan los valores estimados en las estaciones de referencia. Los centros con condiciones ambientales consideradas como un estado intermedio suman el **39%** de los centros inspeccionados (**vulnerables 22%** y **deficientes 16%**). El **10%** de los centros muestreados presentó condiciones ambientales negativas en sus sedimentos.

5 Discusión

5.1 Aplicación de las Normas Generales del RAMA

La implementación de una rigurosa estrategia de inspección ambiental, donde 1 de cada 4 centros de cultivo fueron visitados en el transcurso de 2004, permitió elaborar una visión con respecto a la efectiva aplicación del Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA). A su vez, la marcada presencia de funcionarios del Servicio en los centros de cultivo, permitió entregar una señal clara con respecto a la importancia que le atribuye el Gobierno a la aplicación de la normativa ambiental vigente.

Los índices de aplicación del Reglamento, expresados como el porcentaje de centros que cumplen con la Norma, en general evidencian buenas tasas de cumplimiento de las disposiciones establecidas en el Reglamento. En este sentido, al comparar los resultados obtenidos en la campaña de inspección de centros efectuada durante 2003, con respecto a lo observado durante 2004, es posible verificar que en todas las regiones participantes existió una disminución del porcentaje de centros que no se encontraban cumpliendo con las normas del Reglamento (**Tablas 10 y 11**). Esta tendencia puede ser explicada por la entrada en vigencia del Reglamento a fines de 2003 y por la constante presencia en terreno de fiscalizadores del Servicio Nacional de Pesca.

Se registraron diferencias en torno al porcentaje de aplicación del Reglamento y los diferentes tipos de cultivo inspeccionados. En términos generales, los cultivos de Salmónidos presentan mejores índices de cumplimiento de la Norma en comparación a los centros de cultivo de Moluscos filtradores (Mitílidos) y Macroalgas. Las diferencias en torno a la apropiada aplicación del RAMA por parte de los centros de cultivo de especies de salmones con respecto a los cultivos de macroalgas y moluscos filtradores, son posibles de explicar debido a que este sector, a través de la Asociación “SalmónChile”, ha logrado actuar de manera coordinada logrando una eficientes resultados en torno a su gestión en áreas legales, técnicas, investigación y medio ambiente. A través de esta Asociación se han desarrollado un Acuerdo de Producción Limpia para el sector Salmonero y se encuentra en

desarrollo un Sistema de Gestión (SIGES), que permitirá generar un sistema de buenas prácticas monitoreables.

Desde un punto de vista ambiental, el desarrollo de cultivos intensivos (Salmónidos) involucran una mayor carga de residuos e interacciones con el medio (**Figura 4**), en comparación con los cultivos extensivos. A este respecto, se verificaron mejores índices de aplicación del Reglamento en los centros de cultivo intensivos, situación que contribuye hacia un apropiado manejo de las interacciones ambientales asociadas a la operación del cultivo intensivo.

5.2 Estimación de parámetros ambientales en los centros de cultivo (muestreo de PH y potencial Redox en el sedimento).

La toma de muestras de sedimento y posterior medición del pH y potencial Redox permitió obtener valores referenciales con respecto al comportamiento de estos parámetros ambientales estimados bajo condiciones de cultivo. A este respecto, es posible indicar que los valores del potencial Redox evidenciaron una clara tendencia, donde todas las estaciones control (alejadas del área en cultivo) muestran valores positivos con respecto a las mediciones realizadas en zonas adyacentes a las balsas de cultivo, donde el potencial Redox tiende a ser menor o incluso negativo (lo que evidencia situaciones de anoxia en el sedimento). Las diferentes características físico-químicas (representadas por el potencial de oxido reducción del sedimento), establecidas en sectores de referencia y áreas de cultivo, indican que en el área de sedimentación de los cultivos de salmónes se generan condiciones ambientales particulares que determinan las propiedades del sitio. A este respecto, es posible especular que la carga orgánica proveniente de las fecas de los peces en cultivo y el alimento no consumido, generan cambios en la normal distribución y actividad metabólica de los microorganismos encargados de la degradación de este material, lo que conlleva a generar condiciones de anoxia del sedimento.

Por otro lado, llama la atención que los centros de cultivo con mayores producciones, lo que implicaría una mayor carga de desechos orgánicos sobre el sedimento (por ejemplo fecas y alimentos) no se diferencien con respecto al potencial Redox estimado en centros de

cultivo con producciones menores. Esta situación podría indicar que en las producciones consideradas como bajas en este caso, ya se estaría produciendo un efecto sobre las condiciones físico químicas del sedimento. De esta manera, es posible concluir que no importa cuales sean los niveles de producción del centro ya que de igual manera se estaría provocando un eventual cambio en las condiciones ambientales del sedimento. En este contexto, para la implementación de reales medidas de prevención es necesario considerar variables como la dinámica de corrientes locales y los antecedentes ambientales particulares de cada zona en que se desarrolla un centro de cultivo. En el caso de los centros de cultivos nuevos, la herramienta para realizar este análisis esta dada en la Caracterización Preliminar del Sitio (CPS) en que se desarrollará el cultivo.

La implementación del equipamiento instrumental para la toma de datos ambientales en los centros de cultivo inspeccionados, permitió generar valores de referencia con respecto estado físico-químico presente en los centros de cultivos de salmones en operación. Esta información permitirá contrastar los resultados obtenidos en esta oportunidad con los valores del Informe Ambiental de los mismos centros de cultivo muestreados. Con estos antecedentes, se espera evaluar posibles diferencias de los resultados como producto de distintas metodologías y equipos de medición.

5.3 Análisis de Contingencias desarrolladas en centros de cultivos, a partir de la entrada en vigencia del RAMA.

El RAMA estipula en su Artículo 4e, que es obligación contar con sistemas de seguridad adecuados para prevenir escapes de los recursos cultivados. A su vez en el Artículo 5° se establece que en todo centro de cultivo debe existir un plan de contingencia que debe considerar casos de mortalidades, escapes y/o desprendimientos masivos de los organismos en cultivo y pérdidas accidentales de alimento u otros materiales.

En este contexto, durante el último tiempo se han conocido dos contingencias importantes relativas a escapes masivos de peces en cultivo. La primera de ellas aconteció el 20 de Octubre de 2003, en el Sector “La Lobada” en la comuna de Cochamó, X región. En esta oportunidad se informó el escape de 130.000 truchas arcoiris en etapa de cosecha (peso

aproximado de 3.5 kg). Según los antecedentes aportados por la empresa afectada este echo fue provocado por la acción de terceros, los que habrían roto las mallas de las balsas de cultivo. Un segundo escape masivo fue informado el día 01 de Julio de 2004 en el Sector de Bahía Acanilado, XI región. En esta ocasión, como producto de un fuerte temporal y la crecida del río, las estructuras de cultivo colapsaron registrándose un escape de 1.779.000 peces (*Salmón coho* y *Trucha arcoiris*) con un peso total estimado en 1.680 toneladas.

Estos casos, han sido cubiertos por la prensa local y nacional, realzando la preocupación publica, de sectores ambientalistas y académicos, ante los eventuales daños ecológicos que producirían este tipo de eventos. Desde el punto de vista normativo, si bien el RAMA establece la necesidad de contar con sistemas de seguridad para prevenir escapes, no se encuentra especificados los estándares mínimos que éstos deben cumplir para asegurar un nivel deseable de riesgo ambiental. A su vez, la aplicación de los planes de contingencia preparados estas instancias, no han sido eficientes desde el punto de vista de la cantidad de individuos recapturados. En este sentido, en Bahía Acanilado, solo se recapturó el 1.9% de los individuos escapados.

Desde el punto de vista ambiental, no están del todo claro los efectos sobre el desequilibrio ecológico que pudiesen ocasionar el escape de una gran cantidad de individuos en cultivo. Evidentemente, estos efectos dependerán de las especies involucradas (nativas o introducidas) y la potencial interacción que se logre entre los individuos escapados y la fauna o flora nativa del sector. En el caso de los salmónidos en cultivo, existen diferentes visiones con respecto al daño ambiental que pueden ocasionar estas especies. Entre los efectos ambientales más estudiados, se indica que estos individuos pueden provocar una fuerte presión de depredación sobre especies nativas locales, en sectores donde existen poblaciones naturales de la especie en cultivo es posible el cruzamiento lo que se traduce en una pérdida del patrimonio genético (en general los individuos en cultivo han sido sometidos a programas de selección genética en función de caracteres apreciados para su comercialización), también es posible la transferencia de enfermedades o parásitos hacia la fauna local, situación que puede ser mas significativa en el caso que se trate de especies foráneas. Por otro lado, se indica que los individuos criados en condiciones de cultivo no tendrían altas probabilidades de sobrevivir en condiciones naturales. A su vez, por lo menos

en nuestro país, las exigencias sanitarias son estrictas y requieren un permanente monitoreo de eventos patógenos que pudiesen ocurrir en los individuos en cultivo.

En sintonía con el interés público de autoridades, prensa y ONGs, además de la ausencia de información representativa para nuestra realidad nacional que de cuenta de los daños ecológicos que pueden ocasionar los escapes masivos de especies en cultivo, sería recomendable realizar avances hacia la especificación las exigencias en el diseño de balsas, estructuras de redes y sistemas de anclaje que minimicen las posibilidades ocasionar un escape. A su vez, se debería establecer las técnicas más apropiadas para asegurar la recaptura de la mayor cantidad de individuos ante un evento de escape, lo que se debería asociar con un programa de monitoreo de los efectos ambientales ocasionados por los peces escapados (evaluación de tasa de depredación y supervivencia).

6 Conclusiones.

- La evaluación de la aplicación del Reglamento Ambiental para la Acuicultura, durante su primer año de vigencia, entrega positivas evidencias con respecto a la efectivo cumplimiento de las disposiciones generales de la Norma. A este respecto durante 2004 se inspeccionó a uno de cada cuatro centros de cultivo en operación en el país. Comparativamente el número de centros que no se encontraban cumpliendo el Reglamento con respecto a la situación observada durante el segundo semestre de 2003, **disminuyó en a lo menos un 50%** en todos los artículos verificados.
- Es necesario, reforzar la difusión y fiscalización de la aplicación de artículo N° 5 y 6 del Reglamento, que indica la obligatoriedad de contar con el plan de contingencia en el centro e informar cualquier evento de escape o desprendimiento de organismos de los centros de cultivo. Durante este año este fue el artículo en que se detectó un mayor nivel de incumplimiento (**46% de los centros inspeccionados**). A este respecto, existe una alta atención de la ciudadanía con respecto a los escapes masivos de Salmones en cultivo y los eventuales efectos sobre la ictiofauna nativa. Esto hace necesario, que el Servicio sea riguroso con respecto a los procedimientos relativos a estos eventos, establecidos en el Reglamento.
- Si bien los artículos 4°c, 4°e y 8° presentaron elevados índices de incumplimiento de la Norma (41%, 32% y 21% respectivamente), durante la verificación de su cumplimiento existieron diferentes criterios para la evaluación. De esta manera, en conjunto con los encargados de programa se ha en la X y XI regiones se ha unificado el criterio de evaluación .
- La campaña de monitoreo ambiental donde se realizaron muestreos de sedimento y mediciones de parámetros como el pH y potencial Redox en **60 centros de cultivo** de la X y XI región, permitió obtener valores de referencia en sectores sometidos a la actividad del cultivo y en áreas de referencia. Los resultados indicaron que existen diferencias estadísticamente significativas con respecto a los valores del

potencial de oxidación del sedimento, estimado en el área de sedimentación del centro de cultivo y un sector alejado de este punto.

- La implementación de un sistema monitoreo ambiental de centros de cultivo permitió el desarrollo del conocimiento y habilidades para que los funcionarios del Servicio se encuentren familiarizados con los procedimientos asociados al desarrollo de Informes Ambientales en el contexto del RAMA.
- La eficiente aplicación de la nueva normativa ambiental, demostrada por una rápida y rigurosa aplicación del Reglamento, ha entregado una señal clara y potente hacia el sector Acuícola, lo que se ha traducido en un real interés y preocupación de este, para operar de acuerdo a los estándares establecidos por la Norma. Esta situación se traduce en el fortalecimiento de la imagen país, en torno a la mantención de un medio ambiente libre de contaminación y el desarrollo sustentable de la industria acuícola nacional. De esta manera, nuestro país demuestra su interés hacia el fomento de actividades productivas de manera amable con su medio ambiente, lo que facilita la venta y búsqueda de nuevos mercados para exportar los productos de la industria acuícola.
- Con respecto al Reglamento Ambiental para la Acuicultura como herramienta para el controlar las distintas interacciones ambientales producidas por la operación de los centros de cultivo es posible indicar que:
 - Después de un año de vigencia del Reglamento, se aprecia que existe una efectiva aplicación de las Disposiciones Generales del Reglamento que comprende las normas de buenas prácticas ambientales. En este sentido, es necesario poner énfasis en la efectiva implementación de planes de contingencia y la implementación de medidas de prevención para evitar el escape de los organismos en cultivo. A su vez, para el caso de los miticultores de la X región, es necesario enfatizar la mantención de la limpieza en el área de las concesión, específicamente en la riveras aledañas a los cultivo donde se detectó una alta acumulación de desechos como restos de boyas de cultivo y valvas de los individuos cultivados.

- El efecto ambiental producido en el área de sedimentación del centro de cultivo será evaluado durante este año por la Subsecretaría de Pesca. De esta manera se espera que a fines de este año exista una evaluación de la porción de centros de cultivo que opera de acuerdo al estándar establecido por el RAMA.
- Es necesario avanzar en la generación de normativas dirigidas hacia el control en el de sustancias químicas (antibióticos, desinfectantes y hormonas) y el manejo de pinturas antiincrustantes en centros de cultivo en el mar ya que ambos temas no se encuentran regulados en la actual normativa ambiental (RAMA).

7 Referencias bibliográficas

- **Brown, J.R., Gowen, R.J. & McLusky, D.S: (1987)** The effect of salmon farming on the benthos of a Scottish sea loch. *Marine Biology and Ecology*, 109:39-51.
- **Wu, R.S. (2002)** Hypoxia: from molecular responses to ecosystem responses. *Marine Pollution Bulletin*. 45: 35-45
- **Hodson, S.L., C.M. Burke, A. P. Bissett (2000)** Biofouling of fish-cage netting: the efficacy of a silicone coating and effect of netting colour. *Aquaculture*. 184: 277-290.
- **Committee on Atlantic Salmon in Maine (2004)** Atlantic Salmon in Maine. National Academy of Sciences. 304 pp.
- **Claude, M. Y J. Oporto (2000)** Las ineficiencias de la salmonicultura chilena. Fundación Terram, Santiago, Chile. 68 p
- **GESAMP (1997)** Toward safe and effective use of chemicals in coastal aquaculture. Reports and Studies, Gesamp No: 65. 40 pp
- **Niklitschek, E (2001)** Uso de Fármacos en Salmonicultura. CONAMA XII región. 55p