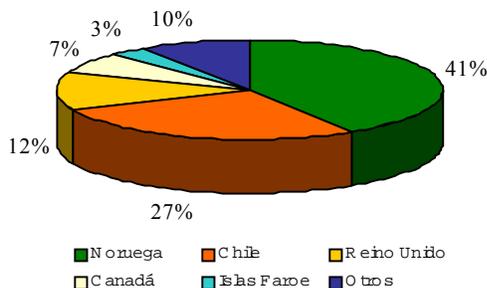


## De Pescadores a Cultivadores del Mar: Salmonicultura en Chile

**E**l salmón no es una especie natural del mar chileno, su incorporación se remonta al inicio del siglo veinte con la introducción de truchas en la localidad de Río Blanco<sup>1</sup>. El cultivo intenso comenzó en el umbral de la década de los ochenta<sup>2</sup> justificándose su producción a gran escala por la necesidad de disminuir la presión sobre los recursos pesqueros que estaban siendo explotados intensamente debido al incremento de la demanda mundial de proteínas provenientes del mar. La idea básica fue aumentar esta oferta alimenticia y prevenir, con el cultivo controlado, una posible escasez de alimentos. Así lo entendió el gobierno de turno incentivando y apoyando el establecimiento de centros de cultivo<sup>3</sup>.

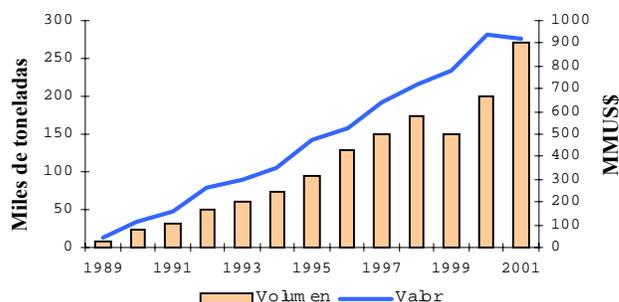
El acelerado crecimiento industrial se aprecia al comparar las cifras de producción: a principio de los años ochenta llegó a 80 toneladas, en 1984 sumó 500 y cuatro años más tarde alcanzó las 5500 tons. A partir de los noventa la industria se consolida. Dos cifras pueden graficar este aspecto: 1997, 247.970 toneladas de producción de salmónidos (salmón y trucha), alcanzando 206.000 toneladas embarcadas<sup>4</sup> en el 2000.

**Gráfico 1: Países productores de salmón a nivel mundial (2000)**



Fuente: Asociación de Productores de Salmón y Trucha

**Gráfico 2. Evolución Volumen y Valor exportación salmónes y truchas**



Fuente: Banco Central

El territorio ocupado en Chile por la industria salmonera se concentra principalmente en la décima región de Los Lagos y, desde hace algunos años, ha comenzado su expansión hacia la Undécima Región de Aysén.

### II. Las exitosas cifras de la salmonicultura chilena

Las cifras anteriores muestran cómo, durante el transcurso de la década de los noventa, la acuicultura

<sup>1</sup> La Ineficiencia de la Salmonicultura en Chile, 2000.

<sup>2</sup> Ibid.

<sup>3</sup> Ibid.

<sup>4</sup> Ibid.

#### Resumen Ejecutivo:

Impacto Ambiental de la Acuicultura  
El Estado de la Investigación en Chile y en el Mundo

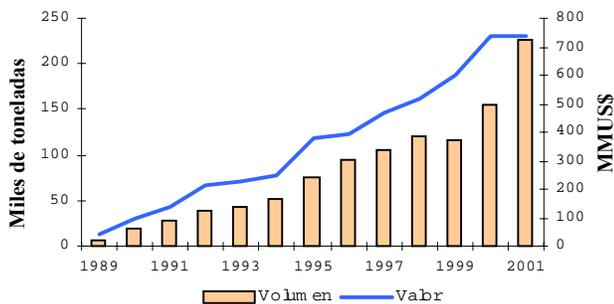
Escrito y Editado por:

Alejandro Buschmann, Universidad de Los Lagos  
Rodrigo Pizarro, Fundación Terram  
Daniela Doren, Fundación Terram

en general, y la salmonicultura en particular, experimentaron un crecimiento explosivo en Chile. Este fenómeno se consolidó el año 2000 cuando las exportaciones de salmones y truchas generaron retornos por US\$973 millones, muy cercanos a la meta de mil millones prevista por la Asociación de Exportadores de Salmón y Trucha para ese año, lo que significó una exportación de más 206 mil toneladas. Estas cifras propiciaron que a fines del año 2000, y hasta mediados del 2001, se hicieran estimaciones muy auspiciosas para el futuro del sector cuando se pronosticó que la salmonicultura triplicaría estos envíos e ingresos para el 2010<sup>5</sup>.

El objetivo declarado por los exportadores nacionales es lograr exportaciones por US\$ 3.000 millones anuales hacia el 2010. Esto significa, a lo menos, triplicar los volúmenes físicos exportados, si es que los precios se mantienen relativamente constantes (ver gráficos 2 y 3).

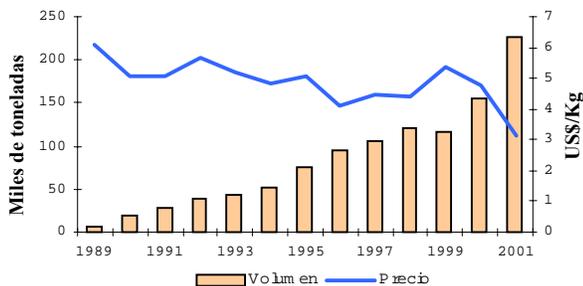
**Gráfico 3. Evolución Volumen y Valor exportación salmones**



Fuente: Banco Central

Pero la saturación del mercado internacional provocó que durante el año pasado tanto Japón como Noruega controlaran su capacidad de producción de salmones e instaló, además, una razonable duda sobre la posibilidad de que esta situación del mercado se deba a los enormes volúmenes que Chile ha incorporado al escenario mundial del salmón en la última década.

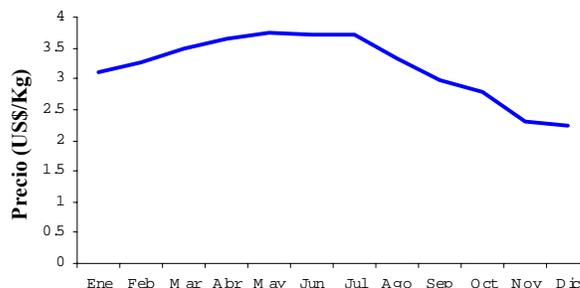
**Gráfico 4. Evolución Volumen y Precio exportación salmones**



Fuente: Banco Central

En el gráfico 4 se observa la relación entre volumen y valor que demuestra que en el último trimestre del 2000 la producción chilena aumentó. El gráfico 5 muestra la evolución de los precios del último año de exportación de este commodity donde se aprecia la reducción de su precio a partir de mayo.

**Gráfico 5. Evolución precio salmónidos, 2001**



Fuente: Banco Central

Al final del año 2001 el panorama económico para los exportadores de salmón de Chile fue radicalmente distinto al pronosticado en los primeros meses del mismo año: US\$ 964 millones en retornos, casi un 1% menos que el 2000, y 300.304, 46% más de toneladas exportadas, lo que significó que el 2001 los precios promedio (FOB/kilo) disminuyeron 32% en comparación con el año anterior<sup>6</sup>.

### III. Los impactos ambientales de la salmonicultura<sup>7</sup>

Tantos años de desarrollo de la actividad salmonera han sometido a los ecosistemas del sur chileno a una intensa modificación producida por las actividades humanas. Estos diversos y múltiples efectos sobre el

<sup>5</sup> AquaNoticias, 6 de abril de 2001

<sup>6</sup> www.salmonchile.cl, 4 de febrero de 2002

<sup>7</sup> Capítulo que resume parte del documento "Impacto Ambiental de la Acuicultura: el estado del conocimiento en Chile y el Mundo", basado en una revisión de los antecedentes publicados por diversos grupos de científicos establecidos en distintas regiones geográficas, así como en Chile. Este estudio entrega algunas bases conceptuales y dimensiona la problemática ambiental relacionada con la acuicultura (capítulo 2). Sigue con una discusión de aproximaciones metodológicas para determinar los efectos de esta actividad sobre ecosistemas acuáticos (capítulo 3) para, posteriormente, entregar los antecedentes existentes hoy sobre los efectos concretos que tiene esta actividad en el medio ambiente (capítulo 4). Luego analiza la evidencia existente en Chile (capítulo 5). Vistos los efectos medio ambientales, se indican aproximaciones metodológicas que han sido utilizadas para evaluar económicamente los impactos producidos por prácticas de acuicultura (capítulo 6). Para finalizar, se presentan alternativas tecnológicas y estrategias de producción que tienden a minimizar los efectos ambientales (capítulo 7) y se entregan recomendaciones y conclusiones (capítulo 8), noviembre 2001, Buschmann.

medio ambiente pueden originar tanto peligros para la salud humana<sup>8</sup>, como también cambios en la biodiversidad<sup>9</sup> y en muchas ocasiones, los conflictos de intereses generados por las iniciativas requeridas para mitigar estos impactos ambientales dificultan la discusión y retardan las medidas concretas de acción, confundiendo un ámbito que por sí solo es complejo<sup>10</sup>.

La acuicultura impacta en el medio ambiente a través de tres procesos: el consumo de recursos, el proceso de transformación y la asimilación o generación del producto final<sup>11</sup>. Para lograr sus objetivos la acuicultura requiere un amplio espectro de insumos distribuidos en una gran zona geográfica los cuales, a través de transformaciones, producen una concentración de desechos en un lugar determinado<sup>12</sup>.

Se ha estimado en diferentes regiones, organismos y sistemas de cultivo, que más del 60% del fósforo (P) y el 80% del nitrógeno (N) aportado por los desechos de las especies cultivadas termina, finalmente, en la columna de agua<sup>13</sup>. Estos cambios en la columna de agua incluirían alzas en los niveles de nutrientes (N y P) y aumento de la materia orgánica disuelta, así como una reducción de la concentración de oxígeno disuelto, alteración del pH<sup>14</sup>, de los niveles de conductividad y transparencia del agua<sup>15</sup>.

### 3.1 Los insumos y el consumo de recursos:

Tanto el *agua* como el *espacio* son imprescindibles para el desarrollo de la acuicultura cuya utilización genera constantes conflictos producidos tanto por las divergencias en torno a las mantenciones ambientales de la primera (niveles de oxígeno, cantidad de nutrientes, reservorio de enfermedades) como a las tensiones sociales que produce el segundo debido a los conflictos con otras actividades productivas (pesca artesanal, turismo, cultivos de algas, etc.). Además, *los materiales de construcción* para las instalaciones de acuicultura, *los químicos* utilizados en las labores de cultivos y la introducción de *ovas* (fuente de semilla) foráneas son elementos que alteran las condiciones ambientales de los ecosistemas y cuyos efectos aún han sido muy poco estudiados en Chile.

Mención a parte merece *el alimento*, uno de los principales insumos requeridos por la acuicultura animal. La producción, especialmente de peces y crustáceos (organismos de alto nivel trófico o carnívoros), se ha desarrollado basada en la industria de la harina de pescado. A mediados de los años noventa la producción mundial del salmón del Atlántico fue de 400 mil toneladas y, asumiendo un factor de conversión del alimento de 1,3:1 obtenemos que para

su producción fueron requeridas 520 mil toneladas de alimento. Si consideramos que la dieta del salmón contiene un 50% de harina de pescado y que cinco toneladas de peces son requeridas para procesar una tonelada de este insumo, se puede estimar que para sustentar la producción de salmón del atlántico se necesitó anualmente, 1,3 millones de toneladas de peces<sup>16</sup>, es decir, se requiere aproximadamente tres kilos de pescados para producir uno de salmón.

Esos datos indican que la demanda de harina de pescado equivale al 15% de la producción mundial y a un 5% de la pesca. Información actualizada sobre este punto ha permitido estimar que la acuicultura de organismos carnívoros está basada en una alta presión sobre las pesquerías con la consecuente modificación de los hábitats donde se sustenta la actividad pesquera<sup>17</sup>.

### 3.2 Proceso de transformación:

*Instalación de centros de cultivo:* la instalación de un centro productivo en el que se requerirán balsas jaula, líneas flotantes y otros sistemas, implica necesariamente un incremento de la actividad humana y de los niveles de ruido<sup>18</sup>. Ello tiene efectos adversos sobre la vida silvestre, tanto en el sitio específico como en toda la zona costera aledaña y en rutas de servicios cercanas a éste. Por otra parte, el cultivo de una especie en un lugar determinado atrae depredadores, lo cual puede producir la muerte de estos animales en forma accidental o deliberada.

### 3.3 Asimilación o generación del producto final:

La producción acuícola finaliza con la obtención de su producto y *sus desechos*. *Los desechos* pueden ser de distintos tipos desde plásticos y estructuras metálicas, hasta alimento no ingerido, productos de excreción, materias fecales, químicos,

<sup>8</sup> Clark, 1991.

<sup>9</sup> Caughley y Gunn, 1996

<sup>10</sup> Impacto Ambiental de la Acuicultura, el estado del conocimiento en Chile y el mundo, noviembre 2001, Alejandro Buschmann.

<sup>11</sup> Ibid.

<sup>12</sup> Folke y Kautsky, 1989

<sup>13</sup> Petterson, 1988; Holby y Hall, 1991; Wallin y Håkanon, 1991 a,b; Hall et al., 1992

<sup>14</sup> Expresa la concentración de protones ( $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ ), e indica el grado de acidez de una solución. La escala de pH va de 0 a 14. Una sustancia es neutra tiene  $\text{pH}=7$ , una alcalina posee un pH mayor a 7 y una solución ácida presenta un pH menor de 7.

<sup>15</sup> Brown et al., 1987; Hall et al., 1990; 1992; Cho y Bureau, 1997

<sup>16</sup> Beveridge, 1996.

<sup>17</sup> Naylor et al., 1998;2000.

<sup>18</sup> Beveridge 1996

microorganismos, parásitos y animales asilvestrados<sup>19</sup>. Del total del alimento suministrado para la producción de salmones cerca de un 25% de los nutrientes son asimilados por éstos, mientras que un 75% a 80% queda en el ambiente de una forma u otra. Una parte importante de estos desechos va al fondo y otro porcentaje queda en la columna de agua. Este aporte y concentración local de nutrientes tiene múltiples efectos ambientales.

*Uso de químicos* para combatir los parásitos, hongos y bacterias también producen residuos que permanecen en el ambiente teniendo diversos efectos sobre la biota. A la contaminación de materia orgánica, entonces, se suma una producida por los agentes químicos utilizados en las distintas prácticas de acuicultura. Entre ellos se cuentan algunos como elementos de construcción, protección contra la corrosión y anti-fijación de organismos incrustantes, así como otros que habitualmente se utilizan en las actividades de cultivo como algunos pigmentos incorporados al alimento, desinfectantes y diferentes productos utilizados para el control de enfermedades<sup>20</sup>.

Uno de los productos más relevantes por las cantidades utilizadas, especialmente en el cultivo de peces, son los diferentes fármacos requeridos para combatir enfermedades. Estos fármacos comprenden gran variedad de productos tales como antibióticos, fungicidas y compuestos antiparasitarios como el *verde malaquita*.

Hoy día se reconoce que los antibióticos pueden estar presentes a cientos de metros de los sistemas de cultivo, permanecer en el ambiente por más de dos semanas luego de ser suministrados, y encontrarse en organismos que consumieron restos de alimentos con residuos de antibióticos<sup>21</sup>. Esto implica la alerta sobre el consumo de estos organismos por el hombre<sup>22</sup>.

En cuanto al *verde malaquita*, se utiliza para el control de ectoparásitos<sup>23</sup> y se aplica dando baños a los peces infectados. Si los químicos son vertidos luego a los cuerpos de agua, éstos pueden afectar otros organismos, como, por ejemplo, larvas de diferentes crustáceos. No obstante, otros estudios no han logrado verificar efectos sobre la abundancia de invertebrados<sup>24</sup>, por lo que hay que abordar este tema con cautela.

#### 4. La Huella Ecológica:

Todas las actividades que requiere un centro de cultivo para su funcionamiento, desde la generación del alimento hasta el transporte y traslados como consecuencia de la demanda de los diferentes insumos

requeridos por parte de la acuicultura se puede explicar con el concepto de la "huella ecológica". Este término se refiere al requerimiento de espacio, tanto de agua como de tierra, necesario para proveer de recursos, servicios y energía a un área productiva determinada<sup>25</sup>. Estudios realizados en diferentes partes del mundo indican que el área requerida para garantizar el funcionamiento de una hectárea de cultivo de salmones es una superficie al menos 10 mil veces superior<sup>26</sup>.

#### IV. Investigación en Chile

En Chile, de los 823 centros acuícolas autorizados y con producción durante 1998, el 81% se encuentra en la Décima Región<sup>27</sup>, debido a la gran disponibilidad de sitios adecuados para las distintas prácticas acuícolas<sup>28</sup>. En esta región existen 268 centros de cultivo de salmónidos, 130 centros de cultivo de moluscos y 271 centros de cultivo de algas<sup>29</sup>. De las diversas actividades acuícolas en desarrollo, en Chile destaca la salmonicultura, que representa actualmente el 72% de la producción nacional, con 259 mil toneladas durante 1998<sup>30</sup>.

El 87% de esta producción se genera en la Décima Región, lo que implica un volumen de aproximadamente 226 mil toneladas<sup>31</sup>.

##### 4.1 El proceso de cultivo de salmón en Chile

El desarrollo de la acuicultura de salmónidos requiere de agua dulce para iniciar el cultivo, incubando las ovas hasta producir peces juveniles correspondientes a una fase denominada esmolt<sup>32</sup>. Esta fase de esmolt corresponde a peces en un estado fisiológico tal que se encuentran capacitados para regular su potencial osmótico<sup>33</sup> al ser transferidos al agua de mar. Estos

19 Beveridge, 1996

20 Alderman et al., 1994; Beveridge, 1996

21 Lunestad, 1992; Samuelsen et al., 1992

22 Yndestad, 1992

23 Organismo que vive sobre otro organismo vivo del que obtiene parte o todos los nutrientes que necesita para vivir, sin dar ninguna compensación a cambio al hospedador.

24 Murison et al., 1997

25 Folke et al., 1998

26 Folke et al., 1998

27 Anónimo, 1999

28 López et al., 1988; Buschmann et al., 1997

29 Anónimo, 1999

30 Anónimo, 1999

31 Anónimo, 1999

32 Boeuf et al., 1992

33 Capacidad para poder regular el metabolismo en aguas con diferentes salinidades.

reservorios de aguas continentales existentes en el sur de Chile se caracterizan por su alta calidad: los lagos son profundos, especialmente oligotróficos<sup>34</sup> y con aguas muy transparentes o cristalinas<sup>35</sup>.

El caso más emblemático es el lago Llanquihue, donde se produce casi el 80% de los esmolt de salmones con una producción de 2.500 toneladas por año y una contribución de 40 toneladas de fósforo equivalente al 13% del total que entra al lago<sup>36</sup>. No obstante, a pesar de estos ingresos de nutrientes al sistema, éste aún conserva una característica relativamente prístina, señalada por los niveles de clorofila, fósforo disuelto y transparencia del agua. Hay que indicar, eso sí, que estos nutrientes han aumentado en un factor de 2 en los últimos 10 años.

Conclusiones similares se han alcanzado para otros lagos tales como el Ranco<sup>37</sup>. Al parecer los lagos oligotróficos del sur de Chile tienen diversos mecanismos de resistencia a la eutrofización<sup>38</sup>, lo que ha permitido mantener su condición oligotrófica. Aún así, esta condición puede llegar a perderse en cualquier momento. Mühlhauser y colaboradores<sup>39</sup> describen que la producción secundaria bacteriana bajo balsas de cultivo de salmones en el lago Cucao, en Chiloé, aumentó con respecto a sitios controles alejados de los sistemas de cultivo.

En la etapa de agua salada, el cultivo de peces en Chile se lleva a cabo en bahías y fiordos de la X Región. Estudios realizados en sistemas experimentales han demostrado que la acumulación de materia orgánica puede ser significativa bajo balsas de pequeño tamaño, así como también el aumento en el número de depredadores bentónicos. Sin embargo, no se han detectado cambios en la abundancia ni en la riqueza de especies de foraminíferos<sup>40</sup>.

Otros estudios realizados en 5 sitios de cultivo, señalan que los efectos sobre los sedimentos y abundancia de macrofauna son mínimos<sup>41</sup>. Sus autores señalan que el gastrópodo *Nassarius Gayi*<sup>42</sup> incrementa su abundancia en lugares donde se realizan cultivos de salmónidos. A pesar de que los estudios de Larraín<sup>43</sup> fueron llevados a cabo en una diversidad de ambientes, al no indicar el diseño de muestreo y no presentar un análisis estadístico de su información, ésta es difícil de evaluar.

Otro documento<sup>44</sup> señala que la productividad bacteriana en sedimentos bajo balsas jaulas instaladas en zonas costeras no es significativamente diferente que en sitios de controles instalados a 50 y 100 metros de distancia. El programa de monitoreo se realizó en

Bahía de Metri, con profundidades entre 8-15 metros en su área de cultivo, corrientes superiores a 12,5 cm s<sup>-1</sup> a mediados de la década de los 90. Este programa recolectó información antes y después de iniciadas las actividades de cultivo de salmónidos, tanto en los lugares impactados como en sitios de control, considerando réplicas dentro y entre zonas.

De los resultados de este estudio se puede concluir que tras dos años de instalado el sistema de cultivo en esta bahía, con una producción fluctuante entre 90 a 150 toneladas por año, se produjo un incremento estadísticamente significativo del alga roja *Sarcothalia Crispata*, del molusco bentónico *Crepidula sp.*, de poliqueto *Capitella sp.*, así como de anfípodos<sup>45</sup> y ostrácodos<sup>46</sup>, presentes en los fondos arenosos bajo las balsas jaulas, y de dinoflagelados<sup>47</sup> en la columna de agua<sup>48</sup>.

Al utilizar distintos índices de diversidad ecológica, Vergara (2001) sólo detectó que el número efectivo de especies presentes en fondos blandos presentaba un aumento significativo, pero temporalmente acotado, lo cual indica un aumento esporádico de la dominancia de algunas especies bentónicas encontradas en los sitios de cultivo.

34 Lagos con aguas muy limpias y cristalinas sin contaminantes orgánicos.

35 Soto y Stockner, 1996

36 Soto y Campos, 1995

37 Soto y Campos, 1995

38 Soto y Stockner, 1996

39 Mühlhauser et al. (1993)

40 López et al., 1998

41 Larraín et al., 1993

42 Ver glosario

43 Larraín et al. (1993)

44 Mühlhauser et al., 1993

45 Es un crustáceo de pequeño tamaño. El tronco está segmentado, formando los primeros segmentos la cabeza y los últimos el abdomen, tienen un par de antenas, pleópodos o patas de los cuales los primeros tres pares anteriores se utilizan para nadar y para ventilación; muchos son excavadores consumados y algunos construyen tubos de lodo de materias secretadas, casi todos se alimentan de detritus o consumen materias orgánicas descompuestas y otros utilizan la alimentación de filtro.

46 Crustáceos pequeños parecidos superficialmente al camarón almeja por estar su cuerpo completamente por un caparazón bivalvo, las valvas son redondeadas o elípticas y su pared externa está impregnada de carbonato de calcio. La cabeza comprende casi la mitad del cuerpo, pues el tronco está muy reducido.

47 Organismos unicelulares que poseen dos flagelos orientados perpendicularmente. Hay formas tanto acorazadas, con paredes celulares compuestas de placas celulósicas, así como no acorazadas. Muchos dinoflagelados son además de autótrofos, heterótrofos, se alimentan de zooplankton o incluso parásitos y algunos de ellos producen las mareas rojas.

48 Vergara, 2001

En 1988 ocurrió una masiva mortalidad de peces asociada a un espectacular afloramiento de la microalga *Heterosigma Akashiwo*<sup>49 50</sup>. A partir de este hecho se estableció un programa de monitoreo en las zonas costeras de la X Región. Los resultados alcanzados no señalan que exista una relación entre las actividades de acuicultura y la abundancia de fitoplancton<sup>51</sup>. Sin embargo, estudios de Vergara<sup>52</sup> muestran un aumento estadísticamente significativo de dinoflagelados en las proximidades de sitios donde se cultivan peces. Dado que algunas especies de éstos pueden causar mareas rojas, este aspecto requiere de una especial atención en un futuro próximo.

Enfermedades existentes en Chile: En el cultivo intensivo de salmónidos se han detectado importantes patologías como, por ejemplo, la enfermedad bacteriana del riñón (BKD) que posiblemente ha sido una de las más importantes en Chile<sup>53</sup> a la que habría que sumar nuevas enfermedades tales como la septicemia rickettsial, registrada por vez primera en el año 1989 y que ha causado diferentes pérdidas a esta industria en Chile<sup>54</sup>.

La presencia en Chile del “Síndrome del Salmón Coho”, conocido inicialmente como “UA” (“unidentified agent”) y reportado desde 1989<sup>55</sup>, ha causado, desde 1981, importantes mortandades de peces en los cultivos comerciales de este salmónido<sup>56</sup> la cual ya ha sido reportada en los lagos chilenos por Bravo<sup>57</sup>. El continuo traspaso de reproductores de salmón “Coho” desde el mar al lago podría ser el vector que llevó este agente patógeno desde el mar, su ambiente natural, hacia el ambiente de agua dulce chileno<sup>58</sup>.

Otro componente importante de las patologías existentes en el cultivo de salmónidos y de peces nativos en Chile, es la presencia de piojo de mar *Caligus Rogerressey*<sup>59</sup>. Este copépodo ectoparásito de salmónidos también causa importantes pérdidas económicas y para combatirlo se han aplicado tratamientos químicos<sup>60</sup> los que lamentablemente tienen efectos tóxicos sobre la vida marina y la salud humana<sup>61</sup>.

Uso de antibióticos en la acuicultura chilena: El tratamiento de estas enfermedades requiere la aplicación de diferentes fármacos entre los que destacan el uso masivo de antibióticos. Aparentemente, pero sin contar con información exacta, se ha determinado que el uso de antibióticos en Chile excede ampliamente las cantidades utilizadas en otros países dedicados a la acuicultura como es el caso de Noruega<sup>62</sup>. Tampoco se tiene información sobre el modo en que se suministran estos antibióticos, y otros

fármacos, en Chile, es decir, si están incorporados en la dieta, lo que conllevaría una significativa eliminación al medio ambiente, o si es directamente aplicado como vacunas con un mayor grado de especificidad para el control de las enfermedades. Claramente esta falta de información, así como de sus efectos sobre el medio ambiente son aspectos que requieren urgente atención.

Los depredadores de la acuicultura en Chile: Censos del lobo marino común, realizados entre 1998 y 1999, entregaron para la X Región un total de 13 colonias reproductivas y 19 aposentaderos de lobo<sup>63</sup> marino común. El número promedio total de individuos de *Otaria Flavescens* se estimó en 29.352 en enero y 28.025 ejemplares en marzo de 1998 y se ha documentado que existe una relación inversa entre la presencia de cultivos de salmónidos y loberías de lobo marino común. En consecuencia, una de las causas más probables de la desaparición de loberías sería el aumento de la mortalidad de sus individuos, dirigida e incidentalmente llevada a cabo por los propios empleados de los centros de cultivos de salmónidos, como una medida para evitar las pérdidas económicas causadas por los ataques de lobos marinos a las balsas jaulas. Producto de esta interacción, se ha documentado una mortalidad de entre 5.000 a 6.000 ejemplares de lobo común causada directa e indirectamente por los centros de cultivos salmónidos<sup>64</sup>.

#### 4.2 Las necesidades de investigación en Chile

Para ponderar en forma objetiva las actuales tecnologías de producción que operan en el área de la salmonicultura, es necesario conocer y cuantificar los efectos ambientales de éstas, lo que es difícil por la escasez de antecedentes en Chile<sup>65</sup>.

---

49 Microalga componente del fitoplancton que puede producir efectos nocivos al cultivo de peces.

50 Clement y Lembeye, 1993

51 Clement, 1993

52 Vergara, 2001

53 Campalans, 1990

54 Fryer et al., 1990; Cvitanich et al., 1991

55 Bravo y Gutiérrez, 1991

56 Branson y Nieto, 1991

57 Bravo 1994.

58 Smith et al., 1996

59 Carvajal et al., 1998, González et al., 2000 y Carvajal et al., 2001

60 Marín et al., 2001

61 p. ej. Rose et al., 1998; Burka et al., 1997 y Collier & Pinn, 1998

62 Caro 1995

63 Lugar de transición utilizado para el descanso de los lobos marinos.

64 Terra Australis, 1999

65 Buschmann et al., 1996

Aunque desde hace varios años existe una demanda por estudios metodológicamente serios sobre la materia<sup>66</sup>, al parecer, todavía estamos frente a una situación de desconocimiento casi total de nuestros ambientes y de los efectos que allí están ocurriendo. Teniendo presente que la salmonicultura produce diversos impactos ambientales<sup>67</sup> es necesario conocer y cuantificar estos efectos a través de métodos sistemáticos y confiables<sup>68</sup>, con la finalidad de hacer compatibles los intereses de producción o desarrollo con los de conservación del ambiente<sup>69</sup>. Sólo una evaluación rigurosa, objetiva y transparente permitirá impulsar un desarrollo que tenga mayor grado de sustentabilidad.

## V. Los costos ambientales de la salmonicultura chilena<sup>70</sup>

Como hemos observado, la acuicultura produce diversos y múltiples impactos ambientales entre los que se encuentran los producidos por los desechos orgánicos de los peces y los residuos de su alimentación cuyo efecto principal es la eutrofización de las aguas.

La cantidad de nutrientes que produce una tonelada de peces en cultivo, ha decrecido a partir de 1974, desde 31 kilogramos de fósforo (P) y 129 de nitrógeno (N), hasta cerca de 9,5 de P y 78 de nitrógeno en 1994, principalmente debido a los cambios en la composición de los alimentos y al mejoramiento de los índices de conversión<sup>71</sup>. Al trasladar estos valores a una producción de 100 toneladas brutas de salmón, dan como resultado una producción de 78.000 kilogramos de nitrógeno y 9.500 kilogramos de fósforo por día, dependiendo de los métodos de alimentación y la calidad del alimento.

Los desechos orgánicos urbanos y/o industriales, tienen del mismo potencial de eutrofización de las aguas que aquellos producido por el cultivo de peces<sup>72</sup>. En el caso del hombre, la producción de desechos diarios tiene un promedio per cápita de 1,5 gramos de fósforo y 10 gramos de nitrógeno. Considerando estos valores, 100 toneladas de peces producirían desechos equivalentes a los de entre 2.800 y 3.200 personas, en países en desarrollo<sup>73</sup>.

Según estos cálculos las 80.000 toneladas de salmón producidas en Chile en 1994, habrían producido, entonces, desechos comparables a los de entre 2,2 a 2,6 millones de personas, lo cual es tres veces mayor que los producidos por el número de habitantes que vive en la zona donde se cultiva el salmón<sup>74</sup>.

Otro cálculo. En el año 2000 se produjeron en el país, 342 mil toneladas de salmón y trucha, lo que equivaldría a los desechos de entre 9,6 a 10,9 millones de personas. Sin embargo, si consideramos el nivel de avance en el desarrollo de manejos y técnicas de alimentación durante los últimos cinco años, las cifras de aporte de nitrógeno y fósforo han disminuido hasta valores de 33 kilogramos y 7 kilogramos, respectivamente, por cada tonelada bruta de salmones<sup>75</sup>.

Dado que la producción de salmónidos ha aumentado significativamente después del año 1994, hasta alcanzar las 342 mil toneladas en el 2000<sup>76</sup>, la producción de desechos por parte de la acuicultura es equivalente a una población de entre 3,03 a 4,6 millones de habitantes. Esto indica que pese a los esfuerzos de mejoramiento de las tecnologías empleadas, el crecimiento de esta actividad productiva sigue generando un aumento sostenido de los efectos sobre el medio ambiente.

Para calcular los costos ambientales de la industria acuícola chilena se requiere información de los costos que tienen los tratamientos de desecho, sin embargo, este tipo de información no está disponible en Chile en residuales. Por esta razón se han aplicado valores de países desarrollados, que pueden ser utilizados con las restricciones pertinentes para analizar los costos ambientales que la acuicultura chilena.

En Suecia, el costo para eliminar un kilogramo de nitrógeno de un volumen de agua varía entre US\$ 6,4 y US\$12,8 por kilo de este compuesto y, para el caso del fósforo, entre US\$ 2,6 y US\$ 3,8 por kilo<sup>77</sup>. Estos valores son los costos que efectivamente se cobran, por lo que pueden tomarse como la disponibilidad a pagar de las personas para tratar sus desechos. Por cierto que, debido a los menores ingresos, la disponibilidad a pagar en Chile, probablemente sea

66 ver López et al., 1988; Buschmann et al., 1996

67 Ervik et al., 1997

68 Panchang et al., 1997

69 Hurtubia, 1988; López y Buschmann, 1991; Spash, 1997

70 Este segmento es un extracto del documento "El Costo ambiental de la salmonicultura en Chile", preparado por el economista Rodrigo Pizarro en base a los antecedentes recopilados por el biólogo marino Alejandro Buschmann en "Impacto ambiental de la acuicultura: el estado de la investigación en Chile y el Mundo", noviembre de 2001.

71 Enell & Akerfors, 1991

72 Persson, 1992

73 Folke, et al, 1994

74 Buschmann et al, 1996

75 Troell, comunicación personal

76 Sernap 2000

77 Folke et al, 1994

Tabla N°1. Costo por Degradación Ambiental en la Industria Acuícola

Año	Producción de Salmones y Truchas Ton	Estimación de desechos		Costos US\$/ton Nitrógeno		Costos US\$/ton Fósforo		Costo Ambiental Total US\$ Millones	
		Nitrógeno	Fósforo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
		kg/ton	kg/ton	6,4 US\$/Kg	12,8 US\$/Kg	2,6 US\$/kg	3,8 US\$/kg		
1990	28.615	78	9,5	499,2	998,4	24,7	36,1	14,99	29,60
1991	42.480	78	9,5	499,2	998,4	24,7	36,1	22,26	43,95
1992	62.147	78	9,5	499,2	998,4	24,7	36,1	32,56	64,29
1993	77.475	78	9,5	499,2	998,4	24,7	36,1	40,59	80,15
1994	101.958	78	9,5	499,2	998,4	24,7	36,1	53,42	105,48
1995	141.377	33	7	211,2	422,4	18,2	26,6	32,43	63,48
1996	199.085	33	7	211,2	422,4	18,2	26,6	45,67	89,39
1997	247.970	33	7	211,2	422,4	18,2	26,6	56,88	111,34
1998	259.236	33	7	211,2	422,4	18,2	26,6	59,47	116,40
1999	230.188	33	7	211,2	422,4	18,2	26,6	52,81	103,35
2000	342.406	33	7	211,2	422,4	18,2	26,6	78,55	153,74

Fuente: SERNAP, Buschmann, et al 1996, Folke 1994

menor, no obstante, los costos efectivos serán aproximadamente equivalentes.

Si consideramos estos valores, y el nivel de producción en Chile en la década de los noventa, se puede estimar un costo ambiental anual por la descarga de nutrientes de la producción salmónida. Para la década pasada esta se estima en los resultados presentados en la tabla N°1. En esta tabla se observa que para el año 2000 los costos ambientales que generó el sector se situaron entre US\$78 y US\$153 millones, lo que es una cifra elevada ya que no se han considerado otros daños ambientales.

Para dimensionar estas cifras basta con tomar el Producto Interno Bruto del sector pesquero, que para el año 2000 alcanzó US\$1.205 millones (considera otras actividades no vinculadas a la salmonicultura, como cultivo de algas y otras especies, así como desembarques artesanales e industriales). Sin hacer una estimación

específica del PIB de la salmonicultura, es decir, el valor agregado que genera la producción de salmones y truchas, podemos aproximarnos a este valor con una estimación gruesa como el 40% del PIB de la pesca extrativa<sup>78</sup>. Realizando este cálculo podemos estimar que entre 16% y 32% del valor agregado generado por

<sup>78</sup> Esta es una estimación gruesa que las exportaciones generaron en el 2000 - del orden de US\$1000 millones y el valor agregado sectorial es 50% del valor bruto de producción en el año 2000, lo que alcanza a US\$500 millones. Sin embargo, es una estimación alta. Considérese que dentro del sector se encuentra el resto de la producción acuícola, los pescadores artesanales, la pesca de barcos factoria e industrial. Por lo que ésta debe ser considerada como una cota máxima.

Tabla 2. Acuicultura: PIB sectorial y Costo Ambiental de la Acuicultura

Año	Pesca PIB mm pesos 1986	Pesca PIB mm US\$ corrientes	Costo Ambiental US\$ Millones		Costo Ambiental/PIB Acuicultura	
			Bajo	Alto	Bajo	Alto
90	54.685	466	15	30	8%	16%
91	60.275	633	22	44	9%	17%
92	70.281	798	33	64	10%	20%
93	74.195	691	41	80	15%	29%
94	86.316	786	53	105	17%	34%
95	100.040	932	32	63	9%	17%
96	109.771	993	46	89	12%	23%
97	120.014	1.100	57	111	13%	25%
98	122.947	1.055	59	116	14%	28%
99	125.032	1.050	53	103	13%	25%
00	146.151	1.205	79	154	16%	32%
01	160.580	1.145	80	157	18%	34%

Fuente: Banco Central, Buschmann y Pizarro

la salmonicultura se puede adjudicar al costo ambiental o al consumo del capital ambiental. La suma de los costos ambientales en el período 1990 a 2000 alcanza entre US\$490 y US\$961 millones (ver tabla 2).

Otra forma de dimensionar estos resultados es si consideramos que el valor de un kilo de trucha oscila entre US\$ 3,1 y US\$ 3,5 el kilogramo (f.o.b.) si se internalizaran plenamente los costos ambientales (ver tabla3) los precios para la producción de un kilo de salmón aumentarían entre 15% a 57%, dependiendo del contenido de nitrógeno y fósforo en el alimento administrado

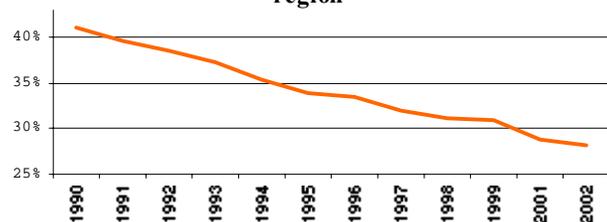
Dado que los precios han disminuido desde aproximadamente US\$5, a comienzo de la década de los noventa, hasta valores inferiores a un US\$4 e incluso a US\$3 en el año 2001, es predecible que la industria salmonera chilena, en la actualidad, no sea capaz de cubrir los costos ambientales si no se utilizan alimentos con una calidad apropiada o si no son administrados correctamente.

## VI. IMPACTOS SOCIALES

Además de los aspectos ambientales, los impactos sociales son muy importantes de considerar en todo proyecto que pretende la sustentabilidad en el tiempo. La teoría plantea que una de las finalidades de una actividad económica es garantizar un bienestar creciente de los trabajadores que se refleje en un aumento del empleo, de sus ingresos y de las condiciones la trabajo, sobre todo en el ámbito de seguridad. En todos estos casos se espera un crecimiento coherente según el aumento de la producción y el nivel de retornos de la industria.

Este es un aspecto que el sector salmonero chileno ha descuidado severamente. Según una declaración pública emitida por el presidente de la Central Unitaria de Trabajadores de Chiloé, Luis Sandoval, la mayoría de los empleadores del sector salmonero no acata el

**Gráfico 6. Ocupados en agricultura, caza y pesca en relación al total de ocupados en X región**



Fuente: INE

fuero maternal; paga salarios tan bajos que en muchos casos no superan el sueldo mínimo de \$105.000 y mantienen a sus trabajadores en una permanente falta de seguridad y una escasa prevención de riesgos. Esto se agrega a la ausencia de servicios básicos y la constante presión sobre los trabajadores activos sindicalmente, lo que se conoce como prácticas antisindicales.

Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), durante el período comprendido entre los años 1990 y 1999, y el trimestre móvil marzo -mayo del 2001, se observa en la X Región un crecimiento de la fuerza de trabajo relativamente estable y moderado. Los sectores más importantes en la generación de empleo fueron los de agricultura, caza y pesca; servicios comunales, sociales y personales; la industria manufacturera y el comercio.

Aunque el empleo ha caído en la rama agricultura, caza y pesca, ésta se mantiene como la más importante en la absorción de empleo<sup>79</sup>. Sin embargo, en el período 1990-1999 se pierden 12.163 puestos de trabajo, compensados en parte en la generación de empleos en otras ramas, de modo que se observa una tendencia a la disminución en el número de ocupados del sector agricultura, pesca y caza en relación al total de empleados de la región<sup>80</sup>, donde se encuentran los empleos de la acuicultura.

Por otro lado, mientras las compañías nacionales y transnacionales de monocultivo intensivo de salmón han crecido y se han capitalizado, la X Región continúa

**Tabla 3. Remuneraciones de trabajadores en empresas pesqueras según tamaño, X Región (Valores actualizados a 2000)**

Nº de trabajadores (Rango)	Sueldo líquido
<10	123.133
10 a 49	146.587
50 a 99	140.137
100 a 149	137.205
150 a 299	136.326
>300	150.574
<b>Ingreso Promedio</b>	<b>138.993</b>

Fuente: Universidad Arcis, 1999

\* Las 23 Plantas implican un 20% del Universo X Región

<sup>79</sup> Informe de Recursos 2000, Fundación Terram.

<sup>80</sup> Ibid.

siendo una de las tres más pobres del país, teniendo el 20,5% de su población en pobreza. A esto se suma un medio ambiente cada vez más debilitado y los crecientes conflictos entre la pesca artesanal y las compañías salmoneras.

Un aspecto laboral que se ha constituido en un problema serio en la industria salmonera es la gran cantidad de contratistas que proporciona mano de obra temporal a las grandes empresas y que, de paso, las liberan de cualquier responsabilidad con los trabajadores, especialmente en el aspecto de seguridad social y franquicias legales. Bajo este particular sistema el trabajo resulta más barato aún al evadir esos gastos indispensables<sup>81</sup>.

## VII. Las políticas públicas relacionadas con la salmonicultura: avanzar sin evaluar

Aunque el sector salmonero aún tiene muchas dudas que aclarar en torno a la sustentabilidad de sus prácticas y su viabilidad para constituirse en una herramienta eficaz para el desarrollo del país, sigue siendo visto por las autoridades económicas como el actual y futuro motor económico de las zonas más australes de Chile. La Patagonia chilena es su próximo objetivo y todas las gestiones indican que pronto se concretará la anunciada expansión territorial de este sector productivo.

### 7.1 La ley general de Pesca y Acuicultura

En sus primeros años la actividad acuícola se desarrolló sin el amparo de un sistema legal que regulara el crecimiento y la progresiva expansión de los centros de cultivo en casi toda la Décima Región del país. Recién el año 1989 se promulgó la Ley General de Pesca y Acuicultura. Un año antes la actividad había generado 5.500 toneladas de la especie, una cantidad que parece muy baja al compararse con las actuales cifras pero que si se compara con la de años anteriores, da pistas sobre el acelerado crecimiento de este sector de explotación de recursos naturales que, en menos de una década, logró duplicar en más de 30 veces su producción.

Con la publicación de la Ley General de Pesca y Acuicultura se establecieron los primeros criterios para regir al sector, sin embargo, éstos fueron muy superficiales debido a la ausencia de piezas claves como el Reglamento de Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura, el Reglamento Medio Ambiental y el Código Sanitario.

Sólo en 1994 se publicó la Ley General de Bases del Medio Ambiente que estableció que el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental contendría los criterios de sometimiento y evaluación de las empresas que trabajan directamente relacionadas con el entorno natural. La salmonicultura es una de estas actividades. Sin embargo, dicho sistema sólo entró en vigencia una vez que se aprobó este reglamento, en 1997. Es decir, durante la mayor parte de la década de los 90 esta industria se siguió desarrollando aceleradamente y sin regulaciones medioambientales que avalaran la sustentabilidad de sus prácticas. Para esa fecha los productores de salmón ya generaban 104.606,8 toneladas del producto con retornos por US\$337,28 millones<sup>82</sup>.

El 7 de julio del 2001 fue publicado en el Diario Oficial una modificación al Reglamento de Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura mediante DS 275 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción que permitirá la pronta resolución de más de 580 solicitudes de concesiones y autorizaciones para diferentes tipos de cultivos las que permanecían detenidas o demoradas por el trámite de otras peticiones en el país, entre ellas 117 de la XI Región, de las cuales 99,1% es para cultivo de salmones y 0,9% para moluscos. El factor más importante que estableció esta medida fue un plazo determinado para que los proyectos sean sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

De las 580 solicitudes pendientes, 218 son para salmones y 5 para salmones y moluscos. La modificación de la normativa es de gran relevancia, dado que le dará un gran impulso al desarrollo de la actividad acuícola (salmonicultura) en la región, especialmente en la X donde hay 392 concesiones detenidas, mientras que para la XI son 117 y en la XII sólo 56.

## VIII. SUBSIDIOS

Existen dos instrumentos a los cuales el sector puede acceder. Estos son el Decreto Ley 889 para el fomento de la contratación de mano de obra en zonas extremas, aplicable para cualquier actividad en la I, XI y XII regiones y además para las comunas de Palena y Chiloé de la X Región y que subsidia la contratación de mano de obra en un 17% con un tope máximo de 154 mil pesos, es decir 26 mil pesos por trabajador contratado.

<sup>81</sup> Ibid.

<sup>82</sup> Asociación de Productores de Salmón y Trucha, [www.salmonchile.cl](http://www.salmonchile.cl).

El otro es la Ley Austral aplicable a la misma zona que permite un crédito tributario de hasta el 40% de la inversión hasta el 2028. Este puede ser un beneficio muy significativo para la industria acuícola y especialmente para la proyección de la industria en la XI región.

A la fecha no existen estudio para determinar cuántas empresas acuícolas han accedido a estos beneficios.

## IX. ALGUNAS CONCLUSIONES

Si bien todos los actores reconocen los impactos generados por la industria, existen distintas evaluaciones en relación a la capacidad de carga efectiva de los ecosistemas marinos y de agua dulce de Chile, así como sobre el aporte de la actividad al desarrollo local.

En el primer caso sólo una investigación científica seria, con muestreos específicos, podrá dilucidar el impacto real de la actividad. Particularmente importante es aclarar en esto los efectos agudos de los crónicos. Sin embargo, con la evidencia internacional, el principio de la precaución sugeriría cautela ante tan explosivo crecimiento y la posibilidad de generar daños irreversibles<sup>83</sup>.

En el segundo aspecto es importante señalar que todas las actividades económicas generan beneficios para el entorno local, la pregunta es cuántos efectivamente son y cuál es el costo de ese aporte<sup>84</sup>.

El débil marco regulatorio chileno y la ausencia de una fiscalización adecuada podrían generar enormes problemas ambientales y conflictos sociales a futuro obstaculizando así la posibilidad que la actividad acuícola se proyecte en el tiempo. En consecuencia es del interés de la propia industria permitir mayor regulación y fiscalización de sus actividades. Por cierto, no se trata de prohibir la actividad sino generar instrumentos de regulación y apoyo que permitan que ésta se desarrolle en un marco de criterios de sustentabilidad<sup>85</sup>.

Una actividad como la acuicultura estará sujeta a cuestionamientos permanentes dentro y fuera del país<sup>86</sup> debido a sus serios impactos ambientales entre los que se cuentan la sobrexplotación de biomásas marinas, para lo cual prácticamente no existe un marco regulatorio, siendo la fiscalización escasa e ineficaz. Además los salarios son miserables y las ganancias enormes y, más aún, es subsidiada con los pocos instrumentos de fomento que cuenta el Estado.

Es imprescindible que el Estado chileno revise estas materias antes de la extensión de las concesiones hacia el Sur de Chile. El mínimo sentido común exige una seria evaluación de la estrategia de promover el sector, no sólo en términos económicos por las futuras acusaciones de dumping, sino también por el hecho que el principio de precaución ambiental obliga a las autoridades a evaluar si se está hipotecando la base material de los recursos del Sur de Chile<sup>87</sup>.

---

<sup>83</sup> Rodrigo Pizarro, director de estudios de Fundación Terram, referencia directa.

<sup>84</sup> *Ibid*

<sup>85</sup> *Ibid*

<sup>86</sup> *Ibid*

<sup>87</sup> *Ibid*

## Otras Publicaciones de Fundación Terram

- APP-1 Distribución del Ingreso y Reforma Tributaria, 07-2001  
APP-2 La Norma ISO 14001 y su Aplicación en Chile, 07-2001  
APP-3 Contaminación Atmosférica de la Región Metropolitana, 09-2001  
APP-4 Evaluación de los Impactos de la Producción de Celulosa, 11-2001  
APP-5 El Costo Ambiental de la Salmonicultura en Chile, 11-2001  
APP-6 El Tratado de Libre Comercio entre Chile y Estados Unidos: Mitos y Realidades, 02-2002  
APP-7 El Aluminio en el Mundo, 04-2002  
APP-8 Alumysa, 04-2002  
APP-9 El Fracaso de la Política Fiscal de la Concertación, 04-2002  
ICS-0 Desde la Perspectiva de la Sustentabilidad, 05-2001  
ICS-1 Estancamiento Económico Chileno: El fin de un Ciclo de Expansión, 08-2001  
ICS-2 Por una Agenda Pro-Crecimiento Sustentable, 11-2001  
ICS-3 ¿Qué Pasa con la Inversión?, 02-2002  
IPE-1 Una Vena sobre un Parque, 03-2002  
RPP-1 La Ineficiencia de la Salmonicultura en Chile: Aspectos sociales, económicos y ambientales, 07-2000  
RPP-2 El Valor de la Biodiversidad en Chile: Aspectos económicos, ambientales y legales, 09-2000  
RPP-3 Salmonicultura en Chile: Desarrollo, Proyecciones e Impact, 11-2001  
Informe de Recursos 1990-1999  
Informe de Recursos 2000  
Ellos se comen el salmón...pero ¿quién paga el Pato?, 06-2001  
Patagonia está en venta, ¡solicite su concesión YA!, 08-2001
- English**
- PPS-1 The Value of Chilean Biodiversity: Economic, environmental and legal considerations, 05-2001  
PPS-2 The Free Trade Agreement between Chile and the USA: Myths and Reality, 03-2002

Escuche nuestro programa radial "Archivos del Subdesarrollo", todos los miércoles a las 18:30 horas en Radio Universidad de Chile, 102.5 F.M.

**Fundación Terram** es una Organización No-Gubernamental, sin fines de lucro, creada con el propósito de generar una propuesta de desarrollo sustentable en el país; con este objetivo, Terram se ha puesto como tarea fundamental construir reflexión, capacidad crítica y proposiciones que estimulen la indispensable renovación del pensamiento político, social y económico del país.

Para pedir más información o aportar su opinión se puede comunicar con Fundación Terram:

**Fundación Terram**

Huelén 95 - Oficina 3

Santiago, Chile

Página Web: [www.terram.cl](http://www.terram.cl)

[Info@terram.cl](mailto:Info@terram.cl)

Teléfono (56) (2) 264-0682

Fax: (56) (2) 264-2514