



Industria y Contaminación Marina



Documento 19 / Diciembre 2005

Alejandro Buschmann

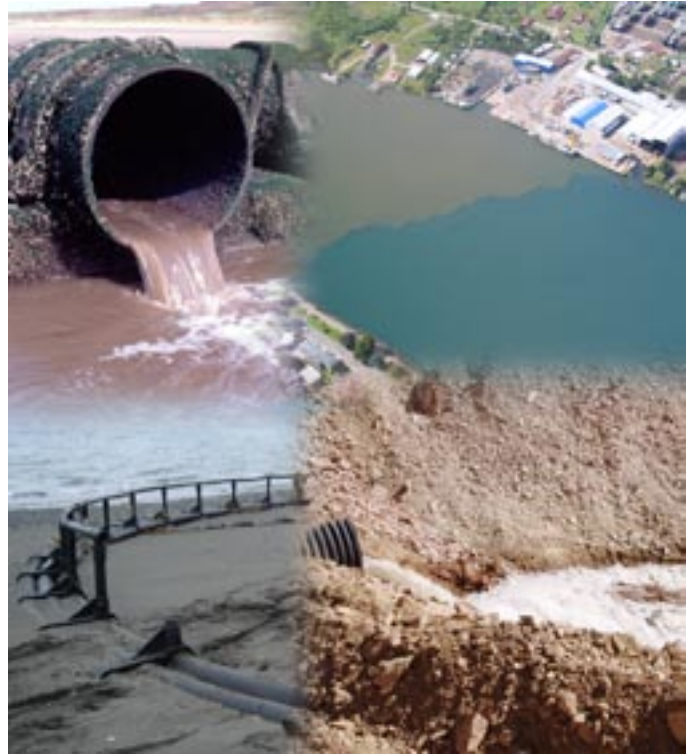
Biólogo Marino, Doctor en Ciencias de la Ecología.

Antonia Fortt

Ingeniera Ambiental.

Oceana. Oficina para América Latina y la Antártica.

Industria y Contaminación Marina



Alejandro Buschmann

Biólogo Marino, Doctor en Ciencias de la Ecología.

Antonia Fortt

Ingeniera Ambiental.

Oceana. Oficina para América Latina y la Antártica.

Colaboraron en este documento:

Julio A. Vasquez

Ramón Ahumada

María Carmen Hernández

Carlos Astudillo

Presentación

Los océanos eran considerados grandes reservas de vida y se suponía que poseían una gran capacidad para asimilar todo tipo de desechos. Así, muchas de las zonas marinas actualmente contaminadas, alguna vez brillaron por sus excelentes pesquerías y por poseer recursos hidrológicos de alta calidad.

En Chile, cada cierto tiempo se hace evidente la desprotección de nuestras aguas ante los intereses económicos. La muerte de aves o peces causadas por un derrame de petróleo o las consecuencias de la poca sustentabilidad ambiental de una planta de celulosa o minera hacen patente el poco interés que existe por proteger un recurso que no debiera ser visto, tal como hasta ahora, como un lugar barato para tirar la basura. Al contrario, el cuidado de nuestro mar debe ser entendido como la única forma de mantener un desarrollo sustentable que llegue a toda nuestra población, a diferencia del modelo actual de explotación de las aguas chilenas que sólo beneficia al gran empresariado.

El presente texto busca anticipar y alertar de los graves hechos que silenciosamente están ocurriendo hoy en Chile. Para ello, presentamos tres trabajos donde científicos nacionales dan cuenta del escaso interés que ha existido de parte del Estado por investigar y proteger los efectos a mediano y largo plazo que están generando la industria minera, siderúrgica y salmonera, entre otras, en el mar chileno. Junto con esto, se incluye una síntesis de tres hechos de grave contaminación y potencial daño del medioambiente que mantuvieron alerta a la sociedad civil durante el 2005.

En zonas como Caleta Palito, Bahía de San Vicente o los fiordos de Palena en la Undécima Región, podemos apreciar como va desapareciendo la diversidad de la flora y fauna marina y van sobreviviendo las pocas especies que se adaptan a las nuevas condiciones que genera la contaminación del mar.

Por ello, se requiere una intervención urgente, mayores estudios a largo plazo y la obligación para las empresas contaminantes de detener su producción hasta que no logren ser ambiental y socialmente sustentable. Esto se hace patente cuando evidenciamos la conexión entre las mareas rojas del norte y sur del país producida por la acuicultura y las fatídicas consecuencias que tendría para la salud humana el uso de antibióticos en la cría de salmones, prohibida en países desarrollados.

En síntesis, el actual patrón de acumulación de riquezas que impera en Chile ha convertido al mar en el lugar donde se esconde la basura de los grandes proyectos económicos. Esta situación hace imposible que logremos un desarrollo para toda la población, al contrario consolida un modelo de beneficios para unos pocos y la destrucción de una riqueza que, a pesar de lo que se creía, está desapareciendo.

Marcel Claude
Director ejecutivo Oceana

Índice

Introducción	9
CASO 1: La Minería en el norte de Chile	11
1.1 Principales metales pesados liberados al ambiente, producto de actividad minera	12
1.2 Organismos indicadores de perturbaciones químicas y efecto sobre los individuos	12
1.3 Comunidades intermareales	13
1.4 Comunidades submareales	15
1.4.1 Estudio del macrobentos submareal fondos blandos	15
1.4.2 Efecto en ambientes submareales con fondos duros	16
1.4.2.1 Fondos rocosos	18
1.4.2.2 Fondos arenosos	19
1.5 Resumen	20
Contaminación durante el 2005	21
Cuadro 1: Antofagasta 2005: Una tras otra.	23
Cuadro 2: Pascua Lama: ¿Minería Responsable?	25
Cuadro 3: Celulosa Arauco y Constitución: Muerte y migración de cisnes de cuello negro	29
CASO 2: Problemas ambientales de Bahía Concepción y San Vicente	31
2.1 Bahía San Vicente	32
2.2 Bahía de Concepción	35
2.3 Resumen	37
CASO 3: Efectos ambientales de la acuicultura	38
3.1 Disminución de la biodiversidad	39
3.2 PVC, antibióticos y mareas rojas	40
3.3 Futuro de la salmonicultura	41
3.4 Resumen	41
Conclusiones Generales	43
Glosario	45

Introducción

Este trabajo une tres textos bajo la denominación de Casos Emblemáticos. Un elemento común a todos ellos es la desprotección de nuestro mar ante la contaminación producida por las grandes industrias.

En el primero texto, "La minería en el norte de Chile", revisaremos las implicancias de los principales metales pesados liberados al ambiente, producto de la actividad minera. Para ello, examinaremos los organismos indicadores de perturbaciones químicas y los efectos sobre los individuos, analizando las comunidades intermareales y las submareales.

En el segundo, "Problemas ambientales de Bahía San Vicente y Concepción", analizamos las descargas de las industrias acerera y química, y la actividad de astilleros en relación a San Vicente; en el caso de Concepción, revisamos la distribución de metales en los sedimentos y la contaminación de materia orgánica en invierno y verano, este último el periodo más crítico.

Finalmente en "Efectos ambientales de la Acuicultura" se da cuenta de los desechos producidos por esta industria, los cuales entre otras cosas, disminuyen la biodiversidad de nuestro mar. Asimismo se explican las consecuencias nocivas para la salud humana y el ecosistema acuático del uso de PVC y antibióticos.

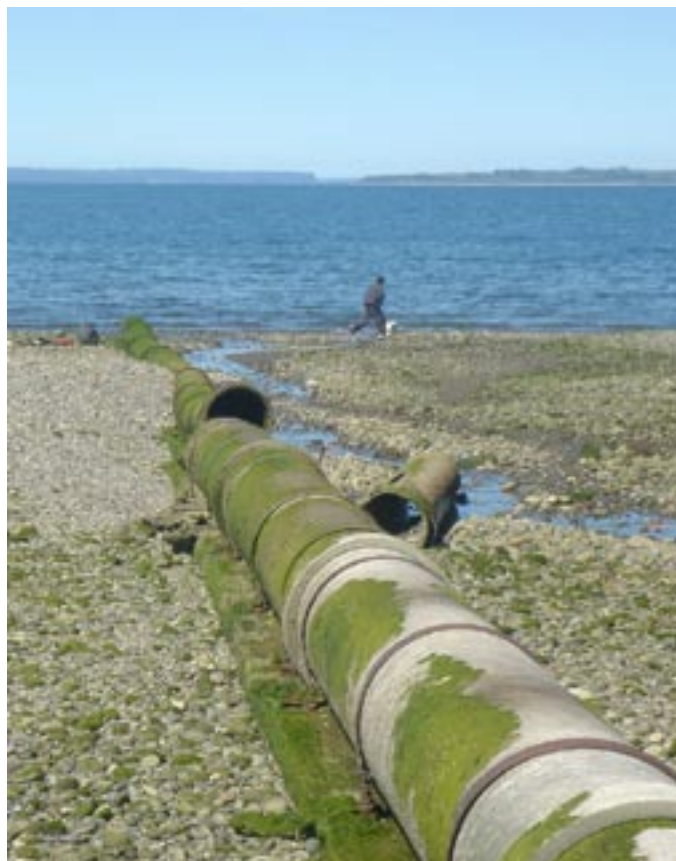
En la última parte, el texto explica algunas de las conexiones que tienen los focos de marea roja en el norte y sur del país, así como también los efectos no deseados por fugas o ingestión de alimentos contaminados.

Además, revisamos tres ejemplos que dan cuenta de dos graves hechos de contaminación y el intento de una minera trasnacional de intervenir un valle con nefastas

consecuencias. Todo esto ocurrió durante el 2005, generando la organización y movilización de la sociedad civil.

Cada uno de estos problemas forma parte de una batería de fuentes y causas de contaminación costera, los que debieran ser abordados de manera exhaustiva por la autoridad con el fin de evitar que este recurso siga siendo dañado.

Cabe mencionar que el presente trabajo no aborda en profundidad los temas de emisarios submarinos o contaminación por hidrocarburos, sin embargo consideramos que son temas que deben ser tratados en el futuro.



Antiguo colector en desuso, Puerto Montt

CASOS EMBLEMATICOS

CASO 1: La minería en el norte de Chile

Por Julio Vásquez

La mayor debilidad de la sociedad contemporánea ha sido su falencia en utilizar los principios ecológicos para minimizar los impactos negativos de las actividades humanas. En este contexto, el conocimiento de los patrones y procesos de la organización ecológica, donde la actividad antrópica es la que genera los mayores impactos sobre las comunidades biológicas, es fundamental para el desarrollo de procedimientos que aseguren la protección y la conservación de los recursos vivos.

En Chile, una de las actividades productivas de mayor repercusión en las comunidades biológicas terrestres y marinas ha sido la actividad minera, generando perturbaciones significativas y emblemáticas, principalmente en el norte del país. Hoy se discute la aprobación de un nuevo proyecto minero llamado Pascua Lama, el cual impactaría negativamente una zona del Valle del Huasco¹.

La topografía de la costa del norte de Chile, entre Arica y Coquimbo, forma una línea casi recta a macroescala, con pocos accidentes geográficos y expuesta a vientos predominantes del suroeste e intenso oleaje. Esta macroregión se caracteriza por poseer pocas playas de arena, ambientes rocosos expuestos a los vientos y escasas bahías protegidas (Guiler 1959, Viviani 1979, Santelices 1989). En este sector del litoral, especialmente en el comprendido entre Tocopilla y Coquimbo, se concentra la mayor actividad minera relacionada con la elaboración, tratamiento, transformación y embarque del producto de la actividad industrial minera.

Chile es un país de un enorme potencial minero, donde el cobre constituye su principal rubro de exportación,



Valle del Huasco

constituyendo más del 60% del producto geográfico bruto (PGB). Entre la Primera y la Cuarta Región, existen extraordinarios yacimientos que concentran más del 25% de las reservas mundiales de cobre, el 40% de las reservas mundiales de molibdeno y el 30% de las reservas mundiales de litio. Además, en esta zona se encuentran importantes yacimientos de oro, hierro, plata, manganeso, cobalto, mercurio, plomo y zinc. (Corvalán 1985).

La extracción de estos recursos no-renovables produce severas modificaciones en los ecosistemas terrestres y marinos por la remoción de materiales, el uso de aguas superficiales y subterráneas, la ocupación de terrenos y la descarga de residuos sólidos y líquidos. Cuando estos últimos no son depositados en tranques, se vierten directamente a cursos de aguas o al mar, produciendo perturbaciones catastróficas en la biota marina (Boré 1992). En un análisis sistematizado de los problemas ambientales en Chile, Hajek et al. (1990) sostienen que la reducción de la diversidad orgánica de las comunidades marinas litorales, producto de la contaminación de la actividad minera industrial, es uno de los problemas de mayor relevancia desde la Segunda hasta la Cuarta

¹ Ver página 25, Pascua Lama: ¿Minería Responsable?

Región del país.

Por otro lado, en el norte de Chile es común la presencia de cinturones metalogénicos de hierro en la costa, de cobre-molibdeno y plata-plomo-zinc en la zona central y de cinturones de estroncio-antimonio-bismuto-wolframio en los Andes (Frutus 1987). Si aceptamos que el proceso de metalogénesis no es un fenómeno reciente en la escala

geológica, podemos inferir que los organismos debieran estar adaptados a este tipo de ambientes. En este contexto, en la costa norte de Chile los valores de cobre, níquel, arsénico, plata en el agua de mar y organismos marinos son inusualmente altos, en comparación con otros lugares del mundo y comparativamente mayores que en el resto del país (Vásquez & Guerra 1996, Vásquez

1.1 Principales metales pesados liberados al ambiente, producto de actividad minera

Los metales son componentes naturales del agua de mar y muchos de ellos como el cobre, hierro, manganeso, níquel, selenio, vanadio y zinc participan en procesos esenciales de los organismos marinos. Son requeridos como micronutrientes en muchas enzimas y en sistemas de transporte de electrones en sistemas vivos (Coale 1991). Por ejemplo, proteínas cuyas matrices incorporan cobre se encuentran en bacterias, plantas y animales (Abdel-Mageed & Oeheme 1990). Así, los organismos han desarrollado mecanismos evolutivos para la captación, transporte, utilización y tolerancia de estas sustancias metálicas. Una vez que la capacidad de asimilación es excedida, ya sea por un exceso del ión o por presencia inusual de altos niveles de metales no esenciales como plata, cadmio, mercurio y plomo, pueden ocurrir numerosos y nocivos

efectos en los organismos expuestos.

La mayoría de los metales anteriormente mencionados son componentes frecuentes de los desechos mineros en el norte de Chile. Recientemente, 17 elementos químicos derivados de los procesos de reducción de cobre y hierro han sido reportados en catorce especies de macroalgas en el norte de Chile (Vásquez & Guerra 1996). Sin embargo, la mayoría de estos metales son también resultantes de procesos orogénicos, de actividad volcánica y de eventos climáticos locales. En consecuencia, dado las especiales condiciones de la costa de Chile no es fácil definir su origen.

1.2 Organismos indicadores de perturbaciones químicas y efecto sobre los individuos

El análisis de sedimentos y/o agua circundante ha sido comúnmente usado en la detección y evaluación de procesos contaminantes. Durante los últimos años, se ha demostrado que organismos marinos como peces (Beder, 1989; Weis & Weis, 1989; Gray et al., 1992; Otway, 1992) e invertebrados filtradores (Zauke et al., 1992; Gerhardt, 1993) son excelentes indicadores de los niveles de concentración de metales y han sido usados para determinar focos de contaminación en ambientes marinos. En general, estos trabajos evalúan el nivel de

acumulación de metales pesados en distintas partes del cuerpo de los organismos indicadores.

Las algas, a pesar de presentar ventajas comparativas como indicadores naturales, han sido escasamente utilizadas como indicadores de contaminación. Estos organismos, tienen una gran capacidad para acumular metales pesados del medio circundante (Munda & Hudnik, 1991; Güven et al., 1992; Drude de Lacerda et al., 1985; Foster, 1976). De ellos, el grupo de las algas pardas no

presenta mecanismos reguladores en la concentración de metales, lo cual las hace aptas para ser utilizadas como biosensores de metales pesados (Bryan, 1969; Fuge & Janes, 1974; Hagerhall, 1973; Haug et al., 1974; Morris & Bale, 1975).

Así, especies de algas como Fucales - *Fucus serratus*, *F. spiralis*, *F. vesiculosus* y *Ascophyllum nodosum* - y algunas Laminariales, pueden ser considerados en general buenos bioindicadores de contaminación (Foster, 1976; Prude de Lacerda et al., 1985; Seeliger & Edwards, 1976; van Der Ben et al., 1990). Entre las *Chlorophyta*, *Enteromorpha spp* y *Ulva lactuca*, presentan correlaciones positivas entre las concentraciones de metales en el agua y en el tejido algal (Seeliger & Edwards, 1976; Foster, 1967; Prude de Lacerda et al., 1985; Stromgren, 1980; Ho, 1990). La tendencia general en el análisis de los efectos de los relaves de la

minería en las comunidades marinas litorales del norte de Chile, se refiere casi en su totalidad a la evaluación cuantitativa de metales pesados en invertebrados (Boré et al. 1989, Vásquez 1995a, Hernández & Landaeta 1998), vertebrados (Boré et al. 1989), algas (Vásquez 1995), agua de mar (Ahumada et al. 1989, Hernández 1998, Vásquez et al. 1999) y sedimentos (Ahumada et al. 1989, Salamanca & Caamaño 1994, Ahumada 1994, Vásquez 1995b, Ahumada 1998, Vásquez et al. 2001).

Sin embargo, a pesar del impacto que los desechos de la minería han generado en las comunidades litorales, existe escasa información relacionada con el efecto de estas perturbaciones sobre la estructura y la organización de las comunidades intermareales, y más aún, sobre las comunidades submareales someras aledañas.

1.3 Comunidades intermareales

Los pioneros trabajos de Castilla y Nealler (1978) y Castilla (1983), demostraron que las descargas de la minería del cobre afectan significativamente la mayoría de las actividades litorales como la navegación, la geomorfología de la costa, los ecosistemas marinos, la extracción de los recursos de importancia comercial y las actividades recreativas. Entre 1938 y 1974, 150 millones de toneladas de sedimentos no tratados, provenientes de las minas de cobre El Salvador y Potrerillos, fueron depositados en la Bahía de Chañaral. En 1975 las descargas de los desechos mineros fueron reubicadas en dirección norte (Caleta Palito a ocho km. de Chañaral), acumulando sedimentos a una tasa de 25 mil toneladas de sedimento fino por día (Castilla & Nealler 1978). Los efectos en la estructura de las comunidades intermareales, especialmente la dramática reducción de la diversidad específica en las costas de Chañaral, ha sido documentada por Castilla &

Nealler (1978), Castilla (1995) y Vásquez & Guerra (1996). Estudios recientes en Caleta Palito sugieren adaptaciones fisiológicas de macroalgas a altas concentraciones de cobre, como también una leve recuperación de la riqueza de especies intermareales, 65 años después de iniciado el vertimiento de las colas de la minería en las costas de Chañaral (Correa et al. 1996). Reportes de la biodiversidad de macroalgas intermareales en catorce playas rocosas del norte de Chile, entre Antofagasta y Puerto Aldea, muestran que en áreas contaminadas por relaves de cobre (Caleta Palito, Santo Domingo y Chañaral), la única especie presente es la macroalga marina *Enteromorpha compressa*. En contraste, playas no contaminadas rocosas tienen entre diez a 22 especies de macroalgas (Vásquez & Guerra 1995). En el litoral de Taltal, estudios de la estructura de comunidades rocosas intermareales muestran dramáticas reducciones de la

composición, cobertura y diversidad de especies sésiles en áreas contaminadas con cobre, en comparación con áreas aledañas de control (Fariña & Castilla 2001). Al igual que en Caleta Palito (Correa et al. 1996, Fariña et al. en prensa), las localidades receptoras de relave de la minería de cobre en el litoral de Taltal (Enami, Santo Domingo) constituyen ensamblajes mono-específicos dominados en cobertura y biomasa por *Enteromorpha compressa* (Fariña & Castilla 2001). Estos cambios en composición están asociados a la concentración de metales trazas y partículas inorgánicas de los desechos de la minería. Diferentes hipótesis han sido sugeridas para explicar estas diferencias: alta concentración de cobre en la matriz de agua de mar, combinación y concentración de metales traza (cobre, zinc y cadmio) en la misma agua y densidad de herbívoros pastoreadores.

En contraste a la reducción de la riqueza específica, las comunidades rocosas intermareales contaminadas por relaves de cobre en el norte de Chile han mostrado una alta productividad primaria, promoviendo el aumento de consumidores secundarios como reptiles, peces intermareales de gran tamaño y crustáceos decápodos. Por el contrario, estos ambientes estructuralmente simples carecen de la ocurrencia de aves. Esta comunidad altamente contaminada por relaves de cobre, constituye un escenario teórico que ha permitido demostrar la relación entre la riqueza de especies y la productividad en ecosistemas marinos fuertemente perturbados (Fariña et al. en prensa).

Desde mediados de los '80, la Ley General de Medio Ambiente ha regulado los proyectos de explotación minera, resguardando los eventuales impactos de los relaves tanto en ambientes terrestres como marinos. En este contexto, numerosos estudios de línea base y de programas de seguimiento de eventuales impactos en zonas costeras son mantenidos por empresas de la gran

minería. La mayoría de esta información corresponde a literatura gris de difícil acceso, sin embargo, existen artículos relevantes (ver Arcos [ed.] 1998) que permiten analizar los eventuales impactos en un contexto temporal.

En 1989 Minera Escondida Limitada (MEL) inició un programa de seguimiento de las comunidades intermareales con el objeto de conseguir los permisos ambientales correspondientes para la construcción y operación de las Plantas de Filtros de concentrados de MEL en la zona costera de Punta Coloso en Antofagasta. El análisis estadístico de la información recopilada entre 1989-1996 muestra que las comunidades intermareales de esta zona no han sufrido variación en términos de diversidad y abundancia cuando se comparan muestreos antes, durante y después del inicio de las actividades de MEL (Castilla, 1998).

Contradiendo lo anterior, estudios recientes en la costa de Antofagasta (Carrasco, 1994; Castilla, 1994, Castilla 1998, Carrasco 1998, Hernández & Landaeta 1998) y Chañaral (Miethke et al., 1992), documentan el efecto de contaminación por actividad minera sobre los patrones de diversidad y abundancia específica en los ecosistemas marinos litorales en el norte de Chile. Más aún, la mayoría de estos estudios carecen de líneas base comparativas o de áreas de control biológicamente válidas, que permitan evaluar la magnitud de las perturbaciones en las comunidades marinas costeras.

Los trabajos mencionados en esta sección se refieren exclusivamente a organismos y sedimentos intermareales. No existen antecedentes que documenten los niveles de contaminación en organismos marinos submareales, ni el efecto sobre la estructura de comunidades submareales entre 0 y 30 metros de profundidad en las inmediaciones de las instalaciones de MEL en Puerto Coloso.

1.4 Comunidades submareales

El efecto de los desechos de la minería del cobre y hierro en la franja costera de algunas localidades del norte de Chile, que aloja gran parte de la biodiversidad marina y la mayoría de los organismos bentónicos de importancia económica, ha sido estudiado a distintos niveles de organización: en la columna de agua y sedimentos (Vásquez et al. 1999, Hernández 1998, Ahumada 1998, Carrasco 1998), en especies (Correa et al. 1996, Vásquez & Guerra 1996), poblaciones (Vásquez et al., 1999, 2000) y a nivel de comunidades bentónicas (Vásquez et al. 1999, 2001b).

En esta zona persisten hasta la fecha numerosos focos de contaminación provenientes principalmente de la mediana minería, impactando las comunidades submareales someras. Sin embargo, existen algunos ejemplos de monitoreo de largo aliento que han permitido identificar, controlar y mitigar eventuales efectos de esta actividad productiva. Algunos estudios bentónicos submareales, que mantienen continuidad durante las últimas dos décadas son: estudio del macrobentos sublitoral frente a Punta Coloso (Carrasco 1998), Programas de seguimiento anual en Bahía Mejillones del Sur (Vásquez 2003, PISCI 2001, 2002), y últimamente programas de seguimiento frente a Los Vilos producto de la puesta en marcha de Minera Los Pelambres.

Aun cuando la mayoría de los estudios se restringen a la evaluación de los niveles de concentración de metales pesados en sedimentos y organismos, existe alguna evidencia de los efectos de estos vertidos en la estructura y organización de poblaciones y comunidades marinas costeras. A continuación mostraremos algo de esta evidencia en fondos duros y blandos. Los primeros corresponden a fondos arenosos y de arcilla, mientras los segundos a limo.

1.4.1 Estudio del macrobentos² submareal fondos blandos

En la extensa zona norte de Chile los estudios del macrobentos submareal se restringen sólo a los trabajos pioneros de Gallardo (1963), Ramorino y Muñiz (1970) y Zuñiga et al. (1983). Durante 1998, resultados de los monitoreos ambientales marinos realizados por Minera Escondida Ltda. han sido recopilados y dados a conocer a la comunidad nacional, a través del libro "Minería del Cobre, Ecología y Ambiente Costero" (D. Arcos [ed.] 1998).

Los estudios del macrobentos submareal de fondos blandos, en Punta Coloso, Antofagasta, se iniciaron en 1990, a través del análisis de muestras recolectadas en siete estaciones distribuidas en las inmediaciones de la isóbata de los 60 metros de profundidad. Tienen como objetivo principal caracterizar faunística y ecológicamente los ensamblajes macrobentónicos en las inmediaciones de los eventuales impactos y áreas de control.

En esta área opera el puerto de embarque de explotación del yacimiento minero de cobre Escondida, donde en 1990 se construyó un emisario submarino, el cual vierte mar afuera el agua utilizada como medio de transporte del mineral, desde la mina hasta el Puerto Coloso. En 1994, Minera Escondida construyó otro efluente que vierte desechos de la planta de cátodos (Harvey & Ojeda 1998).

En este contexto, se ha estudiado la estructura y la dinámica de las comunidades del macrobentos en relación a la detección, evaluación y vigilancia en el tiempo de eventuales cambios inducidos por la actividad minera realizada en la franja costera adyacente (Carrasco 1998).

² Macrobentos: macroflora o macrofauna de organismos bénticos cuya menor dimensión es mayor o igual a 0.5 mm.

En 1993 fueron implementadas estaciones más someras con el fin de evaluar el eventual impacto del emisario de la planta de cátodos.

El macrobentos submareal frente a Punta Coloso presenta una riqueza de especies mayor que el reportado para otras áreas del país, en especial para estudios realizados en el centro-sur de Chile. Durante 1990 y 1996, la riqueza de especies en las estaciones de muestreo no evidencia una variación significativa en el tiempo. Comparativamente entre estaciones, las de distribución más somera muestran mayores disimilitudes en la composición específica que las de distribución más profunda.

La abundancia numérica de los componentes de los ensamblajes submareales muestran diferencias significativas durante el periodo de estudio, las que parecen ser consecuencia de las variaciones estacionales verano-invierno. Sin embargo, análisis de perfiles de diversidad sugieren una tendencia decreciente de la variedad de especies producto de dos situaciones ecológicas diferentes: aumento de los índices de dominancia ecológica, generado por el aumento de la densidad de algunas especies bentónicas, y disminución estacional de los valores de biomasa de especies bentónicas indicadoras.

Los patrones de dominancia en densidad y biomasa parecen responder a situaciones estacionales, donde el aumento de la primera y la reducción de la segunda parecen ser factores comunes y recurrentes en ambientes bentónicos de fondos blandos. Carrasco (1998) concluye que las comunidades bentónicas de fondos blandos en Punta Coloso no han sufrido la influencia de un ambiente perturbado. Esto, apoyado fundamentalmente por los análisis comunitarios (número de especies, diversidad y dominancia ecológica) en el tiempo y en el espacio.

Estudios de mediano y largo plazo, realizados en ventanas temporales amplias, son fundamentales para analizar la profundidad de los eventuales cambios inducidos por la actividad antrópica. Además, resultarían claves para identificar cambios propios de la estacionalidad de las comunidades biológicas, de las perturbaciones antrópicas (por ejemplo la minería) o de eventos oceanográficos de gran escala (por ejemplo, El Niño Oscilación Sur, ENOS).

1.4.2 Efecto en ambientes submareales con fondos duros

Exceptuando las pocas bahías protegidas cuyo sustrato es predominantemente de arena (Coquimbo, Huasco, Mejillones del Sur), los ambientes submareales someros de la costa expuesta del norte de Chile son rocosos. Estos ambientes submareales someros están dominados por macroalgas pardas de los géneros *Lessonia* y *Macrocystis*, a las que se asocian numerosas especies de invertebrados y peces, formando ensamblajes submareales altamente diversos (Vásquez et al. 2001b).

En Chile, los ambientes submareales someros de fondos rocosos (0-30 metros de profundidad) están dominados por *Lessonia trabeculata*. Los discos adhesivos de esta alga parda poseen ensamblajes de macroinvertebrados asociadas, que representan aproximadamente el 75% de la biodiversidad de los macroinvertebrados de fondos rocosos (Vásquez et al., 2000b). En este contexto, la biodiversidad contenida en los discos adhesivos es representativa de su entorno y en consecuencia útil para evaluar el efecto de los vertidos de la minería de cobre y hierro sobre biodiversidad de ambientes submareales del norte de Chile (ver figura 1).

Las comunidades de macroinvertebrados asociados a discos de adhesión de distintas especies de laminariales han sido usadas como bioindicadores para monitorear

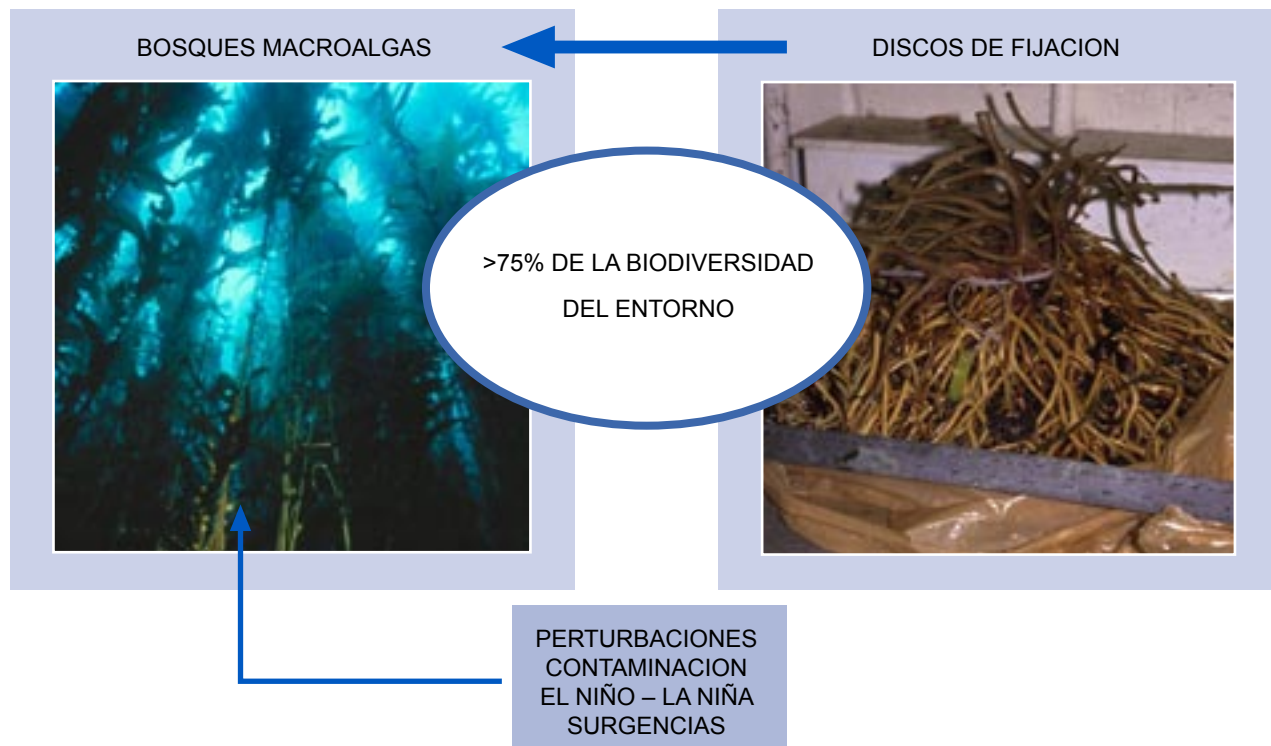


Figura 1: Debido a que los discos de algas pardas representan el 75% de la biodiversidad, se puede determinar si existe perturbación sobre la biodiversidad ambiental y submareal.

el efecto del vertido de contaminantes antrópicos en un gradiente espacial a pequeña (km.) y gran escala (cientos de km).

A escala geográfica, se ha encontrado diferencias en la estructura de las comunidades asociadas a *Laminaria hyperborea*, entre sitios impactados y controles a lo largo de un gradiente de contaminación de distinto origen antrópico. A escala local, se ha utilizado la fauna asociada a discos adhesivos de *Durvillaea antarctica* para evaluar los daños de derrames de petróleo en la costa de las Islas Macquarie³ (Smith, 1996), la fauna asociada a discos de adhesión de *Ecklonia radiata*, para evaluar el efecto del vertido de aguas servidas en la costa este de Australia (Smith & Simpson, 1993; Smith, 1996), y la fauna asociada a discos adhesivos de *Lessonia trabeculata* para evaluar el efecto de los vertidos de la minería de cobre y hierro en un gradiente latitudinal (2 mil km. de costa) en el norte de Chile (Vásquez et al., 1999; Vásquez et al. 2001). A través

de protocolos experimentales *in situ*, los cambios en la biodiversidad de comunidades de macroinvertebrados submareales asociadas a discos de adhesión de *Lessonia trabeculta*, han sido documentados en áreas afectadas por vertidos de la minería de cobre y hierro en el norte de Chile (Vásquez et al. 1999, 2001b). Estos experimentos, *in situ*, han permitido evaluar los efectos de estas perturbaciones antrópicas sobre la biodiversidad marina costera, sin aislar efectos de co-variación como la temperatura, la salinidad, la exposición al oleaje y el movimiento de agua. Estas variables ambientales, generalmente, han sido excluidas o minimizadas en estudios experimentales en condiciones controladas (por ejemplo en bioensayos).

Aunque la literatura documenta que los metales pesados pueden causar impactos ecológicos de gran magnitud en los ambientes marinos costeros, es sorprendente la falta de evidencia de tales efectos, la cual se reduce a casos extremos de contaminación. (Bryan & Langston, 1992).

³ Ver página 23, Antofagasta 2005: Una tras otra.

Como ha sido sugerido por Morrisey et al. (1996), la falta de evidencia es en parte consecuencia de la forma en la cual estas perturbaciones han sido investigadas.

Tradicionalmente, los efectos de los contaminantes en el ambiente marino han seguido dos aproximaciones: estudios ecotoxicológicos, que permiten identificar los efectos de los contaminantes bajo condiciones controladas de laboratorio. Desafortunadamente tales estudios no reproducen el rango de potenciales y relevantes factores ambientales, que inciden en la magnitud del efecto. Como consecuencia de esto, los efectos reales de los contaminantes en la naturaleza son muy diferentes de los mismos reportados en condiciones de laboratorio. Una segunda forma de acceso son los estudios de terreno, basados en correlaciones entre la distribución de los contaminantes y la composición de los ensamblajes faunísticos bentónicos, que a diferencia de los estudios de laboratorio incorporan la variabilidad ambiental.

La mayoría de las veces estos no incluyen la identificación de los efectos intermedios propios de un gradiente ambiental de distribución de la perturbación, y las eventuales respuestas de las poblaciones y/o comunidades a este gradiente. En este contexto, Bryan & Langston (1992) sugieren que los efectos del cobre y del zinc en la distribución de especies aunque evidentes, no son tan dramáticos ni obvios como los que predicen los experimentos en condiciones controladas de laboratorio. Así, en terreno, ejemplos de efectos deletéreos en organismos bénticos que pueden ser directamente atribuidos a efectos específicos de contaminantes metálicos son comparativamente muy escasos, en comparación con los equivalentes ensayos de laboratorio.

1.4.2.1 Fondos rocosos

El norte de Chile concentra las actividades de la

minería de cobre y hierro, generando más del 60% de los ingresos totales del país. Esta actividad de importancia estratégica y socio-económica relevante ha afectado a las comunidades marinas costeras durante los últimos cien años. Aun cuando los valores de cobre++ y hierro++ (Vásquez et al. 1999, 2000a) superan los "valores normales" determinados para agua de mar en otras latitudes (Lewis, 1994), estos no parecen generar modificaciones tan significativas como las reportadas en otras latitudes.

Comunidades submareales dominadas por *Lessonia* ocurren en áreas con altas concentraciones de cobre++ y hierro++ en agua de mar, como en Carrizal Bajo y Caleta Constitución, en áreas intermareales entre Antofagasta y Coquimbo (Vásquez & Guerra 1996) y submareales del norte de Chile (Vásquez et al. 1999, 2001b). En estas localidades, el efecto de los sedimentos que acompañan a las altas concentraciones de metales pesados de los relaves mineros parecen tener un mayor efecto que los cationes tóxicos per se, limitando la cantidad de luz y maximizando la abrasión. Estas perturbaciones, que afectan la expresión local de la biodiversidad, no han sido evaluadas en las costas de Chile y escasamente documentadas en otras partes del mundo.

La diversidad biológica de ambientes submareales evaluada a través de la fauna asociada a discos adhesivos del alga *Lessonia* es afectada tanto por la contaminación de los vertidos de la actividad minera del cobre como la del hierro. En general, los cambios en la composición de especies causados por contaminación en estos hábitat discretos se debe a procesos de extinción y colonización de especies, y a la persistencia de especies raras (oportunistas), menos sensibles a la perturbación.

Experimentos de trasplantes, diseñados para evaluar el efecto de los desechos de la minería en la estructura y la organización de las comunidades marinas bentónicas,

muestran que además de la pérdida de biodiversidad se generan patrones de sucesión ecológica que resultan en comunidades con bajas riqueza de especies. Estos procesos sucesionales generan, en el largo plazo, comunidades dominadas por anfípodos los cuales son altamente persistentes en el tiempo (Vásquez et al. 2001b).

Un análisis de la estructura de los grupos tróficos en comunidades biológicamente delimitadas (discos de algas pardas) detecta cambios en las tramas tróficas de las comunidades impactadas por relaves de cobre y hierro en el norte de Chile. Estos estudios documentan la variabilidad temporal de los grupos tróficos en relación al tiempo de exposición a concentraciones extremas de estos elementos (Vásquez et al. 2001b).

Así, experimentos de trasplante hacia lugares contaminados sugieren que durante la primera semana, la abundancia relativa de los omnívoros y herbívoros disminuyen significativamente, incrementándose la abundancia y diversidad de carnívoros. A cuatro meses de iniciados los experimentos, los grupos dominantes en abundancia son detritívoros y filtradores. Es importante destacar que estos eventos de sucesión ecológica post-perturbación no sólo significan una disminución de la biodiversidad específica, sino también un importante reemplazo de especies por otras menos sensibles a altas concentraciones de metales pesados.

1.4.2.2 Fondos arenosos

Estudiando los vertidos de la minería de cobre en Michilla y hierro en la costa de Huasco, Vásquez et al (2000) han demostrado que los desechos de la minería del cobre genera mayores perturbaciones ecológicas que la minería del hierro en el norte de Chile. La actividad minera en Michilla, entre 1971 y 1994, produjo anualmente 415 mil 155 toneladas de sólidos vertidos directamente al mar,

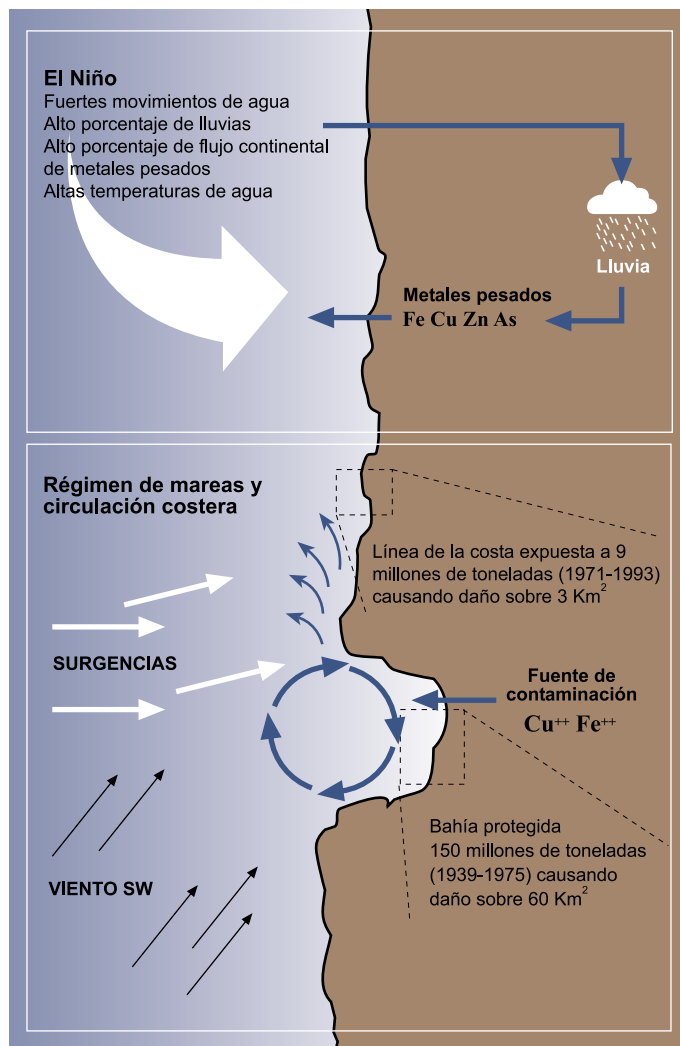


Figura 2: Factores de concentración y distribución de contaminantes (naturales y antrópicos) en el norte de Chile (Vásquez et al, 2000)

generando un impacto en el bentos submareal entre 0 y 30 m de profundidad, y hasta tres km. al norte desde el emisario de evacuación en el intermareal.

La ausencia de macroalgas e invertebrados bentónicos en un gradiente de profundidad y distancia, desde la fuente contaminante de la minería de cobre en Michilla, tiene su origen en la acumulación de sedimentos finos, más que en la concentración de metales pesados per se. En Michilla, las 9 millones 200 mil toneladas de sedimentos eliminados directamente al mar durante 19 años de operación son la causa del daño en las comunidades bentónicas submareales aledañas a esta localidad.

1.5 Resumen

A pesar del impacto que los desechos de la minería ha generado en las comunidades litorales, existe escasa información relacionada con el efecto de estas perturbaciones sobre la estructura y la organización de las comunidades intermareales, y más aún, sobre las comunidades submareales someras aledañas.

La incidencia de factores ambientales en la magnitud y residencia de las perturbaciones asociadas a los desechos de la minería del cobre y hierro en el norte de Chile podrían ser tanto o más importante que los niveles de metales pesados o los volúmenes de sedimentos finos acumulados en sectores de la costa.

En este contexto, la temperatura superficial del mar, la dirección de los vientos predominantes, regímenes de marea, impacto del oleaje y movimiento de agua, patrones de circulación costera, procesos orogénicos locales, movimientos tectónicos, morfología de la costa y la frecuencia e intensidad de eventos de surgencia costera pueden maximizar o diluir las perturbaciones de los desechos de la minería de cobre y hierro.

Alteraciones oceanográficas de gran escala (El Niño Oscilación Sur) podrían también incidir en la magnitud de las perturbaciones producidas por la gran minería, especialmente en zonas costeras del norte de Chile donde este tipo de eventos oceanográficos tienen su mayor expresión (Vásquez et al. 2000).



Químicos desconocidos vertidos en Puchuldiza durante prospección para la Barrick

Contaminación durante el 2005



Antofagasta 2005: Una tras otra.

El año 2005 ha sido pródigo en catástrofes ambientales para la ciudad de Antofagasta. En abril, una poza de hidrocarburos proveniente de los estanques que administra una planta de la empresa Shell llegó hasta la playa Las Petroleras. A fines de octubre, un nuevo accidente ocurre en la planta Comap, la cual administra los estanques de la misma empresa Shell y también los de Copec.

El 1 de noviembre la embarcación "Eider" de Hong Kong encalló frente a la playa Las Petroleras, rompiendo uno de sus estanques de combustible. Alrededor de tres kilómetros de mar y algunas playas de Antofagasta fueron afectadas directamente por la mancha negra que cubrió la costa, ocasionando la muerte de aves, tortugas y peces.

Esta situación calificada como el más grave derrame de hidrocarburos registrado en las cercanías de una ciudad chilena, provocó náuseas, dolores de cabeza y diversos malestares entre niños y ancianos de las villas cercanas.

Desde hace años que los vecinos de Las Petroleras sufren las consecuencias del petróleo derramado. En el 2000 debieron ser evacuados para alejarlos de las tóxicas emanaciones de los hidrocarburos, que incluso acabaron la vida de una persona.

Según expertos de la Universidad de Antofagasta, el daño ambiental más prolongado se producirá en el ecosistema marino. El doctor en biología y académico de dicho plantel, Carlos Guerra, explicó que la muerte de especies en el borde costero y en el fondo del mar ocasionará un cambio en la cadena alimenticia de los animales.

En el largo plazo se estima que se ha afectado la fuente laboral de al menos unos 400 pescadores artesanales.



Pelícanos contaminados por derrames de petróleo en Antofagasta.



Playa las Petroleras contaminada por derrame de petróleo.

Debido a esto, representantes de la caleta "Villarrica" presentaron una demanda por 21 millones de dólares en contra de los armadores del barco Eider.

Finalmente, el 6 de noviembre, un desperfecto en una cañería de los gigantescos estanque de Codelco, administrados por Shell, provocó una nueva filtración, afectando una vez más a la playa Las Petroleras. Por este motivo, la intendencia decidió cerrar la planta de la empresa Shell.

Una mancha de petróleo en el mar no sólo ahoga a los animales que se ven cubiertos con ella -las algas no pueden realizar fotosíntesis, a los peces se les obstruyen las agallas, las aves marinas pierden su capacidad de regular su temperatura-, sino que también una vez en el tejido de flora o fauna marina de consumo humano, este hidrocarburo pasa a constituir un potencial agente cancerígeno si está en la forma de hidrocarburos aromáticos policíclicos.

En Chile, el petróleo es llevado a una refinería para convertirlo en diferentes subproductos y transportarlo por barco o camión al sitio donde se utilizará. En esta fase

es donde se producen los problemas. Los errores tienen que ver con mala mantención, con falta de adopción de medidas de seguridad o simplemente por lenta capacidad de reaccionar ante una eventualidad. Como sea, una vez que se ha derramado o filtrado este hidrocarburo las consecuencias son catastróficas. Más aún, cuando los problemas se repiten constantemente.

Por ello, se debe mejorar la legislación chilena para que una catástrofe como ésta tenga la calificación de desastre ecológico, con sanciones que incluyan la cuantificación de los daños ambientales, económicos y sociales de corto, mediano y largo plazo.

Pascua Lama: ¿Minería Responsable?

El proyecto Pascua Lama es un proyecto minero de extracción de oro que, de concretarse, se desarrollará a partir del año 2006 en la Cordillera de los Andes en la Tercera Región en el Valle del Huasco, a 150 km. al este de la ciudad de Vallenar, en Chile y en el Departamento de Iglesia, Provincia de San Juan, Argentina, a 300 km. al noroeste de San Juan, a 5.000 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar). El yacimiento contiene alrededor de 465 toneladas de oro, con una inversión de 1.500 millones de dólares y ganancias de 10 mil millones de dólares.

Este proyecto será llevado a cabo por la Compañía Minera Nevada, filial de Barrick Gold Corporation (BGC) en Chile, con Casa Matriz en Canadá. BGC fue fundada por el multimillonario saudí Adnan Khashoggi, involucrado en el tráfico de armas y amigo personal de George Bush padre. Barrick Gold posee variados yacimientos mineros en América del Sur y en África, y su estada en dichos lugares ha significado enfermedad y pobreza.

La extracción de oro incluye molienda, acidulación, oxidación, neutralización, remoción de oro y refinera. En cada una de estas etapas ocurren procesos dañinos para el medio ambiente. En la etapa de molienda y extracción de oro se liberan al aire metales como el arsénico, el cual es tóxico para quien los inhale. La acidulación incluye la adición de ácido sulfuroso, que por sus características puede contaminar las aguas ante una eventualidad.

Durante la remoción de oro se utiliza cianuro, elemento que también es un factor de riesgo de contaminación de aguas. A la vez se recupera una parte de mercurio, lo que no se recupera se volatiliza al aire y es altamente contaminante. A esto hay que agregar los depósitos de estériles - que corresponden a grandes acumulaciones de material inservible- pudiendo generar aguas ácidas que escurran hacia el río Estrecho y hacia fuentes de



Glaciar en la zona de Pascua Lama

agua subterránea. También hay que agregar el tranque de relave que se colocará en territorio argentino, afectando la cuenca del río San Juan, que nace de la montaña El Mercedario (6.770 m.s.n.m.), donde se encuentra el glaciar El Caballito, ubicado en la reserva de la biosfera de San Guillermo.

El proyecto Pascua Lama originalmente fue aprobado el año 2001 por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (Conama), sin embargo la empresa se comprometió a entregar un Plan de Manejo de Glaciares el año 2004. Este estudio se presentó a fines de ese año con el nombre de "Viabilidad de manejo de los Glaciares". En dicho documento se presenta la alternativa de mover con máquinas hidráulicas diez hectáreas de los glaciares

El proyecto Pascua Lama es una amenaza para el medio ambiente y los poblados de la cuenca del río Huasco. Una gran cantidad de población, la mayoría de ellos agricultores, se verá directamente afectada por la alta probabilidad de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, por la reducción del caudal de los ríos y por la contaminación acústica que generará el paso de los camiones por las localidades. Sólo en la comuna de Alto del Carmen, 57 localidades agrícolas se verán directamente afectadas; 35 pertenecientes a los valles del río Del Tránsito (2.683 personas) y del río Del Carmen (1.906 personas), lo que abarca un total de 4.589 personas directamente afectadas de un total de 4.840 habitantes que tiene la comuna (datos de población tomados del INE, 2005). La Compañía Minera Nevada, filial de Barrick Gold Corporation, en el primer Estudio de Impacto Ambiental (EIA), sólo nombra 10 localidades que podrían ser afectadas; el segundo EIA "Modificaciones Proyecto Pascua Lama", nombra 43, omitiendo 17 localidades que también serían perturbadas.

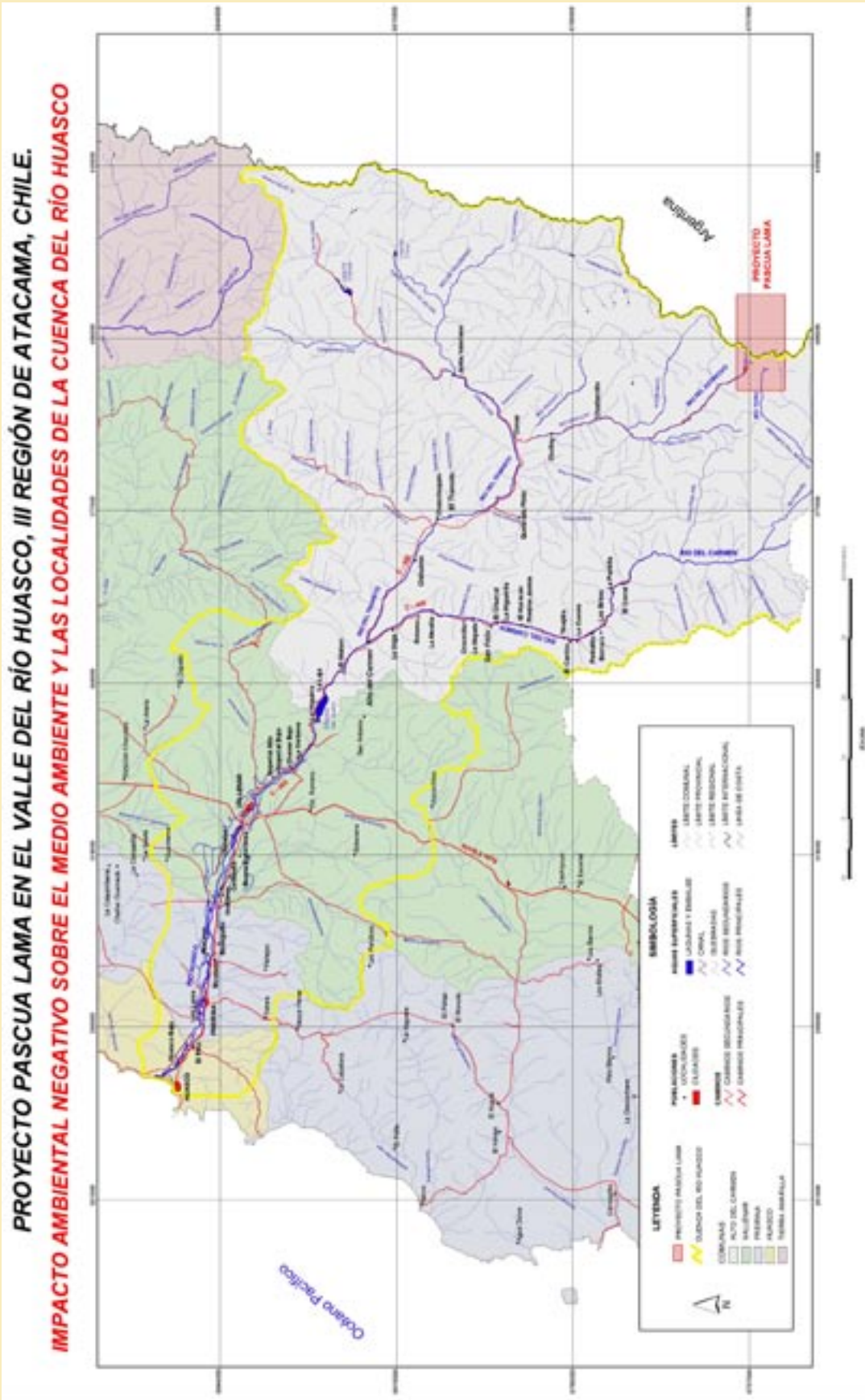


Ilustración mapa: Barbara von Igel

Toro I, Toro II y Esperanza, que están dentro del rajo de la mina, a un cuarto glaciar llamado Guanaco. En términos hidrológicos y ambientales proponer una solución de este tipo es inviable por varias razones.

En primer lugar se trata de remover tres hectáreas de fuente de agua en una zona semi-árida, como Vallenar, la cual se encuentra en medio del Desierto de Atacama, uno de los desiertos más secos del mundo. En segundo lugar, el traslado de los glaciares de un lugar a otro no asegura el equilibrio hidrológico de la zona. Finalmente es preciso hacer ver que durante la etapa de construcción de las obras, ya se ha intervenido parte de los glaciares por el polvo que se deposita en ellos, impidiendo mantener la temperatura. Por lo tanto no se puede asegurar la mantención de las condiciones del hielo durante el traslado y luego de su depósito.

Además de los impactos ambientales negativos que significan el tranque de relaves, depósito de estériles, contaminación del agua del río Estrecho, contaminación de fuentes subterráneas y traslado de glaciares para

acentuar aún más la disminución de fuentes de agua de una zona desértica, hay que agregar los impactos negativos sociales y económicos, que distan mucho de significar más empleo y desarrollo para la zona.

En primer lugar tenemos la afectación de las zonas de pastoreo de las comunidades indígenas huascoaltinas -descendientes de diaguitas- a las que se les negará el acceso de sus animales. Por otro lado, se habla de emplear a 4 mil personas en la etapa de construcción del proyecto y 1.500 en la etapa de operación del proyecto. Resulta una suma irrisoria si consideramos la afectación de las aguas de la zona, que emplea a alrededor de 8.500 agricultores, y que sólo un porcentaje de los trabajadores de Pascua Lama serán chilenos, de ellos, tal vez sólo 50 personas sean de la provincia afectada. Si a esto agregamos el daño a una zona con un potencial turístico importante, con patrimonios arqueológicos de antigua data, los problemas de delincuencia, tránsito de camiones y pobreza que acarrea cualquier proyecto minero, estamos hablando de un desastre ecológico y social de proporciones, que aún se puede evitar.

Celulosa Arauco y Constitución: Muerte y migración de cisnes de cuello negro

La celulosa es uno de los compuestos de la madera que se utiliza para hacer pulpa y papel.

Celulosa Arauco y Constitución S.A. (Celco) o simplemente Arauco, corresponde a un conjunto de empresas industriales, forestales y comerciales, y es una de las dos empresas de celulosa de Chile junto a la Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones (CMPC). A fines del año 2004 y durante todo el año 2005 ha sido un nombre que ha sonado en radios, periódicos y televisión debido a su dudoso comportamiento ambiental.

En diciembre del año 2003 se aprueba la octava planta de celulosa chilena, la Planta Valdivia de extracción de celulosa. Un año después se encuentran cisnes muertos en el humedal Carlos Anwandter, y las mismas aves caen muertas a los techos de las casas de Valdivia.

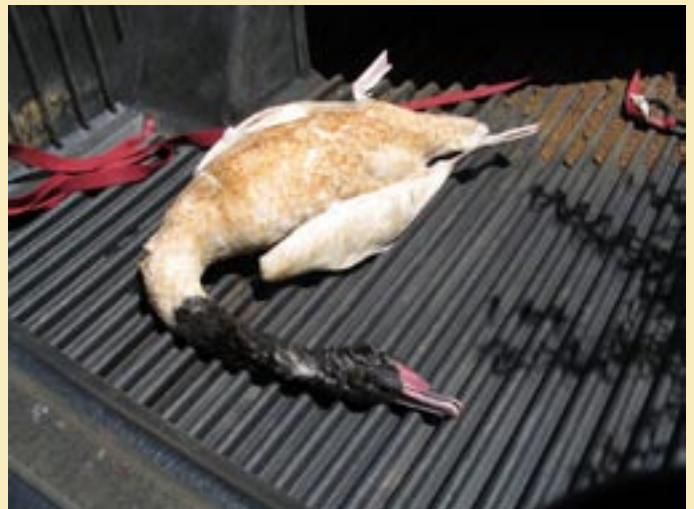
Debido a esto, la Universidad Austral de Chile, a pedido de la Comisión Nacional de Medio Ambiente (Conama), comienza en noviembre a investigar las causas de estos hechos.

A la vez, junto con la creación de la agrupación ciudadana Acción por los Cisnes en Valdivia, nace la Coordinación en apoyo a Valdivia en Santiago. Ambas, más la intervención de otras organizaciones, ponen el tema en el centro de atención del país, logrando el cierre de la planta en enero del año 2005.

Dos informes resultan fundamentales en este caso: el informe de la Universidad Austral y el informe de la Comisión Ramsar, nombre por el que se distingue la Convención para la Protección de los Humedales firmada en la ciudad de Ramsar en Irán.



Río Calle-Calle afectado por la contaminación.



Cisne de cuello negro muerto por la contaminación de la Celulosa Arauco.

El informe de la Universidad concluye que la planta de celulosa puede ser la causante de la muerte de los cisnes, pues el hierro vertido por ésta en el Río Cruces y en sus efluentes habrían hecho biodisponible el sulfato de aluminio que se acumuló en el lucheillo - principal fuente de alimento de los cisnes -, disminuyéndolo radicalmente.

Por su parte, el informe Ramsar postula que el límite de

recuperación del santuario fue excedido y que la principal causa de desaparición de los cisnes fue su migración debido a la falta de alimento, es decir, ambos estudios apuntan hacia el mismo causante.

Aunque en un momento se logró detener las operaciones de Arauco, la empresa hoy sigue operando. En el santuario ya no hay presencia de cisnes y los niveles de contaminantes continúan en aumento. Además hacia septiembre del

2005 se seguía estudiando la posibilidad de evacuar los residuos industriales líquidos de la empresa al mar de la Décima Región, afectando negativamente los recursos marinos de los que viven lafquenches (mapuches del mar) y pescadores artesanales. O sea, nuevamente se está permitiendo que el desarrollo desmedido prime sobre la salud y bienestar de las personas, ya que al trasladar un ducto, esta vez no serán cisnes, sino peces y gaviotas los que morirán.

CASO 2: Problemas ambientales de Bahía Concepción y San Vicente

Por Ramón Ahumada

La Octava Región posee 580 km. lineales de costa y se caracteriza por tener cuatro sistemas semicerrados: Bahía Coliumo, Bahía Concepción, Bahía San Vicente y Golfo de Arauco, todas ellas abiertas al cuadrante norte. Éstas son áreas de uso múltiple (Ahumada, 1995), siendo las de mayor explotación -portuario, industrial, urbano y recreacional - Bahía San Vicente y Bahía Concepción.

Con el propósito de definir los problemas ambientales de la intercomuna Concepción – Talcahuano, donde se ubican ambas bahías, se realizó en 1994, el Proyecto Plan de Recuperación Ambiental de Talcahuano (PRAT), el cual determinó que los mayores problemas de la zona son el vertimiento de residuos líquidos, residuos de aguas servidas y falta de planificación para el uso de la zona costera⁴.

La auditoría ambiental realizada en 1992 a través de Programa Mínimo de Impacto Ambiental (DGTM y MM) ayudó a tomar algunas medidas de mitigación. En este programa, la Municipalidad de Talcahuano y la Conama regional definieron las alteraciones de las bahías, estableciendo numerosos problemas derivados de la contaminación ambiental.

Posteriormente, el proyecto “Manejo Integrado de la Zona Costera” (Gobierno Regional- GTZ) hizo un diagnóstico sobre el sistema costero, explicando que éste posee un desarrollo desordenado y desequilibrado debido a la falta de instrumentos de planificación del territorio. El documento señala que existe congestión y concentración

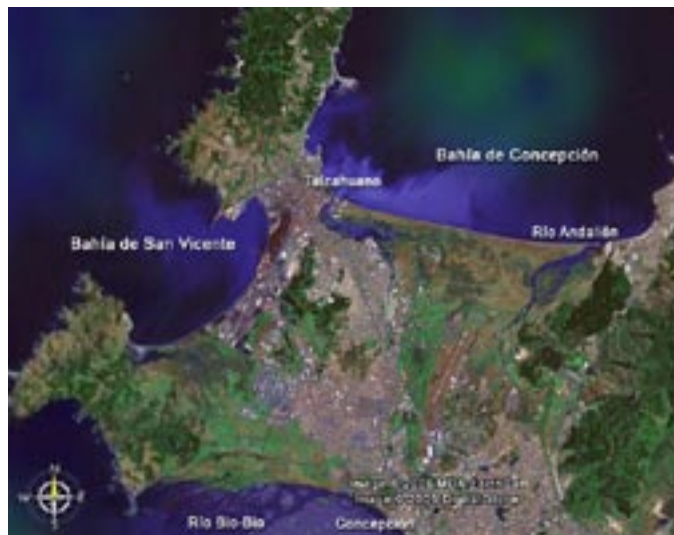


Figura 4: Fotografía satelital de la Bahía de Concepción y San Vicente.

de actividades, contaminación ambiental de la zona, sobre-explotación de recursos naturales y desarrollo desigual en sub-zonas costeras.

La gran parte de los análisis se han preocupado de hacer generalizaciones para la toma de decisiones. Por ello, hay un escaso análisis de los problemas de contaminación de las aguas y una deficiente gestión técnica sobre aspectos de mitigación del impacto. El presente trabajo resume y analiza aspectos generales de contaminación, orientados a mitigar los impactos y lograr la protección de los ecosistemas costeros.

⁴ Situación similar se vivió en el 2005 con la contaminación del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter por parte de Celulosa Arauco (ver página 29 Celulosa Arauco y Constitución: Muerte y migración de cisnes de cuello negro).

2.1 Bahía San Vicente

La Bahía San Vicente está localizada en la costa central de Chile, abierta al noroeste, con una superficie de 18 Km², 20 metros de profundidad promedio y un tiempo de residencia estimado en 20 horas. En sus riberas, se ubica un complejo industrial con características de uso heterogéneas, que vierte sus residuos líquidos al mar vía escurrimiento sobre la arena. En la cabeza de la bahía existe un humedal o marisma que se mantiene como área de aves migratorias.

En términos estéticos, el deterioro ambiental de esta bahía es evidente, y se observan incompatibilidades de usos. Las principales actividades de la bahía son el cabotaje, terminales de hidrocarburos (gas, petróleo), vertimientos industriales, desembarques pesqueros, vertimientos de aguas municipales y navegaciones turísticas.

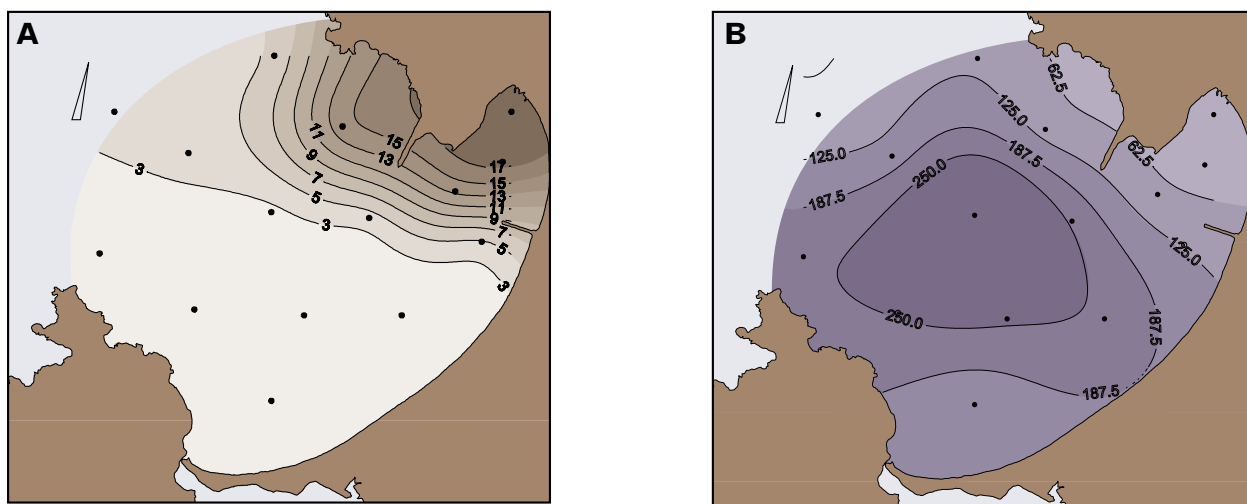
Los principales problemas ambientales de la bahía se pueden definir como contaminación del cuerpo de agua por vertimientos de residuos líquidos: descarga de pescado, aguas servidas y aguas industriales; congestión y desorden en la zona del puerto: puerto de cabotaje, pesquero industrial y pesquero artesanal; actividades



Figura 5: Fotografía satelital de la Bahía de San Vicente.

industriales: terminales de combustibles, astillero, servicio de naves; actividades de turismo y recreación: restaurantes en sector sur oeste (Lengua) y playas de solano y baño; y descargas de material orgánico proveniente de la industria pesquera.

La materia orgánica proveniente de las aguas de descarga de pescado y el material residual de proceso de al menos cinco industrias de elaboración de harina y aceite de



pescado han producido un importante impacto en las aguas y sedimentos del puerto. La demanda bioquímica de oxígeno promedio de las aguas de proceso es aproximadamente de 5 mil mililitros de oxígeno por litro de agua de proceso y el caudal del orden de 700 litros por segundo.

Estos valores han ido disminuyendo en el tiempo basado en los programas de mitigación implementados. No obstante las aguas mantienen una concentración del orden de 2 mil mililitros de oxígeno por litro de agua de proceso en toda el área del puerto (Ahumada, 2002). Los sedimentos están desfaunados y son ricos en materia orgánica, con presencia de ácido sulfúrico y en ocasiones metano.

En la localidad de Punta Liles se descarga un volumen de 220,9 litros por segundo de las aguas de Talcahuano y San Vicente. Esta entrada de materia orgánica produce en el sector anterior al rompe olas sedimentos finos con textura limo arcilla⁵, una alta concentración de materia orgánica y condiciones de anoxia en los sedimentos (Figura 6).

La introducción de metales en la Bahía San Vicente está relacionada a la industria siderúrgica, industrias químicas y actividad de astilleros. Existen diez emisarios industriales que vierten residuos líquidos en la Bahía San Vicente. Como metales críticos con riesgo de toxicidad potencial se seleccionaron para su medición el cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo y zinc.

Para el cálculo de cargas se analizaron los metales en cada uno de los efluentes y se realizaron mediciones de caudal. La estimación de carga se obtuvo de la sumatoria de las cargas de cada emisario referidas al tiempo de residencia

de las aguas de la bahía (20 horas). Para este estudio, se recopiló información de las cargas y distribución en las matrices ambientales.

Las concentraciones detectadas en el sedimento permiten separar dos grupos de metales de comportamiento distinto: el grupo 1 compuesto por cadmio, cobre, plomo y zinc y el grupo 2 integrado por cromo y níquel (Tabla 1).

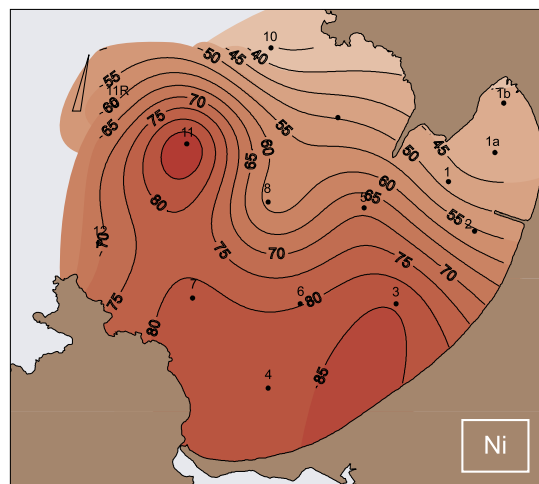
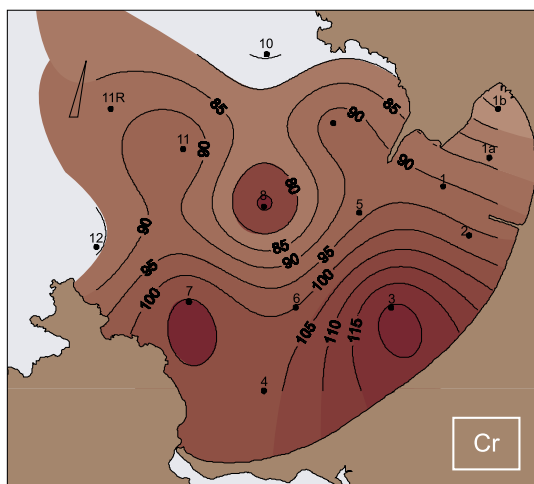
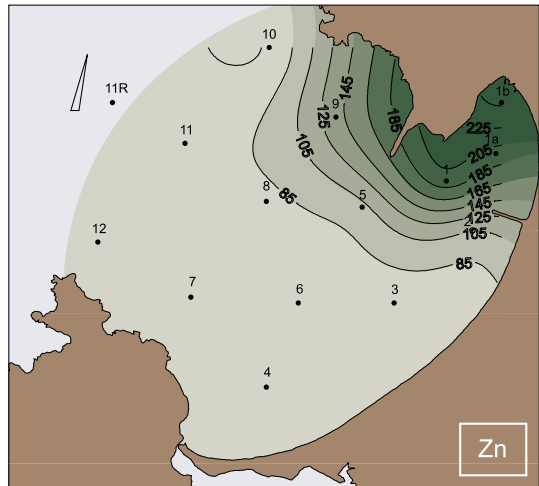
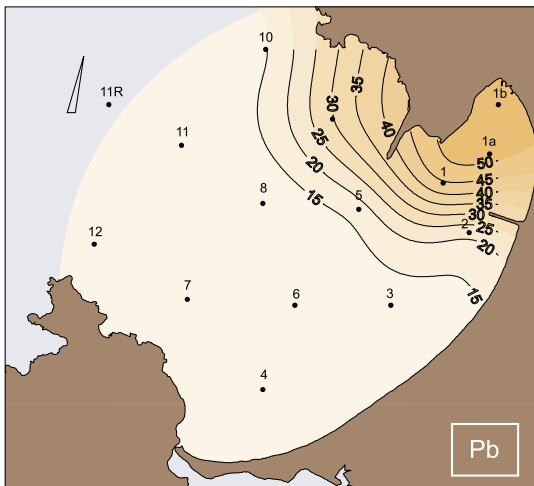
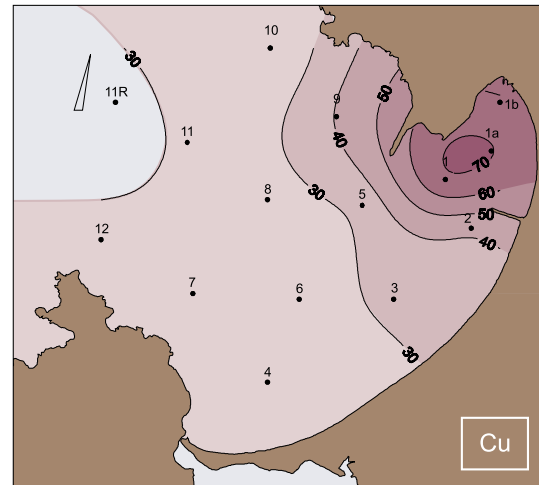
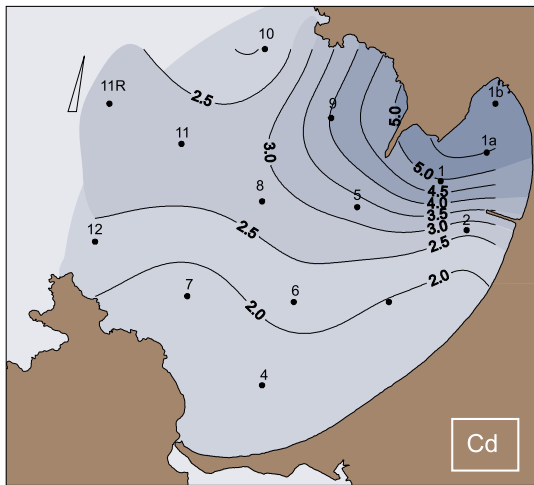
Parámetro Medido	Carga (kg/20 h)
Grupo 1 Sedimentos finos	
Cadmio Total (cd)	1,063
Cobre (Cu)	8,198
Zinc (Zn)	30,125
Plomo Total (Pb)	33,568
Grupo 2 Arenas gruesas y medias	
Níquel	2,378
Cromo	3,115

Tabla 1 - Carga total de metales traza vertida por la actividad industrial en la Bahía de San Vicente (Ahumada, en prensa).

El primer grupo presenta una distribución asociada con los sedimentos finos, bajos en oxígeno y ricos en materia orgánica. En cambio, el segundo grupo no presenta un patrón de distribución definido, pero se asocia a arenas gruesas y medias (Figura 7). El nivel de concentración de metales en el tejido de los organismos mostró que el zinc es el contaminante que se encuentra en mayor concentración de los metales estudiados. No obstante, el factor de bioacumulación más alto lo posee el cadmio. En cuanto al oxígeno disuelto en la columna de agua, el sector de mayor impacto corresponde al área del puerto (ubicada entre el rompe olas de Punta Liles y el muelle de Huachipato). La calidad de agua en ese sector ha sido clasificada como muy contaminada (Rudolph et al., 2002).

⁵ Ver Textura en Glosario

Figura 7: Distribución de metales en sedimentos marinos de fondo en Bahía San Vicente (información obtenida en 1992, Ahumada & Vargas, en prensa). Las unidades utilizadas son ($\mu\text{g/g}$).



2.2 Bahía de Concepción

La Bahía de Concepción es casi diez veces mayor que la superficie de la Bahía de San Vicente. Posee 170 Km², una profundidad promedio de 18 metros y un tiempo de residencia de 20 días. Esta bahía posee una boca grande y otra chica. Está abierta al norte, lo que permite la intrusión de aguas pobres en oxígeno en forma estacional (Ahumada, 2002). Esta condición reduce la capacidad asimilativa del cuerpo de agua receptor para recibir material orgánico durante el periodo de primavera-verano a sólo quince metros superficiales. A diferencia de San Vicente, la Bahía de Concepción no posee una alta concentración industrial y sus impactos son locales.

Los principales contaminantes que se introducen en la Bahía de Concepción provienen de la industria pesquera (puerto de Talcahuano, marisma Rocuant y Tomé); aguas servidas (emisario de Penco, emisario Asmar, emisario Tomé, emisario Isla Quiriquina y aguas provenientes del Río Andalién); aguas residuales industriales (astillero de Asmar) y residuos líquidos de la actividad portuaria (puertos de Talcahuano, Penco y Lirquén).

Se estableció un listado de contaminantes críticos provenientes de las diferentes actividades industriales desarrolladas en los últimos 40 años en las riberas de la bahía. La selección de estos contaminantes se centró principalmente en cromo, cobalto y cadmio, posibles contaminantes de la actividad textil (colorantes); y cobre, plomo y zinc, provenientes de las actividades desarrolladas por los astilleros y otras trabajos de tierra, como maestranzas.

Las concentraciones de estos seis metales en los sedimentos superficiales de la Bahía de Concepción

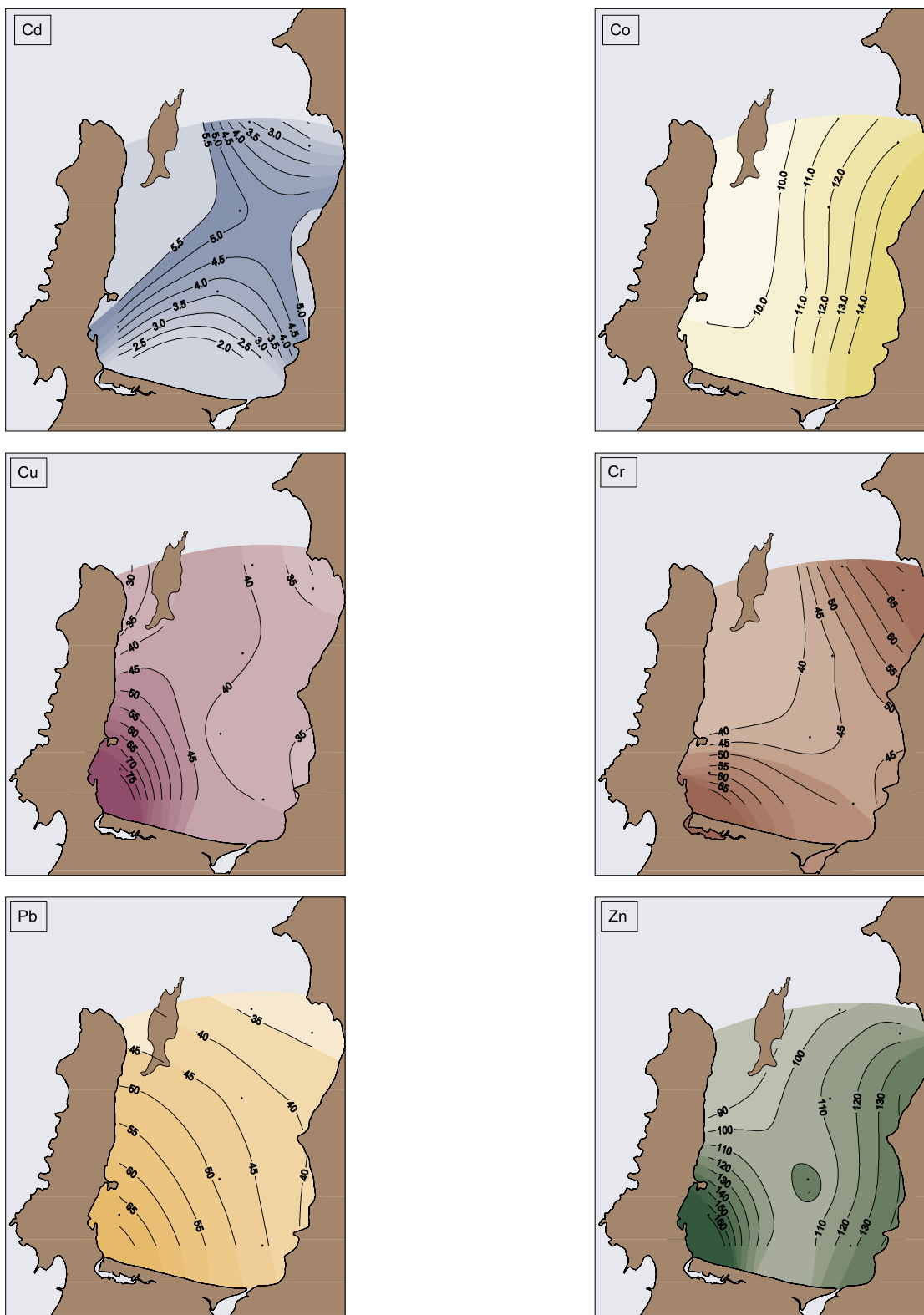


Figura 8: Fotografía satelital de la Bahía de Concepción.

muestran gradientes que se incrementan hacia los sectores de mayor actividad industrial y/o de zonas de mayor sedimentación. Los valores distales a estos centros pueden ser considerados como valores naturales o de "línea base" para esta zona. En general los valores detectados no muestran un enriquecimiento que puede ser considerado de riesgo en los sedimentos⁶ (Figura 9).

⁶ Información obtenida en 1996, proyecto Conama- Banco Mundial, No publicado.

Figura 9: Distribución de metales en sedimentos marinos ($\mu\text{g/g}$) de fondo en Bahía Concepción (información obtenida en 1996, Proyecto Conama-Banco Mundial, no publicado).



2.3 Resumen

En la Bahía de San Vicente, el aporte de material orgánico particulado y altas cargas de demanda bioquímica de oxígeno proveniente de la industria pesquera y de aguas servidas tienen impacto en los sedimentos submareales, modificando la textura y el contenido de material orgánico (sedimentos reductores). Estas mismas áreas son afectadas por el enriquecimiento orgánico proveniente de las aguas residuales industriales.

Por otro lado, el mayor deterioro producido en la Bahía de Concepción ocurre en el periodo primavera – verano, debido al incremento de las cargas orgánicas de la industria pesquera y de los emisarios de aguas servidas. La contaminación afecta a las aguas de la bahía con un creciente impacto en los sedimentos anóxicos del fondo.

CASO 3: Efectos ambientales de la acuicultura

Por Alejandro Buschmann

La industria de la acuicultura ha tenido una gran expansión en las últimas décadas y consecuentemente los efectos ambientales de esta actividad han recibido merecida atención. Los efectos del impacto de esta industria tienen un amplio espectro, desde aspectos meramente estéticos hasta problemas de contaminación directos. Las operaciones de acuicultura producen considerables cantidades de efluentes⁷, los cuales tienen efectos indeseables sobre el medio ambiente (Gowen & Bradbury, 1987; Buschmann et al., 1996).

La cantidad de desecho está asociada a la entrada de alimento y su conversión en biomasa y restos no asimilados (Figura 10). La incorporación de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y materia orgánica produce alteraciones de los

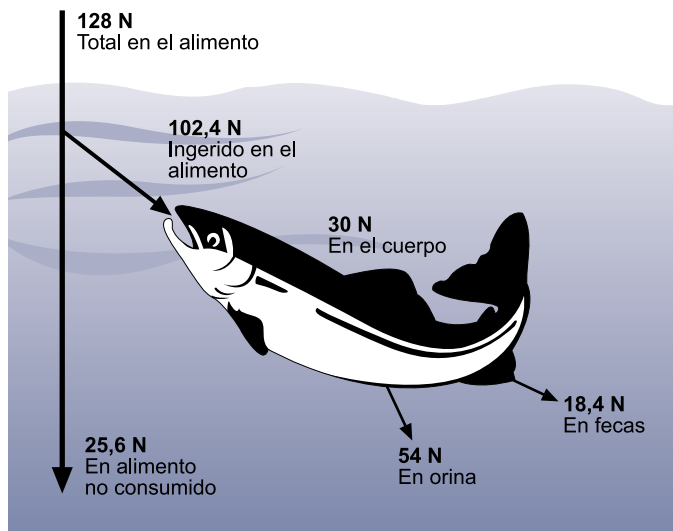


Figura10: Flujo de nitrógeno en peces en cautiverio. Se destaca la gran cantidad de pérdida al medio (modificado de Beveridge, 1996)

fondos (Figura 11) y cambios en la estructura comunitaria (López et al., 1988; Buschmann et al., 1996).

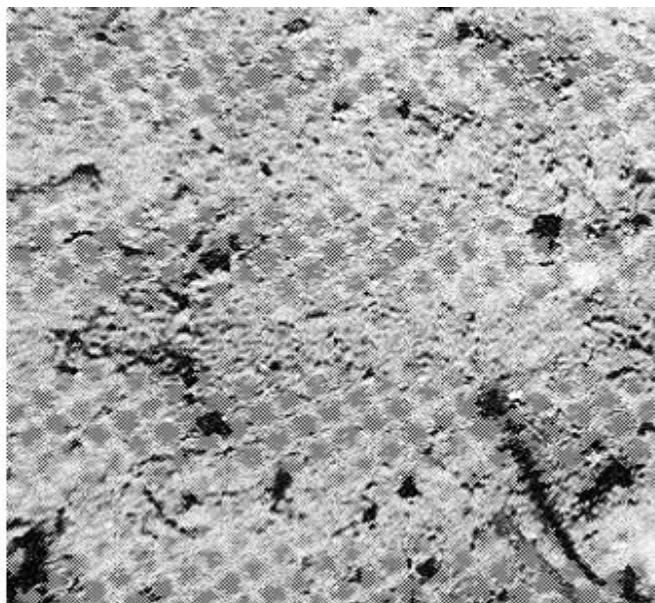
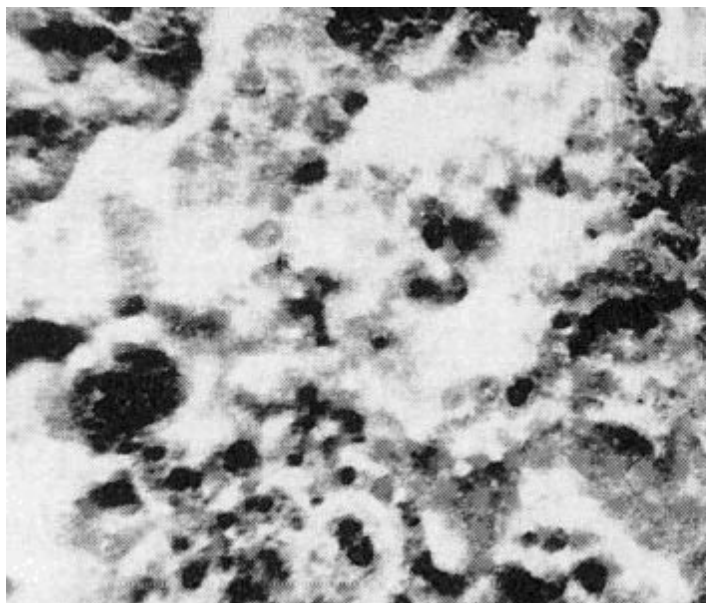


Figura 11: Acumulación de materia orgánica bajo sistemas de cultivo de salmonídeos. (A) Muestra pellets no consumidos y presencia de *Beggiatoa*. (B) Lugar control mostrando un sustrato arenoso fangoso uniforme.

⁷ Por ejemplo, nutrientes, desechos de alimentos y fecas, productos asociados como medicamentos y pesticidas

3.1 Disminución de la biodiversidad

Se ha demostrado que la biodiversidad de organismos disminuye en diferentes zonas geográficas del sur de Chile como consecuencia de la actividad de salmonicultura (Figura 18). Un estudio de la Universidad Austral, bajo el alero del Instituto Tecnológico del Salmón (Intesal), reunió información de nueve sectores geográficos de la Décima Región, en los alrededores de Chiloé, donde hoy se concentra la mayor actividad salmonícola.

Luego de analizar en laboratorio una serie de muestras de los nueve sectores, con sus respectivos sitios de control, se llegó a la conclusión de que el fósforo es la mayor contribución de las salmoneras. Esto se explica por la gran cantidad de materia orgánica, alta en este elemento, que se deposita en el fondo de las balsas.

Otra de las conclusiones fue la baja biodiversidad detectada en los alrededores de dichas balsas, factor directamente relacionado con lo anterior. Al depositar la materia orgánica en el fondo del mar se produce una disminución del oxígeno, lo cual lleva a una reducción de la flora y fauna de la zona, provocando una merma en la biodiversidad.

En el caso particular de salmonicultura en los fiordos, ecosistemas más vulnerables y únicos que se extienden entre la Isla Grande de Chiloé en la Décima Región y el Cabo de Hornos en la Duodécima Región de Chile, los impactos negativos de esta actividad podrían traer consecuencias desconocidas.

Una de estas es que el acelerado crecimiento de las balsas jaulas en los fiordos, perjudicarían el desarrollo de una serie de corales en la zona de Palena, Undécima Región, que recién se comienzan a estudiar (Försterra & Häusserman 2003). La serie de corales, que no se creía sobrevivirían en zonas tan australes debido a las bajas

temperaturas, fue encontrada por un grupo de científicos de la Fundación Huinay que ha estado trabajando en la zona.

Por otro lado, se puede destacar la agregación de sustancias químicas mediante la introducción de compuestos tales como las pinturas anti-incrustantes. Entre ellas, se ha encontrado que en el fondo, bajo las balsas jaulas, existe una gran concentración de cobre, la cual se correlaciona negativamente con la biodiversidad de organismos microscópicos que habitan en los sedimentos (Buschmann & Fortt 2005).

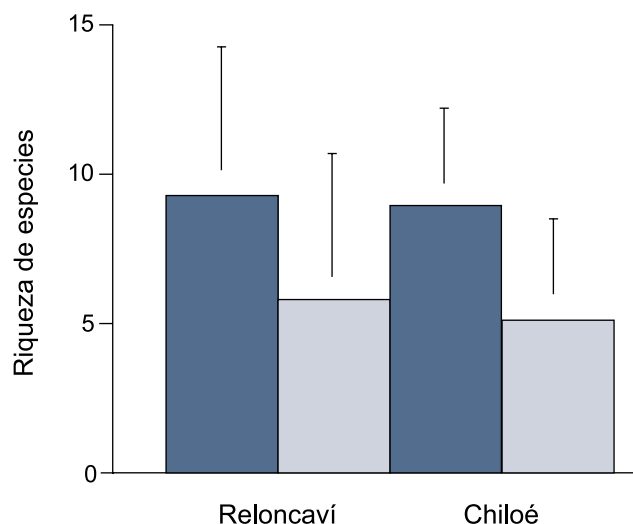


Gráfico1: Riqueza de especies en el Seno de Reloncaví y la costa este de la Isla de Chiloé. El gráfico muestra la riqueza en lugares con actividad (barras grises) y sin actividad acuícola (barras azules).

3.2 PVC, antibióticos y mareas rojas

Otro elemento que poseen las pinturas anti-incrustantes es el cloruro de polivinilo, más conocido como PVC. Para estabilizar este elemento se incorporan organotinas, las que básicamente son utilizadas como alguicidas y moluscicidas. En algunos países las organotinas han sido restringidas por sus conocidos efectos adversos en el ecosistema acuático (World Health Organization 1980).

También ha sido posible detectar el uso, en altas concentraciones, de antibióticos (Buschmann, 2001), los cuales se encuentran incorporados en muestras de tejido de salmones. La principal razón del uso de antibióticos es el aumento del peso de los peces, sin embargo, en países europeos en que se ha suprimido su uso se logra el mismo resultado en peso de los salmones (Wolf 2004).

En Chile se ha restringido el uso de antibióticos en medicina humana desde el año 1998, sin embargo no ha ocurrido lo mismo en acuicultura (Cabello 2004). Este es un hecho grave debido a que los microorganismos animales, tanto como los presentes en humanos, también generan resistencia que, a la larga, causa que la dosis requerida para el tratamiento de una enfermedad infecciosa necesite mayor cantidad de antibióticos.

Finalmente, existe una posible relación entre la descarga de residuos de origen orgánico proveniente de las balsas jaulas, la eutroficación y la generación de floraciones algales nocivas comúnmente conocidas como mareas rojas.

En el norte del país se ha detectado la presencia de marea roja en cultivos de ostiones y en el sur, donde existen cultivos de choritos y de salmones ha ocurrido lo mismo. Por ello, no es extraño suponer una relación, ya que en ambos cultivos se descarga exceso de materia



Acumulación de ropa y otros residuos de las balsas jaulas generados en la salmonicultura.

orgánica. Esta materia posee un alto contenido de fósforo y nitrógeno, lo que favorece el crecimiento de algas y a su vez la presencia de toxinas y mareas rojas.

La práctica de la acuicultura puede tener además efectos no deseados sobre poblaciones silvestres tales como perturbaciones genéticas y transferencia de enfermedades por fugas o ingestión de alimentos contaminados. Otras actividades costeras también pueden tener efectos inaceptables por parte de la acuicultura, por ejemplo, descargas de efluentes y conflictos con otras comunidades costeras (Buschmann 2001).

Recientemente se demostró que el contenido de compuestos organoclorados es significativamente mayor en organismos cultivados que en aquellos silvestres (Hites et al. 2004), lo que en la práctica se traduce en que el consumo de salmón, el cual para habitantes del sur o consumidores de Estados Unidos puede ser de varias veces a la semana, debe disminuirse a un consumo al mes.

3.3 Futuro de la salmonicultura

Para contrarrestar los efectos descritos anteriormente se han desarrollado programas de monitoreo de impacto ambiental y/o pautas y principios por las cuales la acuicultura se guía y se hace ambientalmente responsable. Estos códigos de conducta o de buenas prácticas se han materializado en convenciones internacionales y organizaciones de productores. También por paneles de legisladores a nivel nacional e internacional, por ejemplo, la Organización de Alimentos y Agricultura de Naciones Unidas (FAO) desarrolló en 1997 el Código de Conductas para Pesca y Acuicultura.

La mayoría de los códigos existentes son extensos en aspectos ambientales y abarcan una amplia gama de usuarios, sin embargo es importante recordar que estos en general son sólo recomendaciones sin fundamento legal. Además, la mayor parte de las regulaciones tienden a la evaluación de los impactos y a regular el uso de

sustancias nocivas, pero no persiguen alternativas de producción sustentable (Buschmann, 2001). Por el momento, debido a la falta de información y de una línea de base completa, se propone una moratoria a la expansión de las concesiones acuícolas (Gutiérrez 2005).

La acuicultura presenta una serie de efectos ambientales que se han demostrado en diferentes regiones del mundo así como en Chile. La actividad enfrenta una serie de desafíos para desarrollar una actividad sustentable en el futuro próximo. Hoy en día existen alternativas tecnológicas que minimizan los efectos ambientales pero se requieren de forma urgente que estas externalidades sean asumidas por el sector productivo. Es necesario abordar también la situación de los productos del mar que se extraen, dado que ellos pueden causar riesgos sobre la salud humana que se deben precaver.

3.4 Resumen

La industria de la acuicultura ha tenido una gran expansión en las últimas décadas, generando distintos problemas de contaminación. Entre ellos se encuentra la disminución de la biodiversidad, los dañinos efectos producidos por el PVC y la peligrosa utilización para la salud humana de antibióticos en salmones.

Junto con esto, existe una posible relación entre la descarga de residuos de origen orgánico proveniente

de las balsas jaulas, la eutroficación y la generación de floraciones algales nocivas comúnmente conocidas como mareas rojas. Por ello, es necesario que las empresas que conforman la industria de la acuicultura asuman las externalidades negativas que generan, con tal de transformarse en una actividad sustentable. Por el momento, debido a la falta de información y de una línea de base completa, se propone una moratoria a la expansión de las concesiones acuícolas.

Conclusiones Generales

Como comprobamos a través del trabajo de Julio Vásquez, Ramón Ahumada y Alejandro Buschmann, existe una falta de estudios que nos permitan dimensionar el impacto que distintas industrias están generando hoy sobre nuestro mar, el cual sin lugar a dudas está siendo seriamente dañado. Por otro parte, hay una carencia de medidas tanto de las empresas contaminantes para reducir la contaminación en sus procesos como de las autoridades para proteger la diversidad marina y la salud humana, esta última derivada de los productos que se están extrayendo de un mar cada vez más alterado.

En “La Minería en el norte de Chile” se afirma que la reducción de la diversidad orgánica de las comunidades marinas litorales, producto de la contaminación de la actividad minera industrial, es uno de los problemas de mayor relevancia en la Segunda, Tercera y Cuarta Región del país. A pesar del impacto que los desechos de la minería han generado en las comunidades litorales, existe escasa información relacionada con el efecto de estas perturbaciones sobre la estructura y la organización de las comunidades intermareales, más aún, sobre las comunidades submareales someras aledañas.

La falta de estudios y de preocupación por daño ambiental que hoy viven nuestras costas, las encontramos también en el texto “Problemas ambientales de Bahía Concepción y San Vicente”, donde se advierte que hay un escaso análisis de los problemas de contaminación de las aguas y una deficiente gestión técnica sobre aspectos de mitigación del impacto producido. El texto da cuenta de la grave contaminación que se da en estas bahías, producida por

la industria siderúrgica, química y de los astilleros en el caso de San Vicente; y de la industria pesquera, las aguas servidas y residuos líquidos de la actividad portuaria en la Bahía de Concepción.

Finalmente en “Efectos Ambientales de la acuicultura” se demuestra que daños ambientales como la disminución de la diversidad de la flora marina y las mareas rojas del norte y sur del país son producidas en gran medida por la acuicultura. Las empresas ligadas a este rubro han ignorado alternativas tecnológicas que minimizan los efectos ambientales, las cuales deben ser asumidas de forma urgente por el sector productivo. Junto con ello, es necesario abordar la situación de los productos del mar que se extraen dado que ellos pueden ser causantes de riesgos sobre la salud humana que se debe precaver.

A la vez, pudimos conocer tres graves hechos que durante el año 2005 mantuvieron en alerta a la ciudadanía. Celco, Pascua Lama y los derrames de petróleo en Antofagasta dieron cuenta de un Estado que no persigue un desarrollo sustentable que llegue a toda su población. Al contrario, vemos como los grandes proyectos benefician a unos pocos, afectando incluso, la salud de las comunidades donde se instalan las grandes industrias.

El análisis de casos emblemáticos presentes en nuestras costas nos indica que existen graves problemas de contaminación que deben ser abordados a la mayor brevedad y con la profundidad que cada uno de ellos requiere.

GLOSARIO

Ácido desoxirribonucleico (ADN): Material genético de los organismos. Es el componente químico primario de los cromosomas. Es el material que compone los genes.

Actividad antrópica: Actividad de origen humano.

Anoxia: Falta de oxígeno

Bioindicadores: Medidas de la salud de un organismo o de niveles de organización biológica en escalas de tiempo de respuesta.

Biomasa: Cantidad en peso de una población de peces u otro recurso.

Biosensores: Dispositivos de análisis o sensores que poseen los organismos vivos o derivados de ellos.

Comunidades bentónicas: Comunidades que viven en los fondos acuáticos

Escurrimiento: Forma de disponer residuos líquidos sin sistemas de canalización o tratamiento previo.

Especies sésiles: Especies sujetas al sustrato

Fondos blandos: Fondo marino que contiene arena, fango o fango arenoso. Los fondos duros son de rocas.

Iones metálicos: Corresponde a un átomo de un elemento metálico que se ha dividido para formar un ión.

Línea base: Situación detallada de un área, previo a la existencia de un proyecto.

Macrobentos: Organismos pluricelulares asociados con el fondo marino cuya talla es superior a 1 mm.

Metalogénesis: Generación de depósitos minerales metálicos o no metálicos.

Procesos oxidativos: Procesos donde un elemento está en presencia de oxígeno.

Stock: Abundancia de una población aislada en términos reproductivos en tiempo y espacio; unidad básica de manejo en las pesquerías.

Submareal: Zona que se extiende desde la línea de la marea baja a la orilla externa de la plataforma continental.

Surgencia: Es el ascenso de aguas subsuperficiales (aguas frías y ricas en nutrientes) en el océano causado por

divergencia cerca de la costa. Esta divergencia se produce debido al transporte provocado por el viento en el océano. La surgencia en la costa del norte de Chile tiene gran importancia económica debido a su aporte de nutrientes a la fauna marina.

Textura: Proporción relativa de las partículas minerales del suelo: arena (granos con un diámetro comprendido entre 2mm y 1/16mm), limo (granos con un diámetro comprendido entre 1/16mm y 1/256mm) y arcilla (granos con un diámetro inferior a 1/256 mm.)



OCEANA

Oficina para América del Sur y Antártica
Avenida General Bustamante 24, Piso 2C
Providencia, Santiago, Chile
Tel: 56.4.4270970 Fax: 56.2.4270955
www.oceana.org