

OTROS ANTECEDENTES A CONSIDERAR SOBRE LA CRISIS AMBIENTAL EN EL MAR DE CHILOÉ

¿Qué es la marea roja y cuáles son los factores que gatillan su desarrollo? Mediante el presente documento se abordarán estas interrogantes y se introducirán temas que no han sido indicados respecto de la actual crisis socio-ambiental en Chiloé, como la mortalidad de fauna nativa y el vertimiento de materia orgánica en descomposición al mar, con el fin de poder aportar más datos a la discusión e informar a la comunidad del conocimiento que se tiene sobre estos temas.

Se suele entender por marea roja a una proliferación explosiva de microorganismos acuáticos que dada su pigmentación, pueden provocar cambios notorios en la coloración del agua. Este evento natural se conoce con el nombre de floraciones algales o “*blooms*”. En algunos casos estas son consideradas dañinas (Floraciones Algales Nocivas - FAN) pudiendo ser tóxicas dependiendo del microorganismo que prolifere¹. El actual caso de Chiloé corresponde a un evento de FAN tóxico, provocado por dinoflagelados de la especie *Alexandrium catenella*, productores de saxitoxinas, conocidas como veneno paralizante de mariscos o VPM, también denominado PSP (por su sigla en inglés). De acuerdo a lo expuesto por Lembeye (2006)², las causas de los eventos de FAN han sido atribuidas a condiciones físicas y químicas favorables, que incluyen corrientes marinas, nutrientes, temperatura y luminosidad. Según Suárez & Guzmán³ se deben distinguir factores causados por la actividad humana (antrópico), que se superponen a los ciclos climáticos globales y que podrían causar un aumento significativo en la frecuencia, intensidad y extensión geográfica de los florecimientos algales, ya que han modificado las condiciones bio-oceanográficas en los ecosistemas costeros (eutrofización) y ampliado el número de especies de microalgas cuyas floraciones naturales e inocuas han pasado a ser dañinas.

Lo anterior se condice con lo expuesto por declaraciones de varios expertos y grupos de ciencias del mar, que han señalado los siguientes factores como promovedores de los recientes eventos de FAN: Calentamiento global, el extremo evento de El Niño y la eutrofización de las aguas interiores. Sin embargo, poco se menciona de la eutrofización,

¹ Laboratorio de toxinas marinas. Universidad de Chile http://www.labtox.cl/?page_id=42

² Lembeye (2006) Florecimientos algales nocivos en aguas australes en Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos. N. Silva & S. Palma (eds.) Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 99-103, 2006.

³ Suárez B. & Guzmán L. (1999) Floraciones algales nocivas. Mareas rojas y toxinas marinas. Ed. Universitaria. Santiago, Chile. 56 pp.

proceso que se desarrolla en cuerpos de agua continentales o marinos y que está dado por el aporte de nutrientes como nitratos y fosfatos de forma natural y/o antropogénica.

Salmonicultura y eutrofización

Al respecto queremos invitarles a considerar antecedentes no despreciables respecto a la industria salmonera: El cultivo de salmones introducidos (no nativos) es una actividad que se ha estado desarrollando en Chile por lo menos hace 35 años⁴. Produce una elevada descarga exógena (externa al medio natural) de altas concentraciones de residuos orgánicos e inorgánicos (Prosser, 2003)⁵, que pueden ser acumulados en el fondo marino, modificando en gran medida el sistema y generando múltiples efectos sobre el ambiente, así como también, impactando la salud humana y la biodiversidad (Buschmann 2001)⁶. Bajo esta lógica, el Biólogo Marino Alejandro Buschmann indica que: *“El marco teórico es ineficiente y no sólo arriesga el ecosistema, sino también la proyección de la actividad en el futuro, por la degradación del ambiente, lo que eventualmente podría traducirse en permanentes conflictos”*. En efecto, el desarrollo y práctica de la salmonicultura genera impactos en el ecosistema dados por: (1) La excesiva demanda ejercida sobre bancos de peces pelágicos como jurel, sardina y anchoveta, con el objetivo de procesar harina de pescado; (2) degradación de aguas que reciben altas cantidades de desechos orgánicos e inorgánicos, causando eutrofización y zonas anóxicas; (3) y el uso de químicos *antifouling* y antibióticos que circulan en la columna de agua. Un punto crítico dentro de la descarga exógena de parte de esta actividad corresponde a la alimentación de los salmones en cautiverio. De todo el alimento incorporado, una fracción importante se pierde en forma de alimento no asimilado, es decir, no consumido o no digerido completamente, más las heces fecales de los peces (Figura 1). El año 2001 Buschmann reporta que sólo 25% de los nutrientes son asimilados por salmones mientras que un 75% - 80% queda en el ambiente de una forma u otra, conformando la principal fuente de contaminación disuelta en la columna y depositada en los sedimentos. Por otra parte, Ackerfor y Enell (1990)⁷ mencionan que por cada tonelada (ton) de peso vivo de salmón producido se generan alrededor de 2.5 ton de residuos (peso húmedo), y conjuntamente con ello, Buschmann (2001) reporta que cada tonelada de salmón producido equivale a 78 Kg de Nitrógeno (0.078 ton) y a 9.5 Kg de fósforo (0.0095 ton). Por lo tanto, si el año 2014 hubo una producción de 955,179 ton⁸ de salmones, significa que se produjeron

⁴ Basulto, S. (2003). El largo viaje de los salmones. Una crónica olvidada: Propagación y cultivo de especies acuáticas en Chile. Chile, Santiago: Maval Ltda., 299.

⁵ Prosser C. (2003) Utilización de agentes floculantes en la remoción de contaminantes presentes en sedimentos extraídos bajo balsas-jaulas de cultivo de salmones. [tesis]. Pp 68.

⁶ Buschmann A. (2001) Impacto ambiental de la acuicultura: el estado de la investigación en Chile y el mundo. Pp: 67.

⁷ Ackefors H. & Enell M.(1990) Discharges of nutrients from swedish fish farming of sea áreas. *Ambio*, 19, 28-35.

⁸ Anuario estadístico de Sernapesca 2014. En www.sernapesca.cl

74,504 ton de nitrógeno y 9,074 ton de fósforo. Traducido en un carga importante de nutrientes.

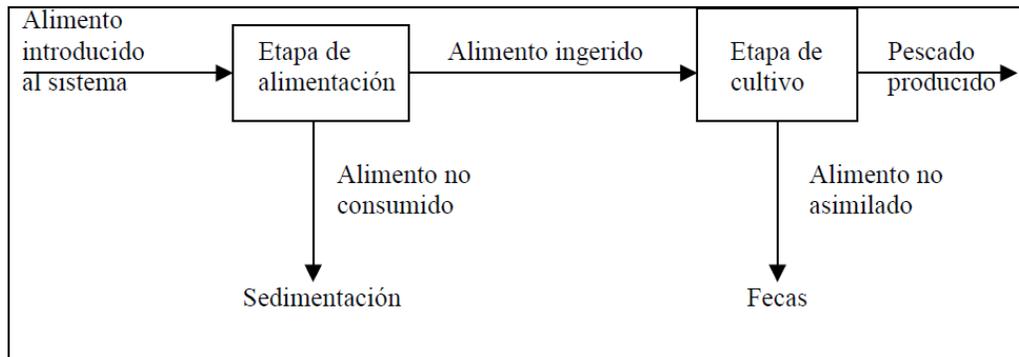


Figura 1 Contaminación del hábitat durante la fase de cultivo. Fuente: Claude et al. 20009.

Entonces, ¿La salmonicultura en el archipiélago de Chiloé impulsaría la generación de eventos de floraciones algales nocivas (FAN), como por ejemplo la marea roja?

Existen suficientes evidencias de diferentes zonas como el puerto de Hong Kong, el mar interior de Seto (Japón) y aguas costeras del norte de Europa. Estas indican que la “eutrofización cultural” resultante de aguas domésticas, industriales y de desechos agrícolas puede estimular floraciones perjudiciales de algas¹⁰. Referente a lo anterior, en Chile se ha señalado que la salmonicultura existente en el año 1995, produjo desechos orgánicos equivalente a los de una población de 2 - 3 millones de habitantes¹¹.

Adicionalmente, el desarrollo de técnicas de cultivo intensivo de peces en espacios confinados (jaulas-balsas) ha causado que floraciones de especies no tóxicas pueden llegar a ser altamente nocivas y hasta letales por acumularse en lugares desde los cuales los peces cultivados no pueden escapar. Especies inocuas del fitoplancton, al estar en gran número pueden disminuir el contenido de oxígeno disuelto en el agua o dañar mecánicamente las branquias de los peces confinados. Esto significa que no sólo las especies tóxicas del fitoplancton pueden ser nocivas sino que, otras especies perfectamente inocuas en el medio natural pueden transformarse en fuertes competidores por nutrientes vitales¹².

Lo anterior no desmiente la influencia del evento de El Niño, mencionado en reiteradas ocasiones como el principal causante de esta situación, además de los efectos del cambio climático global, sin embargo, indica a la eutrofización del mar del archipiélago de Chiloé,

⁹ Claude, M., J. Oporto., C. Ibañez., L. Brieva., C. Espinosa & Arqueros M. (2000) La ineficiencia de la salmonicultura en Chile: aspectos sociales, económicos y ambientales. Pp 72.

¹⁰ FAO (2004) Marine biotoxins. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Rome.

¹¹ Bushmann AH, López D. & Medina A. (1996) A review of the environmental effects and alternative production strategies of marine aquaculture in Chile. Aquacul. Eng., 15: 397-421.

¹² Suárez B. & Guzmán L. (1999) Floraciones algales nocivas. Mareas rojas y toxinas marinas. Ed. Universitaria. Santiago, Chile. 56 pp.

como una variable local igual o más importante que otros factores. Dado esto, surgen algunas inquietudes: ¿La salmonicultura es una actividad que podrá sostenerse en el tiempo, considerando su capacidad de promover la proliferación de algas nocivas (FAN)?; ¿Su ineficiencia energética dado la alta demanda de peces pelágicos, el alto costo proteico de su carne, la baja calidad de los empleos e impactos ecosistémicos seguirán siendo obviados? A nuestro parecer esto debe ser exhaustivamente analizado y estudiado, sobre todo considerando la amplia gama de impactos biológicos, químicos, físicos y socio-económicos, tales como los cierres de áreas de extracción y navegación que merman la economía local de los buzos mariscadores, pescadores, recolectores de orilla, miticultores y la actividad turística.

Mortalidad de fauna nativa

El 25 de abril del presente año se detectó una masiva varazón de machas (*Mesodesma donacium*) y otras especies como jaibas, locos y piures, en la comuna de Chonchi, sector Cucao y Mar Brava (comuna de Ancud). Aquí lugareños observaron el bien denominado fenómeno, donde posteriormente se reportaron las siguientes declaraciones: “Ha sido la Armada la institución que ha tomado muestras de lo ocurrido, las que luego fueron analizadas por la Autoridad Sanitaria Provincial para exámenes toxicológicos, detectando que la marea roja influyó en todo el hecho”¹³. Sobre el origen del fenómeno, Leonardo Guzmán, jefe de la División de Investigación en Acuicultura del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), explicó que: “La toxina paralizante asociada al fenómeno de la marea roja que afecta a la zona actúa a nivel de la musculatura que usan las machas para mantenerse en su hábitat y al verse afectadas por la toxinas quedan inhabilitadas, siendo arrastradas por la corriente hacia la playa, donde mueren por estar fuera de su hábitat”¹⁴. Las declaraciones indican claramente que la marea roja estaría provocando la mortalidad de las machas y por consiguiente la muerte de otros organismos. Esto aparentemente resulta algo aventurado y hasta irresponsable, ya que **no existe** evidencia científica contundente que respalde dichas aseveraciones. Por lo tanto, que la autoridad reporte con tal certeza las causas de las mortalidades de distintos taxa (machas, jaibas, picorocos, piures, entre otros) sin mayores análisis, **excluye** otras probables hipótesis.

Según la Capitanía de Puerto de Chonchi recibieron un llamado telefónico de Alberto Naín, presidente de la comunidad indígena de Chanquín, quien informó sobre la situación ocurrida. Para luego ser desplegada una patrulla de la Armada al sector afectado corroborando en terreno la situación descrita. Aquí se encontraron con una varazón de gran cantidad de machas y en menor proporción de jaibas y almejas, dimensionado en una

¹³ Veo Verde 28 de abril del 2016, edición digital.

¹⁴ La Tercera 26 de abril del 2016, edición digital

extensión aproximada de cinco kilómetros de costa. La institución detalló que se recolectaron muestras de los organismos, siendo entregados a la autoridad sanitaria provincial para el examen toxicológico de rigor. Estos análisis arrojaron como resultado presencia de marea roja del tipo paralizante (VPM), entre 2,000 y 6,000 microgramos¹⁵ (Microgramos = µg). No obstante, estos niveles de toxinas reportados están muy por debajo de la toxicidad detectada años anteriores en el Sur Austral de Chile. Por lo mismo impediría aseverar con certeza que la mortalidad observada sea a causa de esta toxina. Compagnon y colaboradores (1998)¹⁶ describen una floración de *Alexandrium catenella* a principios de otoño de 1996 en el Sur de Chile. Las concentraciones de VPM registradas en Cholgas (*Aulacomya ater*) fue 25 días después del máximo de floración (~31,000 células por litro) alcanzando hasta 113,259 µg eq (equivalente) de STX/100 g. de carne (STX equivalente a saxitoxina asociada al VPM). También, se detectaron concentraciones de toxinas VPM elevadas en dos especies de gastrópodos carnívoros: loco (*Concholepas concholepas*) con 9,164 y 737 µg eq de STX/100 g en la glándula digestiva y en el músculo del pie, y en el caracol palo-palo (*Argobuccinum ranelliformes*) con 14,057 y 31 µg eq de STX/100 g en la glándula digestiva y en el músculo del pie. Se destaca que los valores máximos de toxicidad a nivel mundial se han observado a lo largo de la costa Sudamericana, con valores de 127,000 µg eq de STX/100 g en choritos provenientes del canal Beagle¹⁷ y de 107,000 µg eq de STX/100 g en Puerto Aguirre, Región de Aysén¹⁸. En cuanto a “*los moluscos afectados por marea roja, no alteran su color, sabor, olor, o aspecto, no se mueren y no existe señal visible que permita identificar cuáles están infectados y cuáles no*”¹⁹.

Por otro lado, información relevante en relación a los efectos de las toxinas de las floraciones algales nocivas, indican que la saxitoxina es una toxina neuromuscular que actúa directamente sobre el sistema nervioso periférico y músculo esquelético, afectando la actividad de la membrana celular por bloqueo selectivo del canal del sodio²⁰. La mayoría de los mariscos bivalvos filtradores son relativamente insensibles a las toxinas VPM. Esto se debe a que muchos de ellos cuentan con nervios y músculos regulados principalmente por canales de calcio, que son activados por voltaje, mientras que las saxitoxinas y otras toxinas bloquean solo los canales de sodio. Esto permite a los mariscos continuar alimentándose,

¹⁵ Emol.com, 26 de Abril 2016

¹⁶ Compagnon D., Lembeye G., Marcos N., Ruiz-Tagle, N. & Lagos N. (1998) Accumulation of paralytic shellfish poisoning toxins in the bivalve *Aulacomya ater* and two carnivorous gastropods *Concholepas* and *Argobuccinum ranelliformes* during an *Alexandrium catenella* bloom in southern Chile. *J. Shellfish Res.* 17(1): 67-73.

¹⁷ Benavides H., Prado L., Díaz S.Y. & Carreto J. (1995) An exceptional bloom of *Alexandrium catenella* in the Beagle Channel, Argentina. En P. Lassus, Arzul, G., Erard, E., Gentien. P. y Marcoillou, C. eds. *Harmful Marine Algal Blooms*, Págs. 113–119, Paris, Lavoisier Publishers.

¹⁸ Seguel M (2008) Manejo de cultivos bivalvos contaminados con marea roja. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina*. Taller Técnico Regional de la FAO. 20-24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. pp. 309–316.

¹⁹ Acciones Operacionales en Marea Roja, Región de Magallanes y Antártica Chilena. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) <http://www.ifop.cl/mr/preguntas.php>.

²⁰ Informativo Marea roja. Instituto de Salud Pública Chile (INPCH) http://www.ispch.cl/lab_amb/serv_lab/marea_roja_info.html

almacenar altas concentraciones de toxinas y con ello ser altamente tóxicos para sus consumidores. Por ejemplo, el mejillón común puede acumular más de 80 µg STX en menos de una hora, pues presenta gran tolerancia ya que no interrumpe su alimentación²¹.

Ahora bien, con toda la información anteriormente descrita respecto de las concentraciones de toxinas tolerables de parte de los moluscos-bivalvos. ¿Podría afirmarse sin previa investigación, que la mortalidad fue producida sólo por el florecimiento algal nocivo de *Alexandrium catenella* en el mar de Chiloé? ¿O lo más prudente sería investigar de forma exhaustiva esta y otras hipótesis?

Vertimiento de materia orgánica en descomposición

Muchos expertos han señalado que el depósito de salmones muertos no afectó el desarrollo del evento de marea roja. Esto puede ser cierto considerando las condiciones en las que se efectuó el vertimiento según lo que reportó el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura²². Sin embargo, hay quienes indican irregularidades respecto del sitio del depósito de los organismos descompuestos.

La preocupación del vertimiento de gran cantidad de biomasa en alto estado de descomposición al mar radica en que la oxidación realizada por la comunidad bacteriana sobre toda esta carga de material orgánico, consume el oxígeno disuelto en la columna de agua y sedimentos mediante procesos anaeróbicos, tales como sulfato-reducción y metanogénesis, generando como producto final sulfuro de hidrógeno (H₂S) y metano (CH₄), lo que se asocia a estados anóxicos de los fondos (carentes de oxígeno), produciendo empobrecimiento de las aguas y fondos contiguos²³. Esto generaría un sistema altamente discriminatorio y limitado al tipo de fauna que puede poblar estos ambientes, traducido en disminución de biodiversidad y prevalencia de bacterias adaptadas a las condiciones de mínimas de oxígeno y anóxicas. La presencia de sulfuro de hidrógeno (H₂S) se puede caracterizar visualmente por la presencia de sedimentos fangosos de coloración negro debido a la formación de sulfuros metálicos (sulfuro ferroso) generando un ambiente altamente tóxicos y letal a muy bajas concentraciones²⁴.

²¹ Mons M., Van Egmond H. & Speijers G. (1998) Paralytic shellfish poisoning: A review. RIVM Report 388802 005.

²² Sernapesca 2016

²³ Murata K., Satake M., Naoki, H., Kaspar, H.F. & Yasumoto T. (1998) Isolation and structure of a new brevetoxin analog, Brevetoxin B2, from greenshell mussels from New Zealand. Tetrahedron 54: 734-742.

²⁴ Prosser C. (2003) Utilización de agentes floculantes en la remoción de contaminantes presentes en sedimentos extraídos bajo balsas-jaulas de cultivo de salmones. [tesis]. Pp 68.

Por lo tanto, si bien la información en relación al vertimiento de salmones es aún controversial y un hecho a analizar, su particularidad no niega que la actividad salmonera sea perjudicial para los ecosistemas del sur de Chile.

Conclusiones

- No se puede descartar que la industria salmonera tenga un rol en el fomento de los eventos de floraciones algales nocivas (FAN), mediante el proceso de eutrofización del archipiélago de Chiloé.
- No se puede asegurar que la marea roja haya producido mortalidades debido a la falta de evidencia científica contundente sobre estos hechos.
- Se debe llevar a cabo una investigación para identificar la real causa de la mortalidad, además de evaluar y cuantificar la reducción poblacional que se produjo a los bancos naturales de machas y otras especies involucradas.
- Se debe evaluar de forma profesional y responsable si la actividad salmonera debe seguir desarrollándose en el Sur de Chile, considerando los eventos de los últimos años, que mantienen a la industria en constante crisis productiva, ambiental, sanitaria y social.
- Es imprescindible que el Estado se responsabilice de la creación de un centro de estudios de eventos algales nocivos y riesgos ambientales ubicado en la isla de Chiloé, con el fin de vigilar, educar, prevenir y estudiar eventos como el que hoy afectan al Sur de Chile.
- Del punto de vista Bio-económico, se debe comenzar a potenciar fuertemente actividades alternativas a la salmonicultura, que promuevan la recuperación del ecosistema y rescate de la cultura de Chiloé, como por ejemplo; turismo aventura (*outdoor*), producción de productos orgánicos, polo cultural, gastronómico, entre otros.
- Finalmente, si bien es respetable cada una de las declaraciones de los distintos sectores y actores de las ciencias del mar. Es relevante analizar estos sucesos científicos y sociales con responsabilidad, remover el determinismo de nuestros conocimientos adquiridos y respetar el conocimiento empírico de nuestras localidades. Junto con ello creemos relevante responder al reclamo de la sociedad del desarrollo independiente, claro y transparente de la investigación científica en el área afectada. Lo que igualmente nos invita a llevar de modo práctico el método científico,

sin la necesidad de descartar otras probables causas de estos eventos, mucho menos sin haber realizado investigación.

Victor Guaquin M. - Biólogo Marino - Área de esp. Acuicultura de moluscos bivalvos.
Paula Cárcamo M. - Bióloga Marina - Área de esp. Ecología de comunidades bentónicas.
Braulio Tapia A. - Biólogo Marino - Est. MSc. Ciencias con mención en Pesquerías.
Josefa Pino A. - Bióloga Marina - Est. MSc. Ciencias con mención en Pesquerías.