

Presencia de marea roja en Chile

Conceptos e impactos

Autor

Enrique Vivanco Font
Email: evivanco@bcn.cl
Tel.: (56) 32 226 3195

Comisión

Elaborado para la Comisión
de Pesca, Acuicultura e
Intereses Marítimos

Nº SUP: 134417

Documentos disponibles en:
<https://atp.bcn.cl>

Resumen

De las definiciones de marea roja se entiende como un fenómeno natural, cuyo término más correcto es Floración Algal Nociva (FAN). También, que no es provocada por un virus, bacteria u hongo, no es una infección. La formación de la FAN se produce por un aumento rápido y repentino de microalgas en el medio marino y dulceacuícola. La FAN puede impactar seriamente (pudiendo causar la muerte) seres humanos, peces, moluscos, mamíferos marinos y aves. Asimismo, se generan alteraciones del hábitat costero y por ende, perturbaciones en los sistemas social y económico.

La FAN puede ser no tóxica y tóxica. La primera, afecta, por su alta densidad de microalgas, la disponibilidad y/o captación de oxígeno, provocando eventos de mortalidad en peces y otros organismos por asfixia. La segunda, se forma por microorganismos que en su metabolismo generan sustancias altamente tóxicas, conocidas con el nombre de toxinas marinas. Para dimensionar lo anterior, del total de las más de 4000 especies fitoplanctónicas descritas por las ciencias biológicas sólo 300 especies son potenciales formadoras de FAN, y a su vez de estas solamente 60 especies pueden generar una FAN tóxica.

Las toxinas marinas, con presencia en Chile son el Veneno Paralizante de los Mariscos (VPM), producido por la microalga *Alexandrium catenella*. Esta toxina provoca parálisis muscular, que puede llevar a la muerte por parálisis respiratoria, compromiso cardíaco y del sistema nervioso central. El *Alexandrium* produce una toxina del grupo de las Saxitoxinas. La regulación internacional indica que no deben ser consumidos mariscos que contengan concentraciones de Saxitoxina iguales o superiores a los 80µg /100 g de carne de mariscos. Las Biotoxinas marinas lipofílicas, antes conocidas como Veneno Diarreico de los Mariscos (VDM), es producida por microalgas como *Dinophysis sp.* Estas toxinas liposolubles generan graves cuadros de diarreas y deshidratación en seres humanos. El Veneno Amnésico de los Mariscos (VAM) producida por la microalga *Pseudonitzschia australis*, la toxina puede causar la pérdida temporal o permanente de la memoria (amnesia) en seres humanos. En Chile, se ha detectado la presencia de estas toxinas en la microalga tanto en la zona norte, como en la zona sur, sin embargo a la fecha no se registran casos de intoxicaciones por toxina amnésica en el país.

Introducción

El documento define y caracteriza la marea roja. Asimismo, entrega una visión sobre su avance histórico hacia el norte del país desde que fue descrita científicamente en la región de Magallanes hace ya 50 años. En particular, se aborda el impacto sobre las personas y entorno.

Para desarrollo del documento se consultó información del Laboratorio de Toxinas Marinas de la Universidad de Chile, Instituto de Salud Pública de Chile, y documentos como Floraciones de Algas Nocivas, entre otros.

Características de la marea roja

El Laboratorio de Toxinas Marinas de la Universidad de Chile (Labtox)¹ define marea roja como:

... un fenómeno natural provocado por el incremento numérico de alguna o algunas microalgas en el agua, las que al ser el alimento de organismos marinos, como los moluscos bivalvos, pueden provocar daños en la salud de las personas que los consumen, además de pérdidas económicas para la acuicultura y la actividad extractiva.

Otra definición en la misma línea la entrega el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)²:

...o su término más correcto Floración Algal Nociva (FAN), es un aumento muy grande en la abundancia (número) de algunas microalgas que viven en el agua, y que los seres humanos las perciben como dañinas o nocivas. Los impactos que ocasionan sobre las personas y sus actividades, incluyen intoxicaciones por consumo de mariscos, que pueden ser fatales; mortandades masivas de organismos marinos en el ambiente natural y en sistemas de crianza o engorda; alteraciones de los hábitat costeros y por ende, perturbaciones en los sistemas social y económico. Una marea roja no es provocada por un virus, bacteria u hongo, no es una infección, pero algunas floraciones producen toxinas, afectando a los mariscos que se alimentan de estas microalgas, causando intoxicaciones en las personas por consumo de mariscos y que incluso pueden ser fatales, dependiendo de la toxina, entre otros factores.

Las mareas rojas como término genérico, son fenómenos mundiales, por ejemplo el Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (*National Oceanic and Atmospheric Administration*, NOAA), de Estados Unidos de Norteamérica señala:

...que marea roja (*red tide*) es un término común usado para una floración de algas nocivas (FAN), que además es el término usado por la comunidad científica”, luego lo define como “el crecimiento fuera de control de colonias de microalgas simples que viven en el mar y agua dulce, que producen efectos tóxicos o nocivos sobre las personas, peces, moluscos, mamíferos marinos y aves. Además, los efectos de las FAN sobre seres humanos, aunque poco frecuentes, pueden ser debilitantes e incluso mortales.

También, la Agencia Europea de Medio Ambiente³ define la marea roja como:

¹ Labtox (s/f). ¿Qué es la “marea roja”? Disponible en: <http://bcn.cl/30q11> (Abril 2022).

² IFOP (s/f). ¿Qué es marea roja?. Preguntas frecuentes. Disponible en: <http://bcn.cl/30q13> (Abril 2022).

³ European Environmental Agency (s/f). Red tide. Disponible en: <http://bcn.cl/30q15> (Abril 2022).

...agua de mar cubierta o decolorada por la floración de algas repentina, o por un gran aumento de organismos unicelulares, como dinoflagelados. Las mareas rojas a menudo son fatales para muchas formas de vida marina y, en algunos casos, pueden causar la muerte de seres humanos. Los dinoflagelados son ingeridos por almejas y mejillones (organismos filtradores) que concentran las toxinas paralizantes que producen.

De estas definiciones se extrae que la marea roja es:

- Son un fenómeno natural;
- El término más correcto es Floración Algal Nociva (FAN);
- Una marea roja no es provocada por un virus, bacteria u hongo, no es una infección;
- Se producen por un aumento rápido y repentino de microalgas en el medio marino y dulceacuícola;
- Puede impactar seriamente (pudiendo provocar la muerte) sobre seres humanos, peces, moluscos, mamíferos marinos y aves; y
- Generan alteraciones del hábitat costero y por ende, perturbaciones en los sistemas social y económico.

Floraciones algales nocivas (FAN)

El plancton⁴, en particular el fitoplancton y microalgas, en condiciones de normalidad forma la base de la cadena alimentaria. Sin embargo, bajo ciertas condiciones ambientales, como aumento en temperatura del agua, salinidad, luminosidad y mayor disponibilidad de nutrientes (exceso), la o las microalgas pueden proliferar en forma explosiva, provocando un fenómeno conocido como Floraciones Algales o “Bloom” (en inglés).

La floración algal puede generar cambios físicos en la coloración del agua (no siempre es un fenómeno visible a simple vista), debido a que las microalgas poseen pigmentos (que les permiten realizar la fotosíntesis), tornando las aguas a colores rojo, también amarillo, verde o café. Por esta razón, estos fenómenos son conocidos mundialmente como “mareas rojas”.

Las floraciones algales, en su gran mayoría, no producen efectos negativos sobre otros seres vivos, y por el contrario son beneficiosos para la vida acuática. Sin embargo, en algunos pocos casos el crecimiento de microalgas puede generar una Floración Algal Nociva (FAN).

En este contexto, la FAN puede afectar a los seres vivos de dos formas: primero, por su alta densidad de microalgas, afecta la disponibilidad y/o captación de oxígeno, provocando eventos de mortalidad en

⁴ IFOP. Plancton marino: conjunto de organismos, mayoritariamente microscópicos, que flotan en la columna de agua (dulces y marinas). La división tradicional distingue entre el plancton animal o zooplancton y el plancton vegetal o fitoplancton. El zooplancton se compone por larvas de artrópodos, crustáceos y otros animales hasta protozoos. Su alimentación se basa en la ingesta de materia orgánica. El fitoplancton, en cambio, se forma con organismos autótrofos que realizan la fotosíntesis. El plancton ocupa un rol relevante en la cadena alimenticia. El plancton vegetal es el alimento del plancton animal, que a su vez es consumido por diferentes larvas. Las larvas son la comida de peces, ingeridos por peces mayores a su vez consumidos por depredadores oceánicos. Disponible en: <http://bcn.cl/30q18> (Abril 2022).

peces y otros organismos por asfixia. Segunda forma, cuando la FAN está compuesta por microorganismos tóxicos, que de acuerdo al Laboratorio de Toxinas Marinas de la Universidad de Chile⁵:

...en su **metabolismo generan sustancias altamente tóxicas, conocidas con el nombre de toxinas marinas**. Los moluscos filtradores, que se alimentan de microalgas concentran estas toxinas en sus tejidos, convirtiéndolos en alimentos altamente tóxicos, que pueden provocar enfermedades severas e incluso la muerte de quienes los consuman.

Para dimensionar lo anterior, del total de las más de 4000 especies fitoplanctónicas descritas por las ciencias marinas sólo 300 especies son potenciales formadoras de Floraciones Algales, y a su vez de estas solamente 60 especies pueden generar una FAN tóxica⁶.

Toxinas marinas del fitoplancton⁷

Las toxinas marinas se clasifican de acuerdo a sus efectos o signos clínicos en el ser humano. Con presencia en Chile:

- **Veneno Paralizante de los Mariscos (VPM):** Producido por la microalga *Alexandrium catenella*. La toxina provoca parálisis muscular, que puede llevar a la muerte por parálisis respiratoria, compromiso cardíaco y del sistema nervioso central⁸. Específicamente, el *Alexandrium* produce una toxina del grupo de las Saxitoxinas. Estas toxinas provocan el bloqueo de los canales de sodio a nivel celular, lo que se traduce en una parálisis muscular, que puede llevar a la muerte por parálisis respiratoria, compromiso cardíaco y del sistema nervioso central. La regulación internacional indica que **no deben ser consumidos mariscos** que contengan **concentraciones de Saxitoxina iguales o superiores a los 80µg /100 g de carne de mariscos**.
 - Intoxicación se inicia entre 4 a 30 min después de la ingesta: hormigueo y adormecimiento de labios y lengua
 - Vómitos
 - Parálisis muscular
 - Parálisis respiratoria
 - Asfixia
 - Muerte por paro cardiorrespiratorio: En intoxicaciones con altos niveles de toxicidad, la muerte puede ocurrir en minutos a horas.
 - No deja secuelas físicas en los sobrevivientes.

⁵ Labtox.Op.cit.

⁶ Suárez, B. y Guzmán, L. (1999). Floraciones de Algas Nocivas, Mareas Rojas y Toxinas Marinas. Resultado del Proyecto FONDEF 2-37 "Tecnologías para la detección rápida de toxinas marinas" de 1994 y desarrollado por Universidad de Chile, Instituto de Fomento Pesquero y Universidad de Magallanes. Disponible en: <http://bcn.cl/30q19> (Abril 2022).

⁷ Labtox.Op.cit.

⁸ MINSAL (12 Abril 2022). Marea roja. Disponible en: <http://bcn.cl/30q1a> (Abril 2022).

- **Biotoxinas marinas lipofílicas**, antes conocidas como **Veneno Diarreico de los Mariscos (VDM)**: Producida por microalgas como *Dinophysis sp.* Estas toxinas liposolubles provocan graves cuadros de diarreas y deshidratación en seres humanos.

Existen cuatro grupos de biotoxinas marinas lipofílicas:

- Grupo Acido Okadaico y Dinofisistoxinas: AO, DTX1 y DTX2. En *Dinophysis*. Concentración Máxima permitida en carne de mariscos: 160 µg Equivalente de AO/Kg.
- Grupo Pectenotoxinas: PTX1 y PTX2. En varios grupos del género *Dinophysis*. Concentración Máxima permitida en carne de mariscos: 160 µg Equivalentes de AO + PTX/Kg.
- Grupo Azaspirácidos: AZA1, AZA2 y AZA3. Presente en el pequeño dinoflagelado llamado *Azadinium spinosum*. Concentración Máxima permitida en carne de mariscos: 160 µg Equivalentes de AZA/Kg.
- Grupo Yesotoxinas: YTX, 45-OH-YTX, homo-YTX, 45-OH-homo-YTX. Presente en varios dinoflagelados incluyendo *Protoceratium reticulatum*, *Lingulodinium polyedrum* y *Gonyaulax spinifera*. Concentración Máxima permitida en carne de mariscos: 3,75 mg Equivalentes de YTX/Kg.
- En Chile **se ha detectado la presencia de estas toxinas tanto en la zona norte, como en la zona sur del país**, registrándose a la fecha más de un centenar casos de estas intoxicaciones.

- **Veneno Amnésico de los Mariscos (VAM)**: Producida por la microalga *Pseudonitzschia australis*. La toxina puede causar la pérdida temporal o permanente de la memoria (amnesia) en seres humanos (primeros casos ocurrieron el año 1988 en Prince Edward Island en el este de Canadá).

La *Pseudonitzschia australis* produce una toxina denominada Ácido domoico. La concentración máxima permitida de Ácido domoico es de 20 µg/g de carne de marisco.

Síntomas por VAM:

- ✓ Primeras 24 horas: Uno o más síntomas gastrointestinales (vómitos, diarrea y cólicos abdominales).
- ✓ 48 horas posteriores a la ingesta: Confusión, pérdida de la memoria, desorientación u otros signos como convulsión y coma.

De acuerdo al Laboratorio de toxinas marinas de la Universidad de Chile, en Chile, se ha detectado la presencia de estas toxinas en la microalga tanto en la zona norte, como en la zona sur, sin embargo a la fecha no se registran casos de intoxicaciones por toxina amnésica en el país.

- Para otras partes del mundo se ha descrito las siguientes biotoxinas:
 - ✓ Brevetoxinas o Veneno Neurotóxico de los Mariscos (VNM).
 - ✓ Ciguatera (CTX) (Intoxicación producida por el consumo de peces).

- ✓ Palitoxinas
- ✓ Espirólidos

Intoxicación por toxinas marinas en Chile

A continuación, la tabla 1 muestra un resumen de los efectos descritos para la marea roja en Chile incluyendo síntomas, terapia, organismos causantes de la intoxicación, toxina, y otros.

Tabla 1. Cuadro resumen de efectos de las intoxicaciones causadas por VPM, VDM y VAM en Chile.

Intoxicación	Veneno Paralizante de los Mariscos (VPM)	Veneno Diarreico de los Mariscos (VDM)	Veneno Amnésico de los Mariscos (VAM)
Microalga	Dinoflajelado pelágico <i>Alexandrium catenella</i>	Dinoflajelado pelágico <i>Dinophysis acuta</i>	Diatomeas <i>Pseudonitschia australis</i>
Vector principal	Moluscos bivalvos (filtradores)	Moluscos bivalvos (filtradores)	Moluscos bivalvos (filtradores)
Distribución geográfica	Mundial, aguas templadas y tropicales	Mundial, aguas templadas	Canadá, Noroeste de EEUU, sur de Chile.
Toxinas principales	Saxitoxinas (22+)	Ácido okadaico y derivados (8+)	Ácido domoico (3+)
Tiempo de incubación antes de surgir las primeras señales de intoxicación	5 a 20 min	Horas	Horas
Síntomas agudos	Parestesias (insensibilidad), insuficiencia respiratoria y cardíaca, parálisis progresiva, coma, muerte.	Dolor abdominal, diarrea, náusea, vómitos.	Náusea, diarrea, vómitos, parestesias, insuficiencia respiratoria, pérdida de memoria. Muerte.
Síntomas crónicos	No tiene	No se conocen	Pérdida de memoria
Tasa de mortalidad	1-14%	0%	3% (no se registran muertes en Chile)
Diagnóstico	Síntomas clínicos, bioensayos (ratones), radioensayos, HPLC-FD	Síntomas clínicos, bioensayos (ratones), HPLC-FD	Síntomas clínicos, radioensayos, HPLC-UV
Tratamiento	Respiración asistida, diuréticos	Hidratación, hospitalización	Respiración asistida

Fuente: adaptado de Floraciones de Algas Nocivas⁹.

⁹ Suárez, B. y Guzmán, L. Op.cit.

Diferentes respuestas de moluscos, aves, mamíferos marinos frente a una intoxicación por FAN

Las microalgas tóxicas son acumuladas por algunos moluscos vectores que poseen tolerancia a las toxinas que afectan de forma severa a seres humanos, otros vertebrados marinos y aves. Es así que investigaciones realizadas durante la década de 1970 descubrieron que “los nervios de choritos (*Mytilus edulis*) y ostiones (*Placopecten magallanicus*) eran insensibles a la aplicación de altas concentraciones de saxitoxina y tetrodotoxina (0,1 mg/mL), las que en vertebrados superiores habrían causado el total bloqueo de los impulsos nerviosos¹⁰.

Una respuesta distinta se obtuvo en la ostra (*Crassostrea virginica*), que “mostró una sensibilidad muy alta y los impulsos nerviosos fueron bloqueados por saxitoxina, mientras que la almeja (*Mya arenaria*) tuvo una sensibilidad intermedia¹¹

La respuesta a las diferentes reacciones por especie se debe a que “existen canales de sodio de muy diferente afinidad por saxitoxinas y tetrodotoxina y que en moluscos la excitabilidad de nervios y músculos depende de flujos de calcio a través de canales de calcio que son insensibles a las toxinas paralizantes¹²

Registro histórico de marea roja en Chile

Los eventos de FAN son un fenómeno de escala global cuyo primer registro de una intoxicación por consumo de mariscos con resultado de muerte ocurrió el 15 de junio de 1793 en la costa oeste de los Estados Unidos. En Europa, el 17 de octubre de 1885 ocurrió otra intoxicación masiva en el puerto de Wilhelmshaven en el norte de Alemania. De vuelta en San Francisco, EEUU, en julio de 1927 se produjo una intoxicación masiva que causó la muerte de varias personas, con severos síntomas de toxinas paralizantes.

En Chile el fenómeno de la marea roja tiene antiguos registros en aguas oceánicas y costeras desde el siglo XIX. Por ejemplo, en 1827 se observaron decoloraciones del agua de mar frente a las costas de Valdivia; en 1835 Charles Darwin describió dos eventos de marea roja, uno frente a Concepción y otro frente a Valparaíso. Además, el primer evento ocurrió pocos días después del terremoto que afectó a la ciudad de Concepción¹³. Sin embargo, estos eventos no registraron mayores inconvenientes para la población y ecosistemas marinos, pero desde 1972 se han sucedido con mayor frecuencia, extensión y gravedad (3 muertes registradas) FAN en las regiones de Llanquihue, Aysén y Magallanes (ahora con presencia hasta la Región de los Ríos), no siempre asociados a decoloraciones. La tabla 2 muestra algunos de los casos fatales por intoxicación de toxinas paralizantes.

¹⁰ Suárez, B. y Guzmán, L. Op.cit.

¹¹ Ibídem.

¹² Ibídem.

¹³ El terremoto de Concepción de 1835 fue un sismo de 8,5 MS a las 11:30 del 20 de febrero de 1835. El maremoto posterior arrasó la zona centro-sur del país, específicamente entre los ríos Cachapoal y Valdivia. Destruyó totalmente la ciudad de Concepción.

Tabla 2 presencia de FAN del tipo tóxico en Chile.

Año	Número de intoxicados	Número de muertes	Lugar	Recurso
1972	3	3	Bahía Bell	Cholga
1981	26	2	Seno Unión	Cholga
1989	8	0	Estero Núñez	Cholga
1991	95	2	Bahía Nash	Chorito
1991	125	2	Seno Unión	Cholga
1991	2	1	Seno Nevado	Cholga
1992	14	6	Bahía Woodsworth	Chorito
1992	5	0	Estero Asia	Chorito
1992	3	0	Km 49 sur	Chorito
1992	1	1	Caleta La Olla	Sin información
1992	3	0	Paso Nuevo	Cholga
1992	1	0	Isla Vancouver	Cholga
1992	3	1	Paso Schoal	Cholga
1992	6	0	Puerto Williams	Chorito
1994	8	0	San Juan	Chorito
1994	1	0	Los Ñires	Chorito
1994	2	1	Punta Arenas	Chorito
1994	1	0	Punta Arenas	Chorito
1994	1	0	Punta Arenas	Chorito
1994	1	0	Bahía Gente Grande	Cholga
1994	1	1	Seno Ringove	Cholga
1995	4	0	Chabunco	Chorito
1995	1	0	Seno Profundo	Cholga
1995	13	1	Isla Toto, Aysén	Cholga
1998	9	1	Aysén	Cholga
1998	10	1	Aysén	Cholga
1999	2	0	Sin información	Almeja
2000	6	0	Sin información	Chola
2001	1	0	Sin información	Chorito
2002	35	0	Sin información	Chorito
2008	6	0	Sin información	Sin información
2009	32	2	Sin información	Sin información

Fuente: Adaptado de Floraciones de Algas Nocivas y otras fuentes.

Causas de la marea roja: iniciador de la división celular acelerada

En el caso de dinoflagelados (como los tóxicos *Alexandrium catenella*) se reproducen por división celular simple y asexual. Este proceso asexual se desarrolla con relativa lentitud (desde dos veces por día hasta una vez cada cinco días). Sin embargo, este ritmo de división permite que¹⁴:

¹⁴ Suárez, B. y Guzmán, L. Op.cit.

... de unas pocas células en el medio natural se llegue a producir una floración masiva al cabo de pocos días. Este proceso **genera un cambio de color en la columna de agua es cercana al millón de células por litro.**

La división celular descrita se genera por dos mecanismos¹⁵:

- a) el incremento del crecimiento biológico que es estimulado por regímenes apropiados de nutrientes, luz, temperatura y salinidad, y
- b) mecanismos físicos que favorecen la concentración de las células en parches de agua definidos, como vientos suaves o ausentes, lluvias y estratificación de la columna del agua. La situación que se observa en los fiordos y canales chilenos no se ajusta a este modelo (Surgencias costeras), no obstante que es posible apreciar con frecuencia una columna de agua muy estratificada como consecuencia de la incorporación de aguas de lluvia, ríos y fusión de hielos.

Para los casos de un evento de FAN¹⁶:

...ocurren principalmente en el período primavera-verano (XII región), por el aumento de la radiación solar y disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, en algunos lugares (X y XI regiones) también suceden crecimientos explosivos en otoño.

Es decir, las microalgas requieren luz (mayor en periodo estival) y aportes de nutrientes del ambiente. Además, las condiciones ambientales son favorables para que se desarrollen: temperatura del agua, radiación, poco viento, entre otros.

Aporte de nutrientes¹⁷

En entrevista el Dr. Juan Placencia enumera las posibles causas de aporte de nutrientes en las zonas costeras.

- Fenómeno del Niño: una de las causas podría ser el Fenómeno del Niño que si bien es un evento global que comúnmente se asocia al desplazamiento de aguas cálidas desde el Ecuador. Este fenómeno:

...No es exclusivamente oceanográfico, sino también atmosférico: se producen cambios en el patrón de presiones en el Ecuador, que modulan el patrón de vientos, que son los vientos Alisios.

En particular, para la zona de América del Sur, se encuentra el anticiclón, que maneja el patrón de vientos en esta zona:

...Si cambian los vientos en la zona del océano, cambian también las corrientes, y por lo tanto las condiciones oceanográficas. Con el fenómeno del niño, se modificó la intensidad y localización (del anticiclón). Estos vientos, que tienen una dirección de sur a norte, paralelo a las costas de Sudamérica, se intensifican en verano, y producen un fenómeno que se denomina surgencia,

¹⁵ Ibídem.

¹⁶ IFOP (s/f). Marea roja. Disponible en: <http://bcn.cl/30q13> (Abril, 2022).

¹⁷ UCSC (12 de Mayo, 2016). Marea Roja: qué es este fenómeno que afecta al sur de Chile. Entrevista Dr. Juan Placencia, oceanógrafo y académico de la Facultad de Ciencias. Disponible en: <http://bcn.cl/30q1g> (Abril 2022).

aproximadamente hasta el paralelo 40° sur. **Afloran aguas ricas en nutrientes, más frías, y aflora el fitoplancton.**

- Surgencias: en el sur de Chile se:

...están generando fenómenos de surgencia que no son comunes, y que se traducirían en el ingreso de aguas ricas en nutrientes, proporcionando los alimentos para las algas en la zona, una de ellas, las microalgas.

Aporte de ríos: en el sur de Chile, los ríos de origen glacial, aportan agua dulce y nutriente al océano:

...y la cantidad de estas aguas ha disminuido, por lo tanto, significa que con menos agua dulce, hay mayor salinidad.

- Acuicultura: pueden ser que los nutrientes sean producto de la actividad antrópica, como salmoneras y acuicultura entre otras.

En particular, sobre el aporte de la acuicultura nacional se lo relaciona comúnmente con **floraciones de especies no tóxicas al ser humano**. No obstante, estos microorganismos pueden ser altamente nocivos y hasta letales para especies de cultivo, por concentrarse en centros de cultivo donde los peces cultivados no pueden escapar. Las formas de acción de estas especies de fitoplancton no tóxico es disminuyendo el contenido de oxígeno disuelto en el agua o dañar mecánicamente las branquias de los peces confinados¹⁸.



Creative Commons Atribución 3.0
(CC BY 3.0 CL)

¹⁸ Suárez, B. y Guzmán, L. Op.cit.