



**INFORME FINAL**

Convenio Asesoría integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura, 2011.

Monitoreo de *Alexandrium catenella* en zona no declarada de la región de Atacama y Coquimbo.

**SUBPESCA / Agosto 2012**



## **INFORME FINAL**

Convenio Asesoría integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura, 2011

Monitoreo de *Alexandrium catenella* en zona no declarada de la región de Atacama y Coquimbo

**SUBPESCA / Agosto 2012**

### **REQUIRENTE**

#### **SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA**

Subsecretario de Pesca y Acuicultura

**Pablo Galilea Carrillo**

### **EJECUTOR**

#### **INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP**

Jefe División Investigación en Acuicultura

**Leonardo Guzmán Méndez**

Director Ejecutivo

**Jorge Antonio Toro Da'Ponte**

### **JEFE PROYECTO**

Pablo Salgado Garrido

### **AUTORES**

Pablo Salgado Garrido

Lilian Díaz Galindo

Nicole Pesse Lastra

Ximena Vivanco Tapia

Leonardo Guzmán Méndez

### **COLABORADORES**

Christián Espinoza Alvarado

Denisse Torres Avilés



---

## RESUMEN EJECUTIVO

---

Este informe final incluye los resultados alcanzados durante la ejecución del proyecto y que considera tres temas fundamentales: i) Prospección de *A. catenella* en bahías con actividades de acuicultura y áreas de manejo de las regiones de Atacama y Coquimbo; ii) Revisión de antecedentes históricos, que permitan tomar decisiones para declarar bahías como áreas libres de FAN; y iii) Proponer medidas aplicables dentro del ámbito del Reglamento de Plagas, para evitar el ingreso de *A. catenella* y mantener la categoría de área libre de FAN.

Para abordar el primer tema, se realizó un muestreo desde abril de 2011 hasta mayo 2012, en Bahía Inglesa ubicada en la región de Atacama, en caleta Totoralillo, en bahía de Coquimbo, en caleta La Herradura, en bahía Guanaqueros, en bahía Tongoy y en caleta Los Vilos en la región de Coquimbo. Se tomaron muestras de la columna de agua y sedimentos, en busca de células vegetativas y quistes de resistencia de *A. catenella*, respectivamente. Se realizaron análisis cualitativos y cuantitativos en las muestras tomadas en la columna de agua, donde no se encontraron células vegetativas ni quistes pellicle (temporales) de *A. catenella*, así también en las muestras de sedimento, no se registraron quistes de resistencia de la especie objetivo de este estudio. Cabe destacar que aún cuando *A. catenella* no fue identificada, sí se registraron otros representantes del género como *A. ostenfeldii* y *Alexandrium* sp., potenciales productores de toxinas del complejo paralizante (VPM).

Para abordar el segundo tema, se realizó una revisión de antecedentes históricos los cuales mostraron que desde hace más de 20 años en el norte de Chile han sido citadas de manera esporádica, y a veces excepcional, diversas especies del género *Alexandrium*, entre ellas *A. acatenella*, *A. catenella*, *A. ostenfeldii* y *A. tamarense*. Sin embargo, debido a las tecnologías utilizadas (microscopios convencionales), o a una falta de rigurosidad, la identificación de alguna de ellas pudo haber sido sesgada, pudiendo haber confundido las especies, generando, así, confusión sobre su verdadera identidad. Un ejemplo de ello pudo haber ocurrido con las especies *A. acatenella*, *A. catenella* y *A. tamarense*, esta última identificada en un comienzo por Álvarez *et al.* (2011) y que correspondería a *Alexandrium* sp. según criterios taxonómicos. Las tres especies son de morfología similar, y se distinguen principalmente por la presencia o ausencia del poro ventral en la placa 1' y por sutiles diferencias entre sus placas tecales. El poro ventral identifica a *A. acatenella* y *A. tamarense* y no a *A. catenella*, sin embargo otros caracteres también debieron haber sido tomados en cuenta como por ejemplo la formas de las placas 6'', Sa, Sp, cpa, y la formación de cadenas. En relación a la literatura consultada, se encontró que el complejo de toxinas paralizantes está presente en todo el norte de Chile, desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de Coquimbo, aunque en concentraciones bajo los límites regulatorios. Estas toxinas podrían estar asociadas, probablemente, a la especie *A. ostenfeldii* y no a *Alexandrium* sp., debido a que se comprobó que esta última no presentó toxinas paralizantes en análisis realizados a cultivos establecidos a partir de muestras aisladas de campo. De acuerdo al monitoreo de este estudio, estas dos últimas especies serían, hasta ahora, las especies presentes en el norte del país.



El tercer tema en estudio, fue proponer medidas de control para mantener la categoría libre de FAN a esta zona del país. Para ello se recomienda: 1) que las plantas de procesos, de desarenado y depuradoras realicen análisis de quistes y fitoplancton a sus efluentes en períodos de máxima producción; 2) Tratar aguas de transporte y riles de plantas de proceso antes de ser eliminados al medio ambiente, debido a que el transporte de productos del mar (pesca, ostiones, algas, entre otros) así como el procesamiento de moluscos en plantas, son mecanismos de propagación de la microalga. En relación a esto último, se ha demostrado que una forma de tratar los riles para eliminar *A. catenella* es implementar tratamientos con temperaturas  $> 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , salinidades  $< 2\text{ psu}$ , cloración a concentraciones de 100 ppm, filtros de  $25\text{ }\mu\text{m}$  dispuesto en series de filtros con trama mayor, radiación UVC  $> 13\text{ mJ/cm}^2$ ; 3) Evitar apozamientos de moluscos y traslado de fomites desde sectores con presencia de *Alexandrium* a áreas libres de FAN; y 4) mantener un monitoreo precautorio a fin de pesquisar la presencia de eventos tóxicos y detectar la especie causal de éstos. Además incluir la evaluación de toxinas del tipo paralizante, en moluscos recolectados en las zonas de control.

Por lo tanto, debido a la ausencia de *A. catenella* en el monitoreo de agua y sedimento, tanto en su estado vegetativo como quiste respectivamente, podemos concluir que es pertinente declarar como Área libre de FAN de *A. catenella* las regiones de Atacama y Coquimbo, sin embargo, se recomienda iniciar un programa de vigilancia para mantener el estado de área libre de FAN, y pesquisar la presencia de eventos tóxicos y detectar la especie causal de éstos.



## ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO .....	i
ÍNDICE GENERAL .....	iii
1. ANTECEDENTES.....	1
2. OBJETIVOS .....	4
2.1. Objetivo general .....	4
2.2. Objetivos específicos .....	4
3. METODOLOGÍA .....	5
4. RESULTADOS .....	8
5. DISCUSIÓN .....	13
6. CONCLUSIONES .....	15
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	16
TABLAS	
FIGURAS	



## 1. ANTECEDENTES

---

La Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA) del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo es la autoridad en pesca y acuicultura, cuya potestad surge de la Ley General de Pesca y Acuicultura. Consecuentemente, el 15 de diciembre de 2005, promulgó el Reglamento sobre Plagas Hidrobiológicas (D.S. N° 345 de 2005 del Ministerio de Economía), que otorga a la autoridad atribuciones para adoptar medidas frente a determinados eventos que son calificados como plagas y que entró en vigencia el 17 de diciembre de 2007.

Se entiende por plaga hidrobiológica o plaga, la población de una especie hidrobiológica que por su abundancia o densidad puede causar efectos negativos en la salud humana, en las especies hidrobiológicas o en el medio, originando detrimento de las actividades pesqueras extractivas o de la acuicultura y pérdidas económicas. Consecuentemente se deben regular las actividades y medidas destinadas a prevenir, controlar y propender a la erradicación de organismos que constituyen o pueden llegar a constituir plagas hidrobiológicas.

En los inicios de 2009 la SUBPESCA haciendo uso de las facultades que le otorga el señalado reglamento dictó la resolución (Res. Ex. 177) en que declara un área de plaga hidrobiológica “Área plaga FAN causada por la microalga *Alexandrium catenella*” (i.e. plaga FAN), debido al riesgo y al efecto negativo que representa este microorganismo para la salud pública, la actividad pesquera y la acuicultura y las consecuentes pérdidas económicas que originan sus floraciones. El 2011 esta resolución fue renovada (Res. Ex. 205/2011) abarcando la misma área que la propuesta el 2009, es decir, la vasta macrozona comprendida desde el sur de Chiloé (Región de Los Lagos) (42° 22'S) hasta el Canal Beagle, Región de Magallanes (54°55'42”).

Ello ha determinado que actualmente, al menos para esta microalga, las precauciones no sólo deben estar centradas en torno a la salud pública sino que también desde una perspectiva ambiental. En consecuencia la generación periódica de información, basada en monitoreos o vigilancias de las microalgas nocivas, constituyen un pilar para la toma de decisiones según el reglamento de plagas, más allá de la pertinencia que tiene esta información para el apoyo de decisiones para la protección de la salud pública y minimización de los impactos sobre las actividades productivas. Estos monitoreos o vigilancias no sólo deben efectuarse en el área declarada plaga FAN, sino que también es conveniente extenderlos a otros sectores como medida de prevención, por ejemplo en sectores limítrofes del área declarada plaga FAN, como también para definir un sector libre de esta plaga FAN y adoptar consecuentemente las medidas tendientes a protegerla y mantenerla sin la presencia de este microorganismo.

La SUBPESCA ha visto la necesidad de ampliar la información relativa a la presencia de *A. catenella* en otras áreas del país, como las regiones de Atacama y Coquimbo, donde existe una permanente actividad de acuicultura y áreas de manejo en pleno desarrollo. Hasta ahora los antecedentes de diversos estudios y monitoreos que se han realizado en estas regiones no han confirmado la ausencia de esta microalga. A fin de poder declarar estas regiones como “libres de plaga FAN”, es



imperativo la realización de un monitoreo permanente que permita confirmar la ausencia de esta especie o conocer tempranamente su eventual ingreso.

Una ventaja comparativa que tendría el desarrollo y ampliación de actividades de miticultura en las regiones de Atacama y Coquimbo, en comparación con aquella que se desarrolla en la región de Los Lagos, es una menor frecuencia de eventos de floraciones de algas nocivas y la aparentemente ausencia de especies del género *Alexandrium* para estas regiones. Por otro lado, existe la probabilidad que por razones de cultivo o repoblamiento en Áreas de Manejo se trasieguen ejemplares de especies bentónicas que transporten la especie plaga, actuando como vectores.

Aunque la presencia de *A. catenella* no ha sido señalada para las regiones de Atacama y Coquimbo, la situación en esta área del país, es compleja, por cuanto se han detectado varios venenos y especies de microalgas productoras de toxinas marinas. Para bahía Mejillones, bahía Tongoy y bahía Guanaqueros se señaló en un mitilido y ostión del norte la presencia de veneno paralizante de los mariscos dominado por saxitoxina, confirmado mediante HPLC-MS, aunque en concentraciones bajo la norma (i.e. entre 27-34  $\mu\text{g}$  STX eg. 100  $\text{g}^{-1}$ ), no obstante que no se detectó en organismos del plancton o en cultivo que eventualmente podrían ser la fuente primaria de este complejo tóxico, además los perfiles toxicológicos de Bahía Mejillones con respecto a las otras dos bahías, fueron diferentes; aunque se detectó una especie de *Alexandrium* en condición de floración, parecida a *A. tamarense*, pero los autores no se pronunciaron por la identidad específica de esta microalga (Álvarez *et al.*, 2009a), como tampoco entregan antecedentes acerca de la eventual presencia de lechos de quistes de resistencia de *Alexandrium*.

Por otro lado, las especies del género *Dinophysis* son asociadas a la producción de toxinas diarreogénicas como el ácido okadaico (AO) y hepatotóxicas, como las pectenotoxinas. Además existe otro grupo de toxinas de efectos cardiotóxicos como las yesotoxinas, producidas por otros dinoflagelados hasta ahora no citados para las regiones de Atacama y Coquimbo, como *Protoceratium reticulatum*, *Lingulodinium polyedrum* y *Gonyaulax spinifera*. Asimismo los espirólidos y azaspirácidos, también toxinas lipofílicas, cuyas fuentes primarias tampoco han sido citadas para estas regiones, pero para Bahía Inglesa en la región de Atacama se han detectado azaspirácidos en muestras de ostión del norte (López-Rivera *et al.*, 2010) y azaspirácidos y espirólidos en la bahía de Coquimbo en muestras de machas y almejas (Alvarez *et al.*, 2010). Además, recientemente para esta misma bahía, se ha mostrado para muestras de plancton, filtradores y células aisladas de *D. acuminata* la presencia de pectenotoxinas (PTX2), no obstante que el ácido okadaico y sus derivados o análogos no fueron detectados (Blanco *et al.*, 2007). Para el extremo norte del país, en la bahía de Arica ha sido señalada la presencia de pectenotoxinas y yesotoxinas (Krock *et al.*, 2009), por lo que es dable que ésta última esté también presente en las regiones de interés para este estudio.

Respecto del ácido domoico en la zona norte del país, causante de las intoxicaciones con veneno amnésico de los mariscos (VAM), éste se detectó por primera vez en 1997, toxina que ha sido detectada en Bahía Inglesa en la región de Atacama y en Bahía Tongoy en la región de Coquimbo. A mediados y fines de diciembre de 2008, en la región de Atacama se detectaron niveles de riesgo



para las personas, 23,2 y 198,5  $\mu\text{g g}^{-1}$  de ácido domoico (A. Vaquero, MINSAL com. pers.). Por otro lado se ha mostrado para las regiones de Atacama y Coquimbo, en las bahías Inglesa y La Herradura y Tongoy, respectivamente, que *Pseudo-nitzschia australis* y *P. calliantha* son taxones productores de ácido domoico (Álvarez *et al.*, 2009b). Esta toxina podría estar asociada también a *P. pseudodelicatissima*, pero no existen antecedentes confirmatorios para la situación chilena.

En consecuencia este estudio se orienta a generar el conocimiento e información que permita calificar objetivamente el sector geográfico de las regiones de Atacama y Coquimbo como área libre de plaga FAN asociada a *A. catenella*.

La hipótesis de trabajo plantea que *A. catenella* tanto en su forma vegetativa como su quiste de resistencia no se encuentran en el área de estudio.





## 2. OBJETIVOS

---

### 2.1. Objetivo general

Determinar pertinencia de declarar 1rea libre de FAN de *A. catenella* las regiones de Atacama y Coquimbo; e identificaci3n de las medidas administrativas correspondientes a la categor1a segun el Reglamento (D.S. MINECON 345/2005).

### 2.2. Objetivos espec1ficos

- Implementaci3n de un sistema de vigilancia de *A. catenella* (fase m3vil y quiste) en las bah1as (Bah1a Inglesa, Tongoy, caleta Totalillo, Coquimbo y Herradura, Los Vilos, Guanaqueros), donde se realizan actividades de cultivo y de 1reas de manejo de la regi3n de Atacama y Coquimbo, 1rea no declarada de acuerdo al DS 345/2005;
- Contar con antecedentes fundados que permitan declaraci3n de las bah1as en la categor1a de 1rea Libre de FAN.
- Proponer medidas, aplicables dentro de 1mbito de Reglamento, para evitar el ingreso de *A. catenella* y mantener la categor1a de 1rea libre de FAN de *A. catenella*.



### 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

---

La metodología del estudio y los conceptos e ideas que la fundamentan se presentan por objetivo específico.

#### Objetivo específico 1

Implementar de un sistema de vigilancia de *A.catenella* (fase móvil y quiste) en las bahías (Bahía Inglesa, Tongoy, caleta Totoralillo, Coquimbo y Herradura, Los Vilos, Guanaqueros), donde se realizan actividades de cultivo y de áreas de manejo de la región de Atacama y Coquimbo, área no declarada de acuerdo al DS 345/2005.

El estudio se realizó en Bahía Inglesa ubicada en la región de Atacama (Fig. 1), caleta Totoralillo, bahía de Coquimbo, caleta La Herradura, bahía Guanaqueros, bahía Tongoy y caleta Los Vilos de la región de Coquimbo (Figs. 2 - 7).

Para el establecimiento de los sitios de muestreo de agua se usó como referente el estudio FIP 2007-20. Para el muestreo de sedimentos, para la detección de quistes de *Alexandrium catenella*, se acordó en conjunto con Subsecretaría de Pesca acercar a costa los puntos utilizados para muestras de agua, obteniendo así, profundidades que permitieran la obtención de muestras de sedimento mediante buceo autónomo. Sin perjuicio de los muestreos realizados en el área de estudio, se realizó una revisión exhaustiva de la bibliografía disponible, tanto en publicaciones en revistas científicas, informes, tesis de pre-grado y de postgrado disponibles para obtener una visión general de los ensambles fitoplanctónicos y los procesos de surgencia que ocurren en las áreas de estudio.

En cada bahía o caleta se estableció un número fijo de sitios de muestreo, tanto para la toma de muestras de agua, para el estudio del fitoplancton nocivo en términos cualitativos y cuantitativos, como para la toma de muestras de sedimentos para la detección de quistes y sus abundancias. Para estas últimas muestras, el tipo de sedimentos muestreadas de cada bahía o caleta estuvo orientado según se indica en la figuras 1-7 privilegiando aquellos sectores con sedimentos más finos desde arenas medias hasta limo arcillas.

La localización de las estaciones fue precisada mediante posicionamiento satelital global usando GPS portátiles con el Datum WGS84, sin perjuicio de la consideración de puntos notables en cartas náuticas del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) (Tabla 1).

El monitoreo se efectuó mediante el apoyo de embarcaciones menores contratadas en cada una de las bahías y caletas consideradas en este estudio, sobre la base de un muestreo mensual.



El fitoplancton para el análisis cualitativo, fue recolectado en todas las estaciones mediante arrastres verticales desde 20 m de profundidad como máximo hasta la superficie o según profundidad del lugar, usando una red de trama de malla de 23  $\mu\text{m}$ . Los arrastres fueron realizados en triplicado (3 réplicas) en dos lugares en cada punto de muestreo de cada estación, separados entre sí por aproximadamente 100 m. De cada punto se conformó una sola muestra (i.e. una muestra integrada de seis arrastres) y éstas fueron fijadas con formalina neutralizada al 2-3%.

Para el análisis cualitativo del fitoplancton (identificación de *A. catenella*) se utilizó un microscopio óptico de campo luminoso, a 100x y 400x, dotado con condensador de contraste de fase y equipo de epifluorescencia.

Para la identificación taxonómica de *A. catenella* se usó Balech (1995), cuyos rasgos taxonómicos claves son células vegetativas formadoras de cadenas, comprimidas antero – posteriormente, ligeramente más anchas que largas, con un ápice redondeado y un antiápice ligeramente cóncavo, de un tamaño medio a grande con dimensiones entre 25 – 48  $\mu\text{m}$  de largo y 20-36  $\mu\text{m}$  de ancho. La fórmula de sus placas es Po, 4', 6", 6c, 8s, 5''' y 2'''''. Sus rasgos distintivos son placa 1' sin poro ventral (Vp) y placa 1' contacta con la placa del poro apical (Po). Se dispuso de abundante material de referencia recolectado en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes.

Para estimar la abundancia relativa, se contaron las células vegetativas de *A. catenella* en una alícuota de 0,1 ml tomada desde una muestra sedimentada, bajo un cubreobjeto de 18 x 18 mm (3 réplicas) y un escalafón de abundancia de nueve rangos, según la abundancia que presenta esta especie en la naturaleza y válida también para las regiones de Atacama y Coquimbo (Tabla 2).

Las muestras de agua para el análisis cuantitativo del fitoplancton fueron tomadas de la columna de agua entre los 20 m de profundidad y superficie, utilizando una manguera de 2,5 cm de diámetro. La columna de agua fue fraccionada en dos estratos; el primer estrato de superficie a 10 m y el segundo estrato de 10 a 20 m de profundidad (se recolectó una muestra por estrato). Estas muestras fueron fijadas con una solución de lugol.

Para estimar la densidad de *A. catenella*, las muestras fueron contabilizadas usando cámaras de sedimentación HYDRO-BIOS KIEL, cuyo volumen fue 10 ml de acuerdo a la concentración de la muestra. Para el recuento celular se aplicó la técnica de Utermöhl (1958), usando un microscopio invertido dotado con equipo de contraste de fase.

Para el muestreo de sedimentos se utilizó un toma muestra cilíndrica de 3 cm de boca, recogiendo sólo los sedimentos superficiales (0-3 cm) mediante buceo autónomo. Las muestras recolectadas no fueron fijadas. Para evitar que quede aire al interior del frasco que contuvo la muestra de sedimento, fue llenado con agua de mar del lugar de muestreo, tapado y posteriormente cubierto con papel aluminio para evitar la entrada de luz. Las muestras fueron conservadas en un lugar fresco y finalmente en un refrigerador a 4° C.



Los quistes fueron separados de las muestras de sedimentos siguiendo la metodología propuesta por Matsuoka & Fukuyo (2000), que básicamente consiste en tomar los primeros 3 cm de sedimento, aplicar limpieza mediante sonicado y posterior tamizado sin uso de compuestos químicos. Los quistes de resistencia fueron identificados por su forma elíptica con sus extremos redondeados, pared celular transparente, usando material de referencia recolectado en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. El análisis de los sedimentos para detectar quistes se hizo en el laboratorio de marea roja del Instituto de Fomento Pesquero, Punta Arenas.

### **Objetivo específico 2**

Contar con antecedentes fundados que permitan declaración de las bahías en la categoría de Área Libre de FAN.

Con la prospección realizada en las bahías (Bahía Inglesa, Tongoy, caleta Totoralillo, Coquimbo y Herradura, Los Vilos, Guanaqueros), en la región de Atacama y Coquimbo, en base a la presencia, abundancia relativa y densidad de la forma vegetativa y quistes de resistencia, por mL<sup>-1</sup> de sedimento húmedo, de *A. catenella* microalga objetivo de este estudio, fue posible definir la categoría que le correspondería a las regiones de Atacama y Coquimbo, según se desprende del reglamento de plagas y sus resoluciones.

### **Objetivo específico 3**

Proponer medidas, aplicables dentro de ámbito de Reglamento, para evitar el ingreso de *A. catenella* y mantener la categoría de Área libre de FAN de *A. catenella*.

Para proponer las medidas de control y manejo para evitar el ingreso de *A. catenella*, se analizó acuciosamente el reglamento de plagas y las resoluciones dictadas, se revisaron estudios asociados con los medios que tienen probabilidades de presentar a la forma vegetativa o los quistes de esta microalga, tales como los fomites y vectores; además se analizaron los resultados de “Muestreo prospectivo de *Alexandrium catenella* en algunos sectores nunca monitoreados y de quistes en sedimentos” y “Determinación de capacidad de adherencia, mecanismos de propagación y métodos de destrucción de *Alexandrium catenella* (célula vegetativa y quiste)”. Finalmente se propone un programa de vigilancia para el área libre de FAN de *A. catenella*.



## 4. RESULTADOS

### Objetivo específico 1

Implementar de un sistema de vigilancia de *A. catenella* (fase móvil y quiste) en las bahías (Bahía Inglesa, Tongoy, caleta Totoralillo, Coquimbo y Herradura, Los Vilos, Guanaqueros), donde se realizan actividades de cultivo y de áreas de manejo de la región de Atacama y Coquimbo, área no declarada de acuerdo al DS 345/2005.

El estudio se realizó en Bahía Inglesa ubicada en la región de Atacama (Fig. 1) donde se muestrearon cuatro sitios, en caleta Totoralillo (Fig. 2) tres sitios, en bahía de Coquimbo (Fig. 3) cinco sitios, en bahía La Herradura (Fig. 4) tres sitios, en bahía Guanaqueros (Fig. 5) cuatro sitios, en bahía Tongoy (Fig. 6) cinco sitios y en caleta Los Vilos (Fig. 7) tres sitios de muestreo.

En cada sitio de muestreo seleccionado se realizaron muestreos mensuales desde abril de 2011 hasta mayo 2012 (Tabla 3).

No se detectó la presencia de células vegetativas ni quistes de *Alexandrium catenella* en las bahías prospectadas, ya que los análisis de abundancia relativa y análisis cuantitativos, no presentaron células de esta microalga, ni quistes pellicle que pudieran ser atribuidos a esta especie. En las muestras de sedimento no se identificó ningún quiste de resistencia de la especie en estudio.

Como observación general de las campañas de muestreo, se puede mencionar que en los análisis cualitativos se registraron células vegetativas de otras especies del género *Alexandrium*, tales como *A. ostenfeldii* y *Alexandrium* sp. Estos resultados mostraron que la primera especie fue registrada en todas las bahías estudiadas y en gran parte del período de estudio (Tabla 4), a diferencia de la segunda, que sólo fue registrada en una bahía (B. Guanaqueros) y en un solo período (junio). En casi todo el período de estudio, *A. ostenfeldii* se presentó en nivel 1 (Raro) de acuerdo a la escala de abundancia relativa, sin embargo, también alcanzó el nivel 2 (Escaso) en bahía La Herradura en septiembre. *Alexandrium* sp. sólo alcanzó el nivel 1 (Raro) en junio. La presencia de *A. ostenfeldii* en muestras de red fue registrada desde junio 2011 a mayo 2012, con una frecuencia mayor entre los meses de septiembre a noviembre (Tabla 4), presentándose en casi todas las localidades excepto Los Vilos en noviembre. La mayor presencia de esta especie a lo largo del estudio, fue registrada en las bahías La Herradura y Guanaqueros y en caleta Los Vilos siendo registrada en 6 oportunidades (50%), y con una menor presencia en bahía Tongoy con 3 registros (25%) (Tabla 4). En los análisis cuantitativos no fue posible detectar a las microalgas del género *Alexandrium* debido a que presentaron una baja abundancia en la columna de agua, quedando reflejado esto en sus estimadores de abundancia relativa.

La identificación de *A. ostenfeldii* (Fig. 8) se basó, fundamentalmente, en la morfología (Fig. 8a) y tabulación de sus placas tecales: placa 1' con gran poro ventral (Pv) (Fig. 8b, e), placa 6" más ancha que larga (Fig. 8b, c), placa sulcal anterior (Sa) en forma de "A" (Fig. 8d), y placa sulcal posterior



(Sp) asimétrica (Fig. 8f). Esta especie se presentó siempre en células aisladas. Adicionalmente se registró una especie de *Alexandrium* que no coincide con otras especies ya identificadas para este género (com. pers. Santiago Fraga), por lo cual fue denominada como *Alexandrium* sp. (Fig. 9). Esta especie presentó un Pv en el borde de la placa 1' (Fig. 9h), conexión entre el complejo del poro apical (cpa) y la placa 1' (Fig. 9j), placa 6'' más larga que ancha (Fig. 9k), y la forma característica de la placa Sp con presencia de un poro de conexión (pc) (Fig. 9l, m). Esta especie se presentó mayormente en células aisladas, sin embargo, también fue posible observarla en un par de ocasiones en cadenas de a dos células (Fig. 9g). De acuerdo a su morfología, y a la tabulación de sus placas tecales, esta especie podría ser confundida, fácilmente, con la especie tóxica *Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech, o con el inocuo *Alexandrium affine* (Inoue & Fukuyo) Balech. Sin embargo, características singulares, tales como, placa 6'' más larga que ancha (Fig. 9k), formar cadenas largas, y presentar el poro de conexión (pc) al costado de la coma o foramen en el cpa (com. pers. Santiago Fraga), hacen que esta especie sea catalogada, momentáneamente, como *Alexandrium* sp. al no coincidir su tabulación con la de otras especies ya descritas.

## Objetivo específico 2

Contar con antecedentes fundados que permitan declaración de las bahías en la categoría de Área Libre de FAN.

Con los resultados obtenidos en el objetivo 1, se puede inferir que no existe presencia de *Alexandrium catenella* en la columna de agua ni el sedimento.

La revisión bibliográfica realizada en relación a la especie y a la presencia de VPM en el norte de país, indica que la presencia del género *Alexandrium* en Chile estaba representada hasta hace unos años atrás casi exclusivamente por las especies *A. catenella* y *A. ostenfeldii*, ambas identificadas frecuentemente en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes y donde la producción de toxinas paralizantes ha sido confirmada actualmente para ambas especies (Guzmán *et al.*, 2010, Pizarro *et al.*, 2012). Esto último concuerda con estudios de *A. ostenfeldii* realizados en Nueva Zelanda, Escocia y Finlandia (MacKenzie *et al.*, 1996; Jhon *et al.*, 2003; Kremp *et al.*, 2009). No obstante, también existen registros de esta especie como productora de toxinas espiróridos en cepas de Estados Unidos, Canada, Dinamarca y Noruega (Cembella *et al.*, 2001; Gribble *et al.*, 2005; Aasen *et al.*, 2005; MacKinnon *et al.*, 2006), lo cual acentúa la necesidad de realizar nuevos estudios de toxinas para cepas de *A. ostenfeldii* encontradas en el norte de Chile.

Registros en la costa norte de Chile (Bahía Mejillones, Antofagasta) el año 2006 dan cuenta de una nueva especie de *Alexandrium*, la cual se suma a las ya registradas (*A. catenella* y *A. ostenfeldii*) en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Esta especie ha sido reportada como *A. tamarense* por Álvarez *et al.* (2011) y asociada con la presencia de toxinas paralizantes en dos bivalvos, el pectinido *Argopecten purpuratus* y el mitilido *Semimytilus algosus* (Álvarez *et al.*, 2009). Sin embargo, tanto la identidad de ésta, como la asociación con toxinas paralizantes, generan dudas debido a que esta especie forma cadenas largas en cultivo (com. pers. Santiago Fraga) y *A.*



*tamarense* no lo hace, y también, porque análisis de toxinas realizados mediante HPLC-FD no detectaron la presencia de toxinas paralizantes en muestras de fitoplancton extraídas desde Bahía Mejillones y tampoco en cultivos de la microalga que fueron establecidos a partir de células aisladas (Uribe *et al.*, 2010). *A. tamarense* es una de las especies más conocidas por producir VPM en este género (Balech, 1995).

Al reporte realizado por Álvarez *et al.* (2011) en el norte del país, se suma también la realizada durante este estudio (Monitoreo de *A. catenella* en zona no declarada de la región de Atacama y Coquimbo) en los muestreos regulares en los cuales se identificó a *A. ostenfeldii* y a un tipo de *Alexandrium* que ha sido denominado como *Alexandrium* sp. debido a que la tabulación de sus placas no coincide con la otras especies ya descritas (com. pers. Santiago Fraga). Esta especie sería, probablemente, la misma que fue reportada por Álvarez *et al.* (2011).

Para robustecer la revisión bibliográfica se analizó también la base de datos del PSMB que es presentada en el proyecto FIP 2008-19 “Análisis de riesgo de ocurrencia de eventos de floraciones algales nocivas a través de la evaluación de la información histórica del programa de sanidad de moluscos bivalvos (PSMB) de SERNAPESCA” (Pizarro *et al.*, 2010). A esta base PSMB se le relacionó la data proveniente de los INFAs y CPS entre los años 1998-2006 a través de un programa que fue aplicado durante el proyecto FIP 2006-36 “Programación y análisis de información biológica y oceanográfica obtenida a través del programa de sanidad de moluscos bivalvos (PSMB)” (Murillo *et al.*, 2008). Los análisis de fitoplancton y niveles de toxicidad en moluscos (bioensayo de ratón) de la toxina VPM mostraron que para el sector de las bahías Inglesa, Salada, y caleta Chasco (Región de Atacama), y bahías Guanaqueros y Tongoy (Región de Coquimbo) existen registros de mariscos (ostiones) tóxicos (27.5–37  $\mu\text{g}$  STX/100 g tejido) desde el 2004 a 2008. Sin embargo, para estos mismos sectores, los análisis cualitativos y cuantitativos de fitoplancton registraron solamente la presencia de *Alexandrium* sp. en bahías Guanaqueros y Tongoy alcanzando las 600 cél/L en junio del 2006. Situación similar es entregada en el proyecto FIP 2006-37 “Establecimiento de un protocolo de seguimiento ambiental para la determinación de la capacidad de carga para el cultivo del ostión del norte” (Uribe *et al.*, 2008) donde se informa la presencia de *Alexandrium* sp. en Bahía Tongoy en período invernal del 2007.

Existen reportes que algunos microorganismos como *Anabaena*, *Aphanizomenos*, *Moraxella* y *Pseudomonas* son capaces de producir toxinas paralizantes (Rausch & Lassu, 1991). Esto hace necesario que se lleven a cabo varios estudios de cultivos de *A. ostenfeldii* y *Alexandrium* sp. en condiciones controladas para lograr de esta forma confirmar fehacientemente la producción de toxinas por parte de estas microalgas. Córdova *et al.* (2001) registraron la presencia de VPM en muestras de extractos de ácidos de mariscos (ostión, loco, macha) cultivados en caleta Las Verdes y Litoral Iquique (Región de Tarapacá) y Punta Atala, sector Playa Machas y sector Lagunillas (Región de Antofagasta). Las muestras fueron evaluadas mediante bioensayo de ratón y comprobada su toxicidad mediante un ensayo *in vitro* quedando demostrado la presencia de toxicidad, aunque en niveles bajo los límites regulatorios (80  $\mu\text{g}$  STX/100 g tejido), al igual que en los análisis de toxicidad del PSMB para las regiones de Atacama y Coquimbo reportados entre 2004 a 2008.



La presencia de toxinas paralizantes en la costa pacífica de América del Sur subtropical ha sido reportada desde distintas zonas biogeográficas: Bahía Paracas (13°50' S, 76°17' S), Perú (Antinori *et al.*, 2002); caleta Las Verdes, Litoral de Iquique; Punta Atala de Tocopilla, sector Playa Machas, y sector Lagunillas, todas estas localidades ubicadas en las regiones de Tarapacá y Antofagasta (Córdova *et al.*, 2001); y desde Bahía Mejillones y bahías Guanaqueros y Tongoy en las regiones de Antofagasta y Coquimbo respectivamente (Álvarez *et al.*, 2009a). Para el registro realizado en Perú, la especie de dinoflagelado asociado a la producción de toxinas paralizantes no fue conocida, sin embargo, Antorini *et al.* (2002) destacan que floraciones de *Alexandrium peruvianum* (Balech *et Mendiola*) fueron frecuentes en el área, no obstante la naturaleza tóxica de esta especie no fue clarificada. Hay que hacer notar que esta última especie, junto con *A. ostenfeldii* comparten características morfológicas y taxonómicas muy similares (ver Balech, 1995; Figueroa *et al.*, 2008, Tomas *et al.*, 2012), por lo cual, la identificación rutinaria mediante microscopía fotónica puede llevar, fácilmente, a cometer una errónea identificación para una u otra especie. Es por esto que el registro de *A. peruvianum* en aguas peruanas podría corresponder a la misma especie registrada en aguas chilenas, o viceversa. Una completa diferenciación de las especies *A. ostenfeldii*/*A. peruvianum* mediante caracteres taxonómicos es complejo actualmente a nivel mundial, debiendo esperar investigaciones futuras que determinen si estas especies forman un complejo de especies, o son una misma especie muy variable (com. pers. Santiago Fraga).

### Objetivo específico 3

Proponer medidas, aplicables dentro de ámbito de Reglamento, para evitar el ingreso de *A. catenella* y mantener la categoría de Área libre de FAN de *A. catenella*.

En el proyecto “Muestreo prospectivo de *Alexandrium catenella* en algunos sectores nunca monitoreados y de quistes en sedimentos” (Pizarro *et al.*, 2009) se identificó que el riesgo de transporte, dependerá mayormente de la intensidad de la floración en el lugar del cual proceden los fomites (captadores pasivos) que de las dimensiones y tamaño de trama de los mismos. En el caso de los organismos filtradores, el riesgo depende de su condición alimentaria (captadores activos) que de la intensidad de la floración. Tanto los fomites como los organismos filtradores constituyen potenciales agentes de transporte (geográfico) de quistes de microalgas nocivas.

En el proyecto “Determinación de capacidad de adherencia, mecanismos de propagación y métodos de destrucción de *Alexandrium catenella* (célula vegetativa y quiste)” (Pizarro *et al.*, 2012), se identificaron y confirmaron a vectores (choritos, choro zapato, almeja) y fomites (redes y mallas paperas) como elementos de propagación de quistes. También de células por parte de mitilidos en valvas, biso y hepatopáncreas tanto en condiciones *in vitro* como naturales aún con bajos niveles ambientales de abundancia relativa de *A. catenella*.

Las medidas que se pueden implementar para evitar la dispersión de la microalga desde áreas FAN a áreas libre, son las siguientes:





Se recomienda incluir la evaluación de toxinas del tipo paralizante, en moluscos recolectados en las zonas de control. No obstante que el REPLA sólo contempla la presencia de *A. catenella* para declarar un área FAN y no la toxicidad, dados los registros de eventos de toxicidad de mariscos en el área norte de Chile, aún en niveles bajo la norma, y la posible presencia de otras especies potencialmente productoras de toxinas paralizantes, que también podrían ser susceptibles de ser declaradas como especies FAN; es recomendable mantener un monitoreo precautorio a fin de pesquisar la presencia de eventos tóxicos y detectar la especie causal de éstos.

Las plantas de procesos, de desarenado y depuradoras deben tomar medidas cautelares de propagación de las microalgas tanto en su fase de quiste como vegetativa. Así también las actividades de pesca artesanal que involucren traslado y “apozamiento” de moluscos filtradores.

Es necesario tratar aguas de transporte y riles de plantas de proceso antes de ser eliminados al medio ambiente. Ya que el transporte de productos del mar (pesca, ostiones, algas, entre otros) así como el procesamiento de moluscos en plantas, son mecanismos de propagación de la microalga.

Para eliminar células y quistes de *A. catenella* se sugiere utilizar los siguientes elementos: temperaturas > 45 °C, salinidades < 2 psu, cloración a concentraciones de 100 ppm, filtros de 25 µm dispuesto en series de filtros con trama mayor, radiación UVC > 13 mJ/cm<sup>2</sup>.

Cualquiera de los elementos arriba mencionados, son útiles para tratar aguas provenientes de transporte de peces así como de plantas de proceso de modo de minimizar los riesgos de propagación de la microalga.

El ultrasonido, generado por un baño ultrasónico, y el ozono no fueron efectivos en la eliminación de quistes en las dosis ensayadas, mientras que el ultrasonido tampoco fue efectivo en la eliminación de células de *A. catenella*.

Adicionalmente, se puede considerar un monitoreo en riles de plantas de proceso en períodos de mayor producción, para pesquisar quistes de dinoflagelados tóxicos, que puedan ser los agentes causales de la presencia de toxina paralizante en el área.



## 5. DISCUSIÓN

Durante las últimas décadas se ha citado en diferentes publicaciones (ver Salgado *et al.*, 2011) la presencia de cuatro especies de *Alexandrium* en muestras de agua del norte de Chile, *A. acatenella*, *A. catenella*, *A. ostenfeldii* y *A. tamarense*. De acuerdo a nuestros registros, esta última especie no presentaría caracteres taxonómicos atribuibles a *A. tamarense*, que un comienzo fue identificada así por Álvarez *et al.* (2011), debido a que ésta tiene la capacidad de formar cadenas largas en condiciones de cultivo y *A. tamarense* no, y también a la falta de toxinas paralizantes. Esto último quedó demostrado en análisis de toxinas realizados mediante HPLC-FD a muestras de fitoplancton extraídas durante la floración de esta especie y a cultivos de la microalga que fueron establecidos a partir de células aisladas (Uribe *et al.*, 2010). Por lo tanto, esta especie se trataría de otro tipo de *Alexandrium* que debe ser estudiado con mayor detalle (com. pers. Santiago Fraga) por lo cual ha sido denominado como *Alexandrium* sp. Tampoco correspondería a la especie *A. affine*, que forma cadenas largas y carece de toxinas (Band-Schmidt *et al.*, 2003) o las presenta en muy baja concentración (Nguyen-Ngoc, 2004), debido a que en el complejo del poro apical (cpa) el poro de conexión de esta especie está ubicado al costado de la coma o foramen (com. pers. Santiago Fraga), y no anteriormente como lo presenta *A. affine* (ver Balech, 1995; Band-Schmidt *et al.*, 2003).

Por otro lado, la identidad de *A. acatenella* y *A. catenella* permanece en duda debido a que caracteres taxonómicos claves (e.g., ausencia/presencia de poro ventral en la placa 1') usados en la identificación de éstas pudieron haberse pasado por alto debido a la falta de microscopía de epifluorescencia, la cual es necesaria para identificar certeramente estas especies. El poro ventral en la placa 1' identifica a *A. acatenella* (Yoshida *et al.*, 2003), al igual que a *Alexandrium* sp., y la ausencia de este carácter a *A. catenella* (Balech, 1995). Por lo tanto, es probable que *A. catenella* y *A. acatenella*, identificadas en un par de ocasiones en aguas del norte de Chile, hayan sido la misma especie que actualmente se identificó, en este estudio, como *Alexandrium* sp. Esto se suma a que las primeras son especies reconocidamente tóxicas (Balech, 1995) y esta última no lo sería (Uribe *et al.*, 2010).

Una de las principales características de *A. catenella*, a diferencia de otros ejemplares del género *Alexandrium*, es la permanente toxicidad que han presentado sus cepas en distintas partes del mundo (Lilly *et al.*, 2007). Basándonos en esto último, y en la ausencia de registros fehacientes de la especie en aguas del norte del Chile, y particularmente en las regiones de Atacama y Coquimbo como quedó demostrado en de este estudio, confirmaría la ausencia de la especie en esta parte del país, entregando información relevante para la declaración de área libre de FAN.

De acuerdo a criterios taxonómicos actuales, y a los resultados de los muestreos fitoplanctónicos de este estudio, se señala a *A. ostenfeldii* y *Alexandrium* sp. como especies potencialmente nocivas del género *Alexandrium* presentes en las regiones de Atacama y Coquimbo. *A. ostenfeldii* ha sido registrada como productoras de toxina paralizante y espirólidos para otras regiones del planeta (ver Mackenzie *et al.*, 1996; Cembella *et al.*, 1999; Otero *et al.*, 2010) lo cual la convierte en una potencial especie nociva a estudiar en un futuro para esta parte del país debido a que en el norte ya se conoce la presencia de estas toxinas (Córdoba *et al.*, 2001; Álvarez *et al.*, 2009a; Álvarez *et al.*,



2010) pero no así su organismo fuente primaria. El complejo de toxinas paralizantes está presente en todo el norte de Chile (Córdova *et al.*, 2001; Álvarez *et al.*, 2009a), desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de Coquimbo, aunque en concentraciones bajo los límites regulatorios, lo que puede estar asociado probablemente a la presencia de la especie *A. ostenfeldii* y no ha *Alexandrium* sp. debido a que esta última no presentó toxinas paralizantes en análisis realizados a cultivos establecidos a partir de muestras aisladas de campo. Sin embargo, más estudiosos se necesitan. En cambio *A. ostenfeldii* en condiciones de cultivo en el sur de Chile, produce sólo veneno paralizante (Pizarro *et al.*, 2012).

*A. ostenfeldii* y *A. peruvianum* comparten características morfológicas y taxonómicas muy similares (ver Balech, 1995; Figueroa *et al.*, 2008), sin embargo, para fines prácticos hay que mencionar que la presencia de cualquiera de estas dos especies en aguas del norte de Chile sería objeto de estudio debido a que *A. peruvianum* ha sido reconocido también como organismo fuente primaria de toxinas paralizantes (Lim *et al.*, 2005; Tomas *et al.*, 2012).

Aunque el REPLA sólo contempla la presencia de *A. catenella* para declarar un área FAN, es recomendable que se incluya la evaluación de toxinas del tipo paralizante, en moluscos recolectados en las zonas de control. En la eventualidad que esta especie u otra especie productora de VPM estén presentes en el momento del muestreo, su presencia en densidades importantes en el área de muestreo quedará reflejada en la presencia de toxina en los moluscos del lugar (Pizarro *et al.*, 2009). Esta medida podría considerarse en la zona norte de Chile, donde *A. catenella* no fue detectada durante este estudio, pero anteriormente se ha registrado la presencia de toxina paralizante. La cual podría estar relacionada con la presencia de *A. ostenfeldii* y *Alexandrium* sp. identificadas en este estudio. Sin embargo, los bajos niveles en que ha sido detectada la toxina y mediante la técnica HPLC-MS; hace difícil su implementación y la detección usando las metodologías habituales para un programa de monitoreo.

Para poder conservar una zona libre de FAN es necesario mantener programas de vigilancia, en períodos de alta producción acuícola, la que permitirá establecer con certeza que una microalga plaga no ha colonizado áreas de alto impacto acuícola y antrópico.



## 6. CONCLUSIONES

---

- Se sugiere declarar el área estudiada como área libre de la especie FAN *Alexandrium catenella*.
- Se recomienda mantener un programa de vigilancia FAN en las regiones donde se realizan actividades de acuicultura, para mantener el estado de área libre de FAN, el que podría involucrar tanto monitoreo de toxinas paralizantes en mariscos como muestreos de fitoplancton para detectar la presencia de las posibles especies productoras de estas toxinas.
- Se indica a *A. ostenfeldii* como probable productor de toxinas paralizantes para aguas del norte de Chile.
- Se recomienda el monitoreo FAN en riles de plantas de proceso, en períodos de mayor producción, para pesquisar posibles quistes de dinoflagelados tóxicos.



## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Aasen, J., I. S. MacKinnon, P. LeBlanc, J. Walter, P. Hovgaard, T. Aune, & M. Quilliam. 2005. Detection and Identification of Spirolides in Norwegian Shellfish and Plankton. *Chem. Res. Toxicol.* 18:509–515.
- Antinori J., L. M. Sánchez, J. A. Mendoza, O. Flores, & D. Ascón. 2002. Monitoring of marine biotoxins and presence of HAB events in Peru: current status. In: Villalba A., B. Reguera, J.L. Romalde, & R. Beiras (eds.) *Proc. 4th Int. Conference on Molluscan Shellfish Safety*. Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos da Xunta de Galicia and IOC-UNESCO, Santiago de Compostela, pp. 203–210.
- Álvarez, G., E. Uribe, A. Vidal, P. Avalos, F. González, C. Mariño & J. Blanco. 2009a. Paralytic shellfish toxins in *Argopecten purpuratus* and *Semimytilus algosus* from Northern Chile. *Aquat. Living Resour.* 22: 1-7.
- Álvarez, G., E. Uribe, S. Quijano-Scheggia, A. López-Rivera, C. Mariño & J. Blanco. 2009b. Domoic acid production by *Pseudo-nitzschia australis* and *Pseudo-nitzschia calliantha* isolated from North Chile. *Harmful Algae* 8: 938-945.
- Álvarez, G., Uribe, E., Ávalos, P., Mariño, C. & Blanco, J. 2010. First identification of azaspiracid and spirolides in *Mesodesma donacium* and *Mulinia edulis* from Northern Chile. *Toxicon* 55: 638–641.
- Alvarez, G., E. Uribe, R. Díaz, M. Braun, C. Mariño, & J. Blanco. 2011. Bloom of the Yessotoxin producing dinoflagellate *Protoceratium reticulatum* (Dinophyceae) in Northern Chile. *Journal of Sea Research* 65: 427–434.
- Balech, E. 1995. The genus *Alexandrium* Halim (Dinoflagellata), Sherkin Island Marine Station, Special Publication. Cork. Ireland. 151 pp.
- Band-Schmidt, C., C. Lechuga, D. Kulis, & D. Anderson. 2003. Culture Studies of *Alexandrium affine* (Dinophyceae), a Non-Toxic Cyst Forming Dinoflagellate from Bahía Concepción, Gulf of California. *Botanica Marina* 46: 44–54
- Blanco, J., G. Álvarez y E. Uribe. 2007. Identification of pectenotoxins in plankton, filter feeders, and isolated cells of *Dinophysis acuminata* with an atypical toxin profiles, from Chile. *Toxicon*. 49 (5): 710-716.
- Cembella, A., Lewis, N.I., Quilliam, M.A., 1999. Spirolide composition of micro-extracted pooled cells isolated from natural plankton assemblages and from cultures of the dinoflagellate *Alexandrium ostenfeldii*. *Nat. Toxins* 7, 197–206.



- Cembella, A., A. Bauder, N. Lewis, & M. Quilliam. 2001. Association of the gonyaulacoid dinoflagellate *Alexandrium ostenfeldii* with spirolide toxins in size-fractionated plankton. *Journal of Plankton Research* 23(12): 1413–1419.
- Córdova, J., A. Jamett, J. Aguayo, M.T. Fauré, O. Villaroel, & L.Cárdenas. 2001. An In Vitro Assay to Detect Paralytic Shellfish Poison. *Journal of Shellfish Research* 20(1): 55-61
- Krock, B., C.G. Seguel, K. Valderrama & U. Tillmann. 2009. Pectenotoxins and yessotoxin from Arica Bay, North Chile as determined by tandem mass spectrometry. *Toxicon* 54: 364-367.
- Figueroa, R. I., I. Bravo, & E. Garcés. 2008. The significance of sexual versus asexual cyst formation in the life cycle of the noxious dinoflagellate *Alexandrium peruvianum*. *Harmful Algae* 7: 653–663.
- Gribble, K., B. Keafer, M. Quilliam, A. Cembella, D. Kullis, A. Manahan, & D. M. Anderson. 2005. Distribution and toxicity of *Alexandrium ostenfeldii* (Dinophyceae) in the Gulf of Maine, USA. *Deep-Sea Research II* 52:2745–2763
- Guzmán, L., G. Vidal, X. Vivanco, V. Arenas, L. Iriarte, S. Mercado, C. Alarcón, H. Pacheco, M. Palma, C. Espinoza, P. Mejias, E. Fernandez-Niño, J. Monsalve, V. Hinojosa & C. Zamora. 2010. Manejo y monitoreo de las mareas rojas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Informe Final, III etapa, 238 pp. + Figuras + Tablas + Anexos.
- Jhon, U., A. Cembella, CH. Hummert, M. Elbrächter, R. Groben, & L. Medlin. 2003. Discrimination of the toxigenic dinoflagellates *Alexandrium tamarense* and *A. ostenfeldii* in co-occurring natural populations from Scottish coastal waters. *Eur. J. Phycol.* 38: 25–40.
- Kremp, A., T. Lindholm, N. Drebler, K. Erler, G. Gerdtts, S. Eirtovaara, & E. Leskinen. 2009. Bloom forming *Alexandrium ostenfeldii* (Dinophyceae) in shallow waters of the Aland Archipelago, Northern Baltic Sea. *Harmful Algae* 8: 318–328.
- Lilly, E., K. Halanych, & D. Anderson. 2007. Species boundaries and global biogeography of the *Alexandrium tamarense* complex (Dinophyceae). *J. Phycol.* 43 : 1329–1338
- Lim, P., G. Usup, C. Leaw, & T. Ogata. 2005. First report of *Alexandrium taylori* and *Alexandrium peruvianum* (Dinophyceae) in Malaysia waters. *Harmful Algae* 4 (2) : 391–400.
- López-Rivera, A., O'Callaghan, K., Moriarty, M., O'Driscoll, D., Hamilton B., Lehane, M., James, K.J. & Furey, A. 2010. First evidence of azaspiracids (AZAs): A family of lipophilic polyether marine toxins in scallops (*Argopecten purpuratus*) and mussels (*Mytilus chilensis*) collected in two regions of Chile. *Toxicon* 55 : 692-701.



- Matsuoka, K. & Y. Fukuyo. 2000. Technical Guide for Modern Dinoflagellate Cyst Study. WESTPAC-HAB/WESTPAC/IOC. 77 p.
- MacKinnom, S., J. Walter, M. Quilliam, A. Cembella, P. LeBlanc, I. Burton, H. Hardstaff, & N. Lewis. Spirolides Isolated from Danish Strains of the Toxicogenic Dinoflagellate *Alexandrium ostenfeldii*. Journal of Natural Products 69(7): 983–987.
- MacKenzie, L., D. White, Y. Oshima, & J. Kapa. 1996. The resting cyst and toxicity of *Alexandrium ostenfeldii* (Dinophyceae) in New Zealand. Phycologia 35(2): 148–155.
- Murillo, V., L. Figueroa, N. Paredes, R. González, & M. Oyarzún. 2008. Programacion y analisis de informacion biologica y oceanografica obtenida a traves del PSMB. Informe Final FIP N° 2006-36. 178 p. + Tablas + Figuras + Anexos.
- Nguyen-Ngoc, L. 2004. An autecological study of the potentially toxic dinoflagellate *Alexandrium affine* isolated from Vietnamese waters. Harmful Algae 3 : 117–129
- Otero, P., Alfonso A., Vieytes M. R., Cabado A. G., Vieites, J. M. & Botana, L. M. 2010. Effects of environmental regimens on the toxin profile of *Alexandrium ostenfeldii*.
- Pizarro, G., E. Henriquez, G. Sotomayor, R. González, G. Vidal, & L. Guzmán. 2010. Análisis del riesgo de ocurrencia de eventos de floraciones algales nocivas a través de la evaluación de la información histórica del programa de sanidad de moluscos bivalvos (PSMB) de SERNAPESCA. Informe Final FIP N° 2008-19. 75 p. + Figuras + Tablas.
- Pizarro, G., N. Pesse, P. Salgado, C. Alarcón, C. Garrido & L. Guzmán. 2012. Determinación de capacidad de adherencia, mecanismos de propagación y métodos de destrucción de *Alexandrium catenella* (célula vegetativa y quiste). Informe Final. 79 p. + Figuras + Tablas + Anexos. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción- Subsecretaría de Pesca, Mayo 2012.
- Pizarro, G., C. Alarcón, H. Pacheco, E. Fernández-Miño, Susana Mercado, L. Iriarte, M. Seguel, G. Vidal & L. Guzmán. 2009. Muestreo prospectivo de *Alexandrium catenella* en algunos sectores nunca monitoreados y de quistes en sedimentos. Informe Final Suplementario. 39 p. + Figuras + Tablas + Anexos. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción- Subsecretaría de Pesca, Agosto 2009.
- Rausch, C. & P. Lassu. 1991. Dinoflagellate toxicity: are marine bacteria involved? Evidence from the literature. Mar. Microbial Food Webs 5: 205-226
- Salgado, P. 2011. Monitoreo de *Alexandrium catenella* en la zona no declarada de la región de Atacama y Coquimbo. Informe de Avance. 16 p. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción- Subsecretaría de Pesca 2011.



- Tomas, C., R. van Wagoner, A. Tatters, K. White, S. Hall, & J. Wright. 2012. *Alexandrium peruvianum* (Balech and Mendiola) Balech and Tangen a new toxic species for coastal North Carolina. *Harmful Algae* 17: 54–63
- Uribe, E., J. Moraga, S. Zúñiga, S. Rosales, G. Álvarez, P. Ávalos, S. Chirino, & J. L. Blanco. 2008. Establecimiento de un protocolo de seguimiento ambiental para la determinación de la capacidad de carga para el cultivo del ostión del norte. Informe Final Proyecto FIP N°2006–37, 204 pág.
- Uribe, E., G. Álvarez, J. Blanco, F. González, S. Rosales, P. Ramírez, R. Díaz, C. Castillo, & T. Gajardo. 2010. Prospección y seguimiento de microalgas nocivas para la actividad de cultivo de pectinidos en las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo. Informe Final FIP N° 2007-20. 254 p. + Anexos
- Utermohl, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton. Methodik. Mitt int. Verein. Theor. angew. Limnol. 9, 38 p.
- Yoshida, M., K. Mizushima, & K. Matsuoka. 2003. *Alexandrium acatenella* (Gonyaulacales : Dinophyceae): Morphological characteristic of vegetative cell and resting cyst. *Plankton Biol. Ecol.* 50(2) : 61-64



# **T A B L A S**

---



**Tabla 1.**  
Coordenadas de las estaciones de muestreo.

**Bahía Inglesa**

BI-1: 27°7'16.69"S; 70°54'35.34"O
BI-2: 27°8'13.42"S; 70°53'41.36"O
BI-3: 27°7'27.55"S; 70°51'51.95"O
BI-4: 27°6'13.66"S; 70°51'42.81"O

**Caleta Totalillo norte**

CT-1: 29°29'21.86"S; 71°19'39.45"O
CT-2: 29°29'12.23"S; 71°19'11.67"O
CT-3: 29°28'31.66"S; 71°18'49.28"O

**Bahía de Coquimbo**

BC-1: 29°56'18.39"S; 71°19'39.16"O
BC-2: 29°57'13.36"S; 71°19'41.49"O
BC-3: 29°56'12.94"S; 71°17'42.46"O
BC-4: 29°53'17.41"S; 71°17'08.12"O
BC-5: 29°50'17.45"S; 71°17'52.96"O

**Bahía La Herradura**

BH-1: 29°58'47.30"S; 71°21'47.83"O
BH-2: 29°58'38.25"S; 71°21'14.13"O
BH-3: 29°58'05.93"S; 71°21'13.82"O

**Bahía Guanaqueros**

BG-1: 30°10'47.79"S; 71°26'10.78"O
BG-2: 30°11'21.14"S; 71°25'26.85"O
BG-3: 30°10'34.52"S; 71°23'59.76"O
BG-4: 30°07'28.99"S; 71°22'49.58"O

**Bahía Tongoy**

BT-1: 30°16'15.35"S; 71°36'20.80"O
BT-2: 30°17'35.33"S; 71°36'0.92"O
BT-3: 30°17'11.89"S; 71°32'42.06"O
BT-4: 30°15'39.82"S; 71°30'05.24"O
BT-5: 30°14'35.18"S; 71°29'16.24"O

**Caleta Los Vilos**

CLV-1: 31°54'11.41"S; 71°30'27.56"O
CLV-2: 31°52'46.39"S; 71°30'28.64"O
CLV-3: 31°51'39.39"S; 71°31'42.63"O



**Tabla 2.**  
Escala de abundancia relativa para *Alexandrium catenella*.

	<b>ESCALA</b>	<b><i>Alexandrium catenella</i></b>
<b>AUSENTE</b>	<b>0</b>	0
<b>RARA</b>	<b>1</b>	1 – 2
<b>ESCASA</b>	<b>2</b>	3 – 10
<b>REGULAR</b>	<b>3</b>	11 – 42
<b>ABUNDANTE</b>	<b>4</b>	43 – 170
<b>MUY-ABUNDANTE</b>	<b>5</b>	171 – 682
<b>EXTREMADAMENTE-ABUNDANTE</b>	<b>6</b>	683 – 2.730
<b>HIPER-ABUNDANTE</b>	<b>7</b>	2,731 – 10,922
<b>ULTRA-ABUNDANTE</b>	<b>8</b>	10,923 – 43,690
<b>MEGA-ABUNDANTE</b>	<b>9</b>	43,691 – 174,762



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA

**Tabla 3.**  
Fechas de muestreos.

Localidad	Estación	Crucero 1	Crucero 2	Crucero 3	Crucero 4	Crucero 5	Crucero 6	Crucero 7	Crucero 8	Crucero 9	Crucero 10	Crucero 11	Crucero 12
Bahía Inglesa	BI-1	29-abr-11	27-may-11	29-jun-11	13-sep-11	12-oct-11	23-nov-11	20-dic-11	18-ene-12	17-feb-12	23-mar-12	24-abr-12	25-may-12
Bahía Inglesa	BI-2	29-abr-11	27-may-11	29-jun-11	13-sep-11	12-oct-11	23-nov-11	20-dic-11	18-ene-12	17-feb-12	23-mar-12	24-abr-12	25-may-12
Bahía Inglesa	BI-3	29-abr-11	27-may-11	29-jun-11	13-sep-11	12-oct-11	23-nov-11	20-dic-11	18-ene-12	17-feb-12	23-mar-12	24-abr-12	25-may-12
Bahía Inglesa	BI-4	29-abr-11	27-may-11	29-jun-11	13-sep-11	12-oct-11	23-nov-11	20-dic-11	18-ene-12	17-feb-12	23-mar-12	24-abr-12	25-may-12
caleta Totalillo norte	CTN-1	21-abr-11	30-may-11	17-jun-11	9-sep-11	7-oct-11	18-nov-11	16-dic-11	24-ene-12	15-feb-12	19-mar-12	18-abr-12	15-may-12
caleta Totalillo norte	CTN-2	21-abr-11	30-may-11	17-jun-11	9-sep-11	7-oct-11	18-nov-11	16-dic-11	24-ene-12	15-feb-12	19-mar-12	18-abr-12	15-may-12
caleta Totalillo norte	CTN-3	21-abr-11	30-may-11	17-jun-11	9-sep-11	7-oct-11	18-nov-11	16-dic-11	24-ene-12	15-feb-12	19-mar-12	18-abr-12	15-may-12
Bahía Coquimbo	BC-1	20-abr-11	18-may-11	9-jun-11	7-sep-11	6-oct-11	11-nov-11	13-dic-11	13-ene-12	14-feb-12	16-mar-12	17-abr-12	23-may-12
Bahía Coquimbo	BC-2	20-abr-11	18-may-11	9-jun-11	7-sep-11	6-oct-11	11-nov-11	13-dic-11	13-ene-12	14-feb-12	16-mar-12	17-abr-12	23-may-12
Bahía Coquimbo	BC-3	20-abr-11	18-may-11	9-jun-11	7-sep-11	6-oct-11	11-nov-11	13-dic-11	13-ene-12	14-feb-12	16-mar-12	17-abr-12	23-may-12
Bahía Coquimbo	BC-4	20-abr-11	18-may-11	9-jun-11	7-sep-11	6-oct-11	11-nov-11	13-dic-11	13-ene-12	14-feb-12	16-mar-12	17-abr-12	23-may-12
Bahía Coquimbo	BC-5	20-abr-11	18-may-11	9-jun-11	7-sep-11	6-oct-11	11-nov-11	13-dic-11	13-ene-12	14-feb-12	16-mar-12	17-abr-12	23-may-12
Bahía La Herradura	BLH-1	20-abr-11	18-may-11	9-jun-11	7-sep-11	6-oct-11	11-nov-11	13-dic-11	13-ene-12	14-feb-12	16-mar-12	17-abr-12	23-may-12
Bahía La Herradura	BLH-2	20-abr-11	18-may-11	9-jun-11	7-sep-11	6-oct-11	11-nov-11	13-dic-11	13-ene-12	14-feb-12	16-mar-12	17-abr-12	23-may-12
Bahía La Herradura	BLH-3	20-abr-11	18-may-11	9-jun-11	7-sep-11	6-oct-11	11-nov-11	13-dic-11	13-ene-12	14-feb-12	16-mar-12	17-abr-12	23-may-12
Bahía Guanaqueros	BG-1	27-abr-11	19-may-11	8-jun-11	6-sep-11	5-oct-11	10-nov-11	12-dic-11	12-ene-12	13-feb-12	15-mar-12	16-abr-12	22-may-12
Bahía Guanaqueros	BG-2	27-abr-11	19-may-11	8-jun-11	6-sep-11	5-oct-11	10-nov-11	12-dic-11	12-ene-12	13-feb-12	15-mar-12	16-abr-12	22-may-12
Bahía Guanaqueros	BG-3	27-abr-11	19-may-11	8-jun-11	6-sep-11	5-oct-11	10-nov-11	12-dic-11	12-ene-12	13-feb-12	15-mar-12	16-abr-12	22-may-12
Bahía Guanaqueros	BG-4	27-abr-11	19-may-11	8-jun-11	6-sep-11	5-oct-11	10-nov-11	12-dic-11	12-ene-12	13-feb-12	15-mar-12	16-abr-12	22-may-12
Bahía Tongoy	BT-1	27-abr-11	19-may-11	8-jun-11	6-sep-11	5-oct-11	10-nov-11	12-dic-11	12-ene-12	13-feb-12	15-mar-12	16-abr-12	22-may-12
Bahía Tongoy	BT-2	27-abr-11	19-may-11	8-jun-11	6-sep-11	5-oct-11	10-nov-11	12-dic-11	12-ene-12	13-feb-12	15-mar-12	16-abr-12	22-may-12
Bahía Tongoy	BT-3	27-abr-11	19-may-11	8-jun-11	6-sep-11	5-oct-11	10-nov-11	12-dic-11	12-ene-12	13-feb-12	15-mar-12	16-abr-12	22-may-12
Bahía Tongoy	BT-4	27-abr-11	19-may-11	8-jun-11	6-sep-11	5-oct-11	10-nov-11	12-dic-11	12-ene-12	13-feb-12	15-mar-12	16-abr-12	22-may-12
Bahía Tongoy	BT-5	27-abr-11	19-may-11	8-jun-11	6-sep-11	5-oct-11	10-nov-11	12-dic-11	12-ene-12	13-feb-12	15-mar-12	16-abr-12	22-may-12
caleta Los Vilos	CLV-1	26-abr-11	25-may-11	23-jun-11	15-sep-11	25-oct-11	25-nov-11	27-dic-11	20-ene-12	21-feb-12	21-mar-12	20-abr-12	29-may-12
caleta Los Vilos	CLV-2	26-abr-11	25-may-11	23-jun-11	23-jun-11	25-oct-11	25-nov-11	27-dic-11	20-ene-12	21-feb-12	21-mar-12	20-abr-12	29-may-12
caleta Los Vilos	CLV-3	26-abr-11	25-may-11	23-jun-11	23-jun-11	25-oct-11	25-nov-11	27-dic-11	20-ene-12	21-feb-12	21-mar-12	20-abr-12	29-may-12



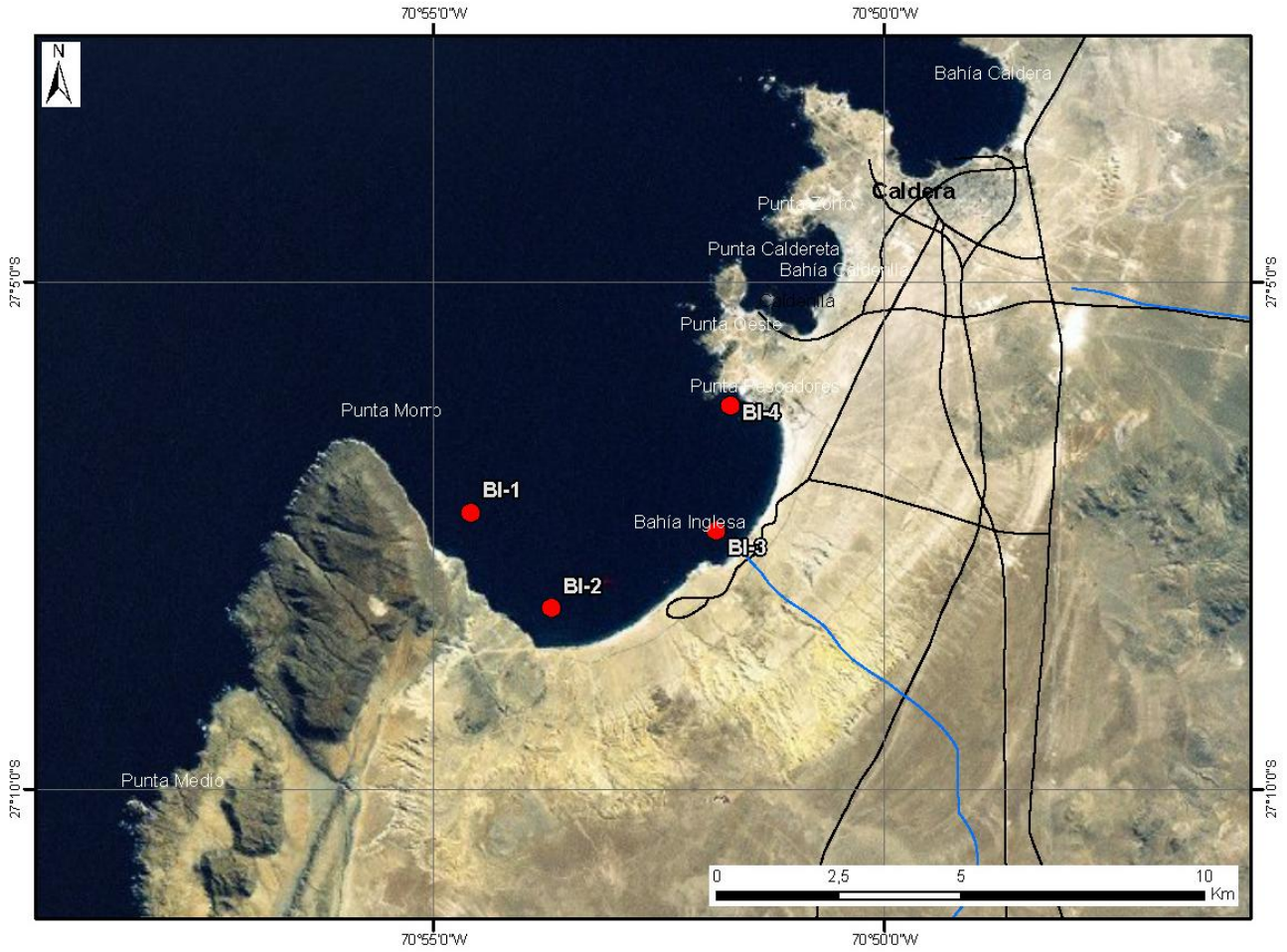
**Tabla 4.**

Frecuencia de aparici3n de *A. ostenfeldii* en las regiones de Atacama y Coquimbo (1: presencia, 0: ausencia)

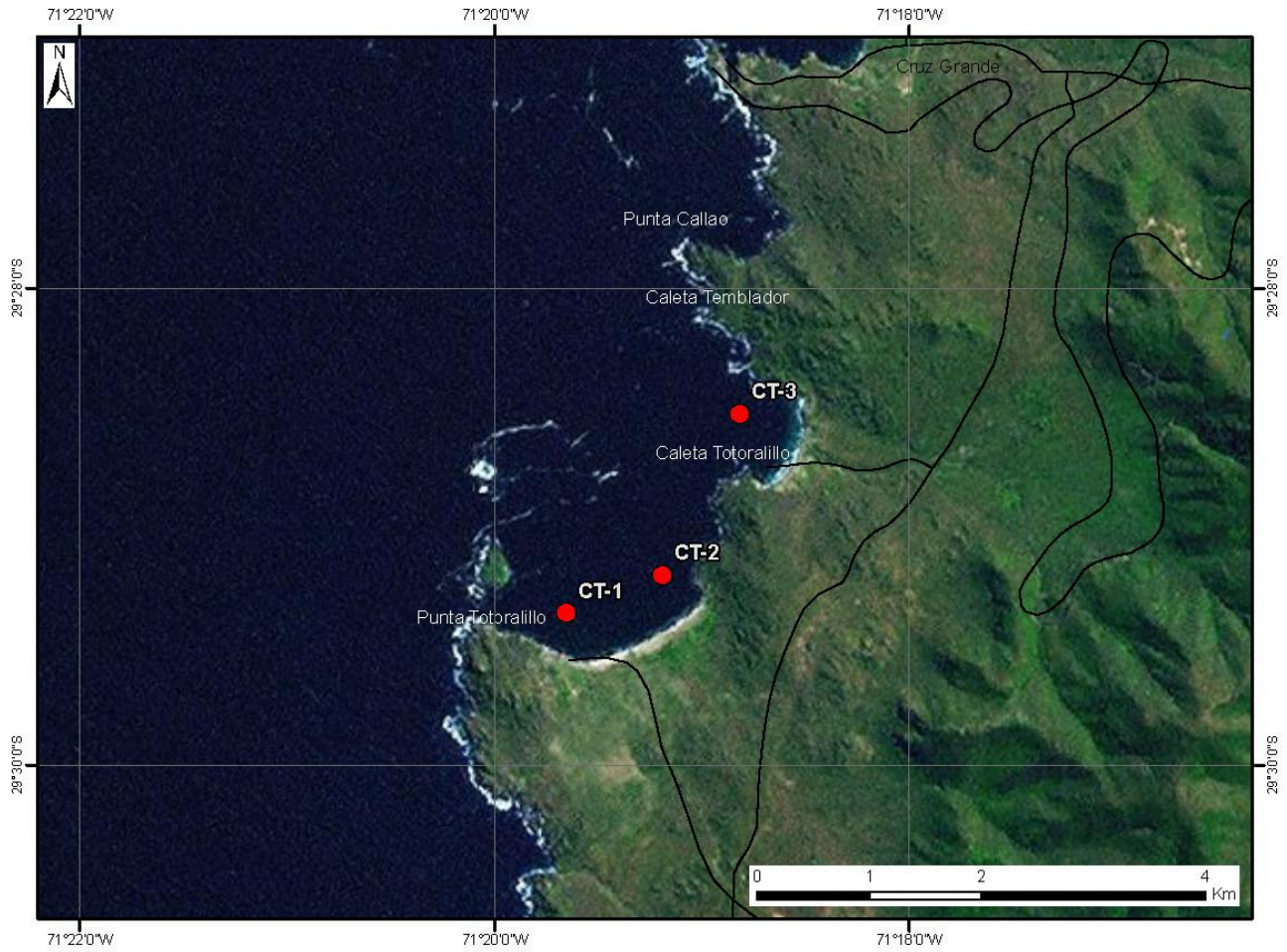
		Peri3do de estudio											
		2011						2012					
		Abr	May	Jun	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Localidades	B. Inglesa	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	C. Totoralillo norte	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
	B. Coquimbo	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
	B. La Herradura	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0
	B. Guanaqueros	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
	B. Tongoy	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	C. Los Vilos	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1

# **FIGURAS**

---



**Figura 1.** Bahía Inglesa, región de Atacama.



**Figura 2.** Caleta Totoralillo, regi3n de Coquimbo.



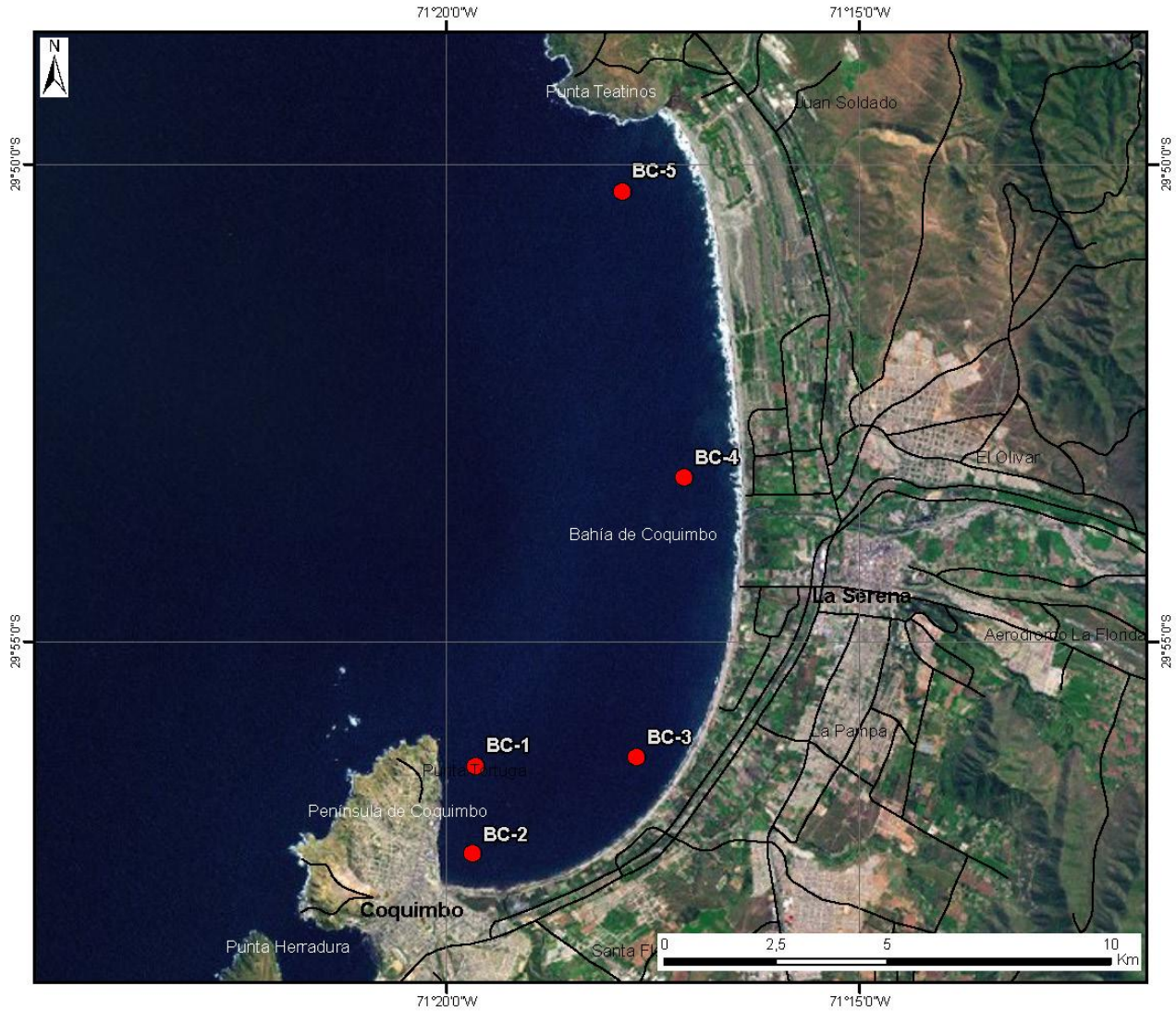
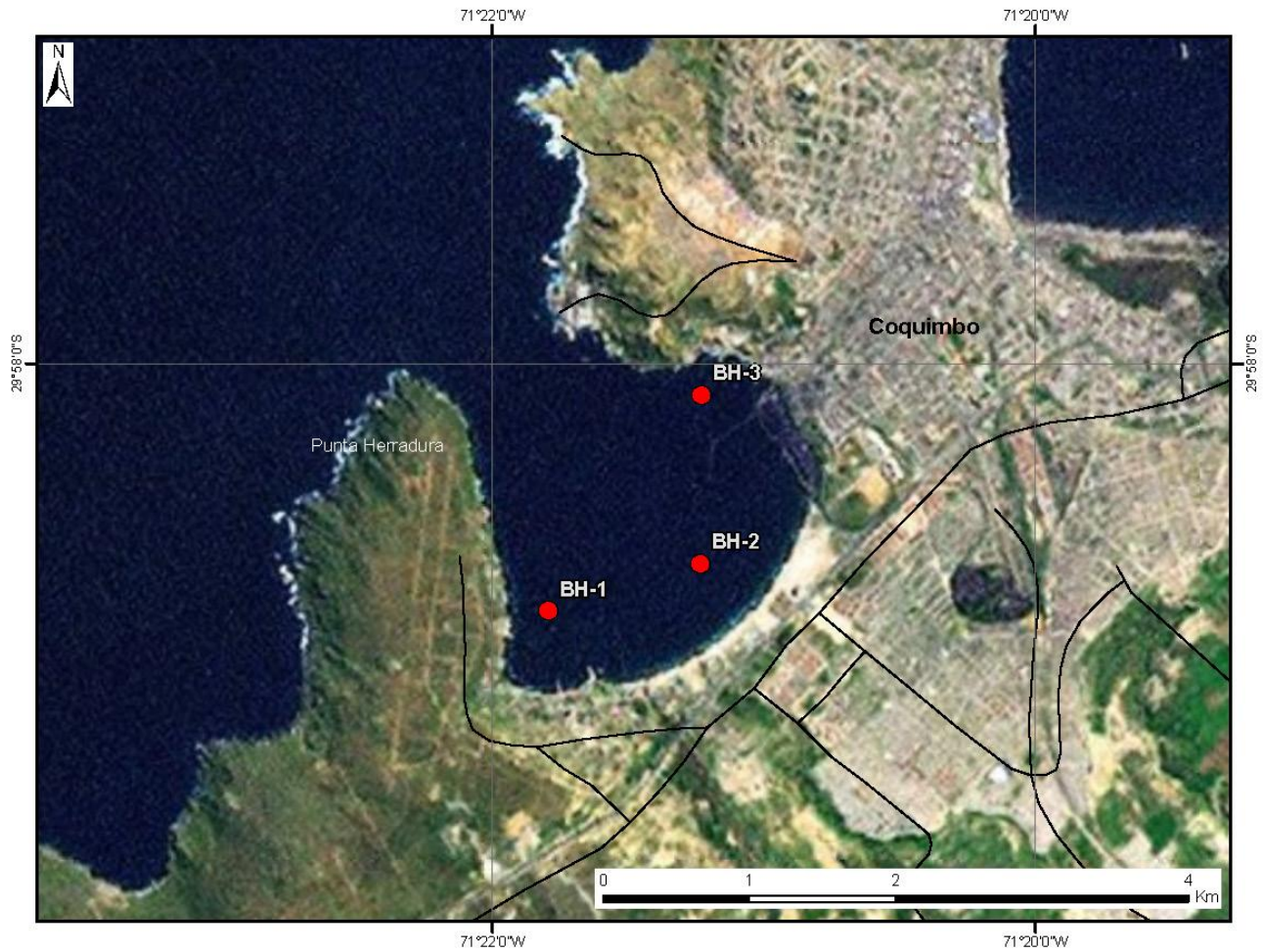
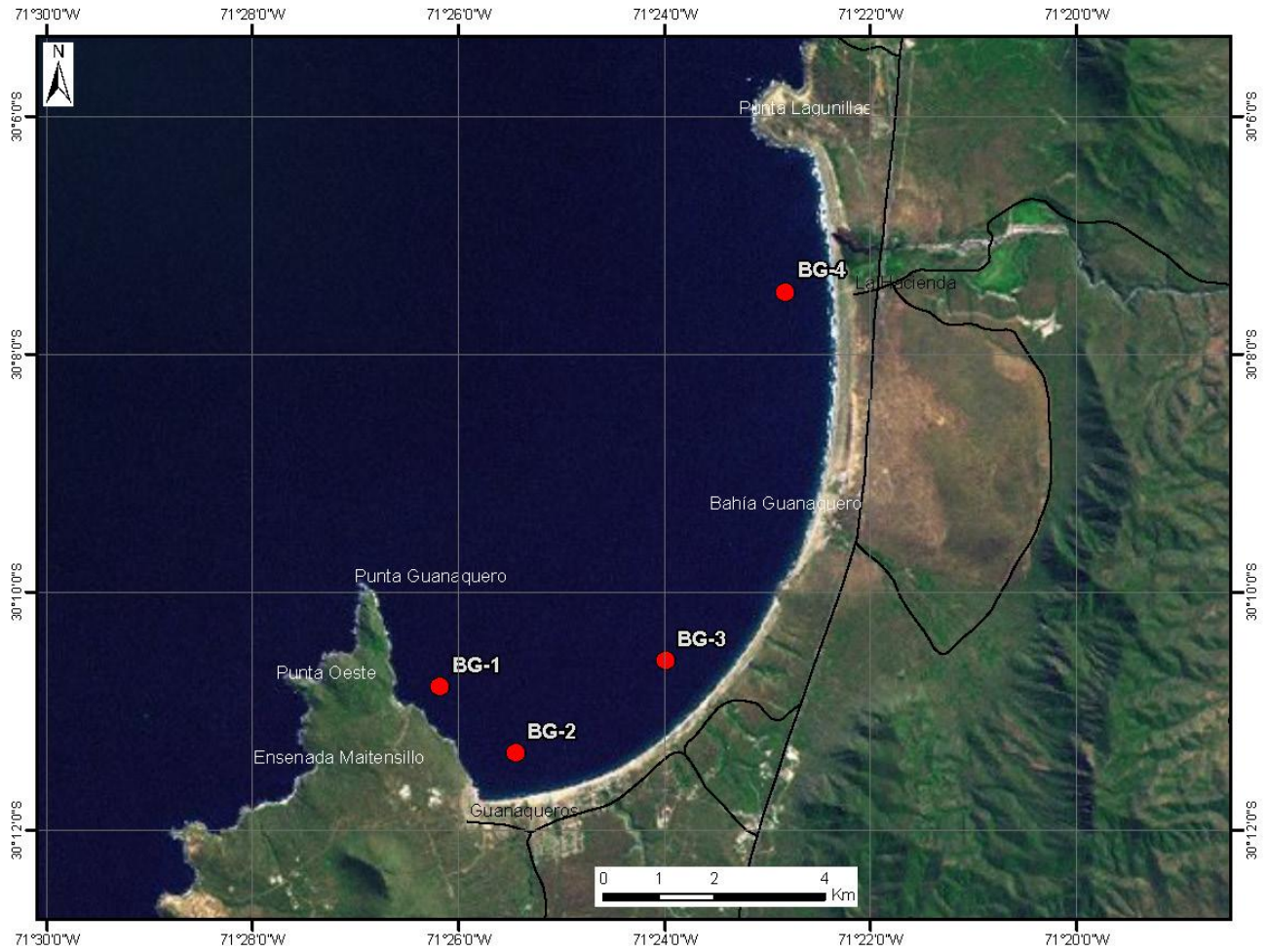


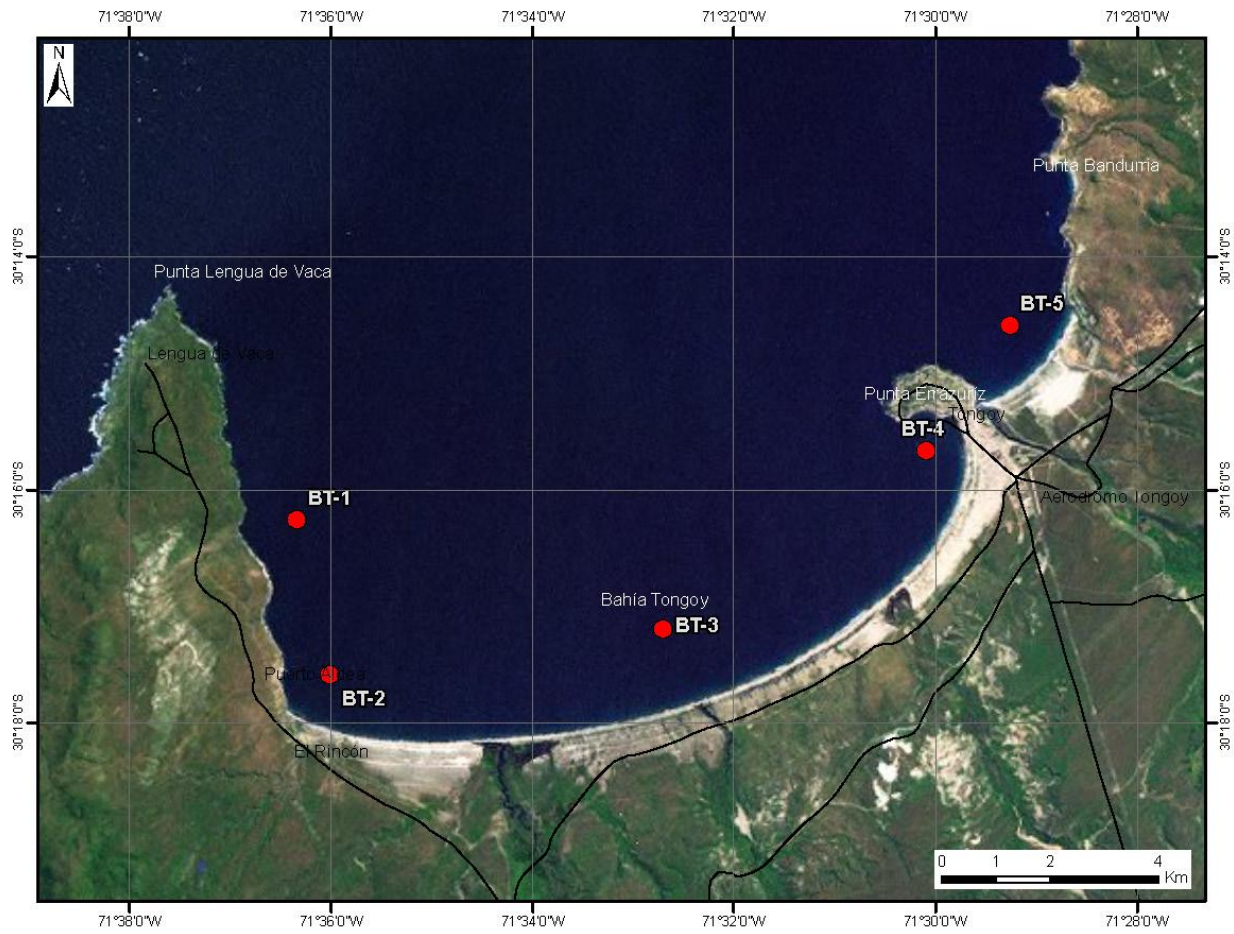
Figura 3. Bahía de Coquimbo.



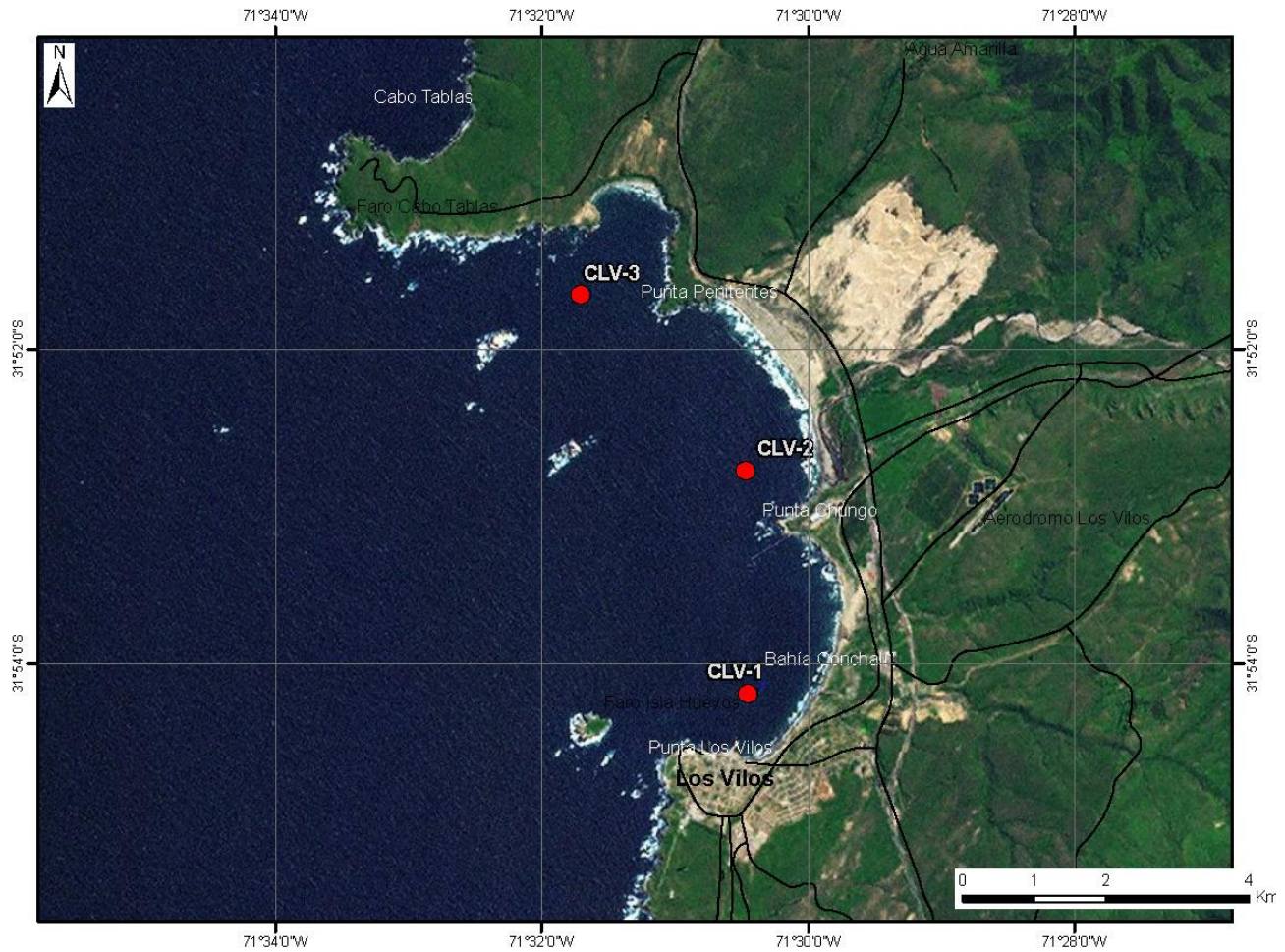
**Figura 4.** Caleta La Herradura, regi3n de Coquimbo.



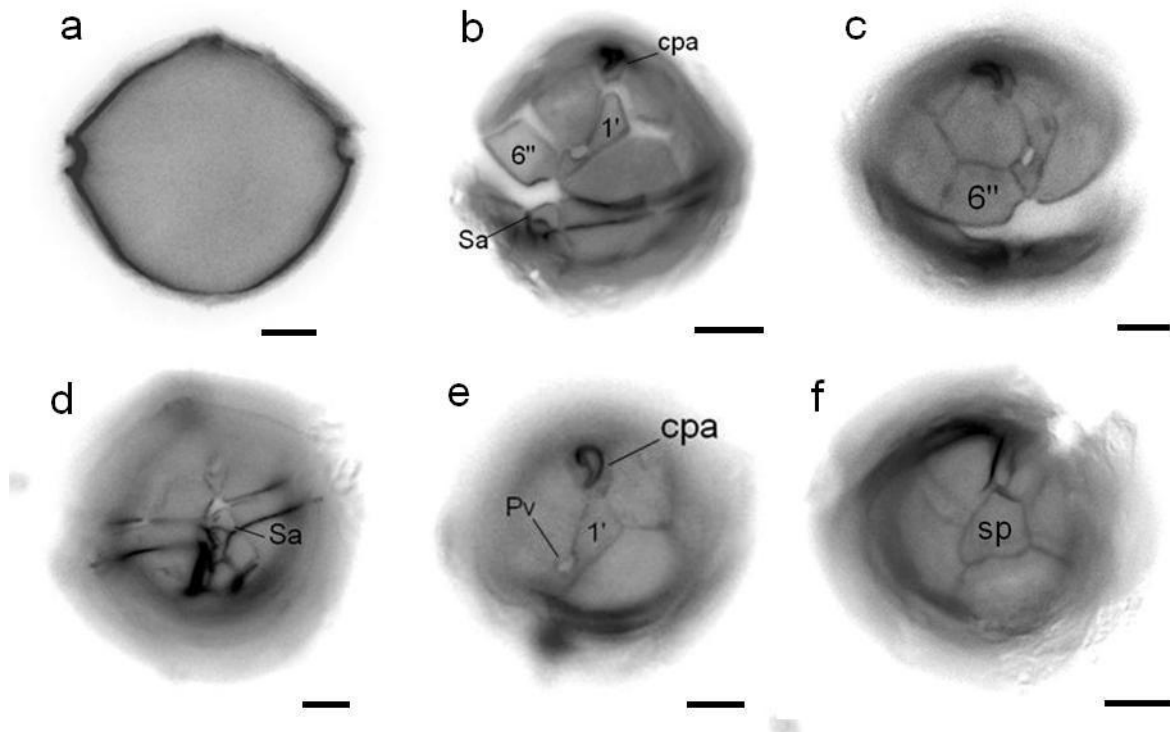
**Figura 5.** Bahía Guanaqueros, región de Coquimbo.



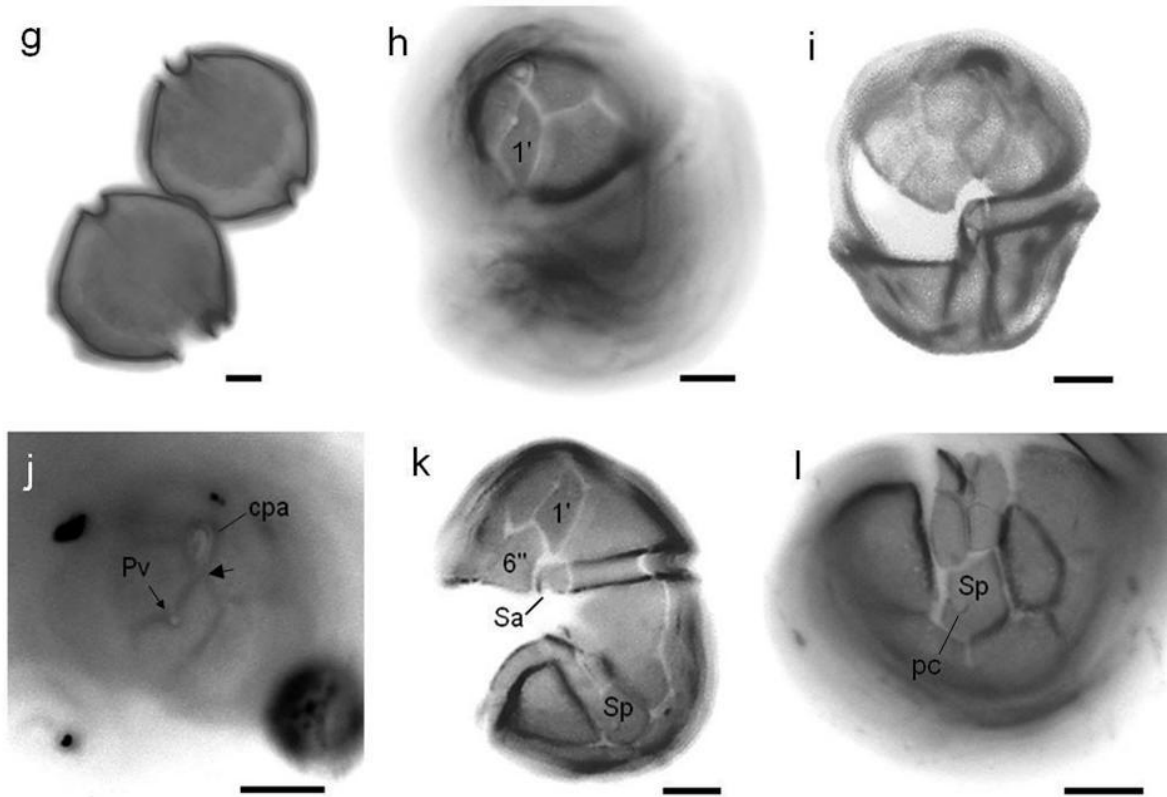
**Figura 6.** Bahía Tongoy, región de Coquimbo.



**Figura 7.** Caleta Los Vilos, regi3n de Coquimbo.



**Figura 8.** C3lulas vegetativas de *A. ostenfeldii* teñidas con calcofluor y observadas bajo fluorescencia UV.



**Figura 9.** C3lulas vegetativas de *Alexandrium* sp. teñidas con calcofluor y observadas bajo fluorescencia UV.



---

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO**

Sección Ediciones y Producción

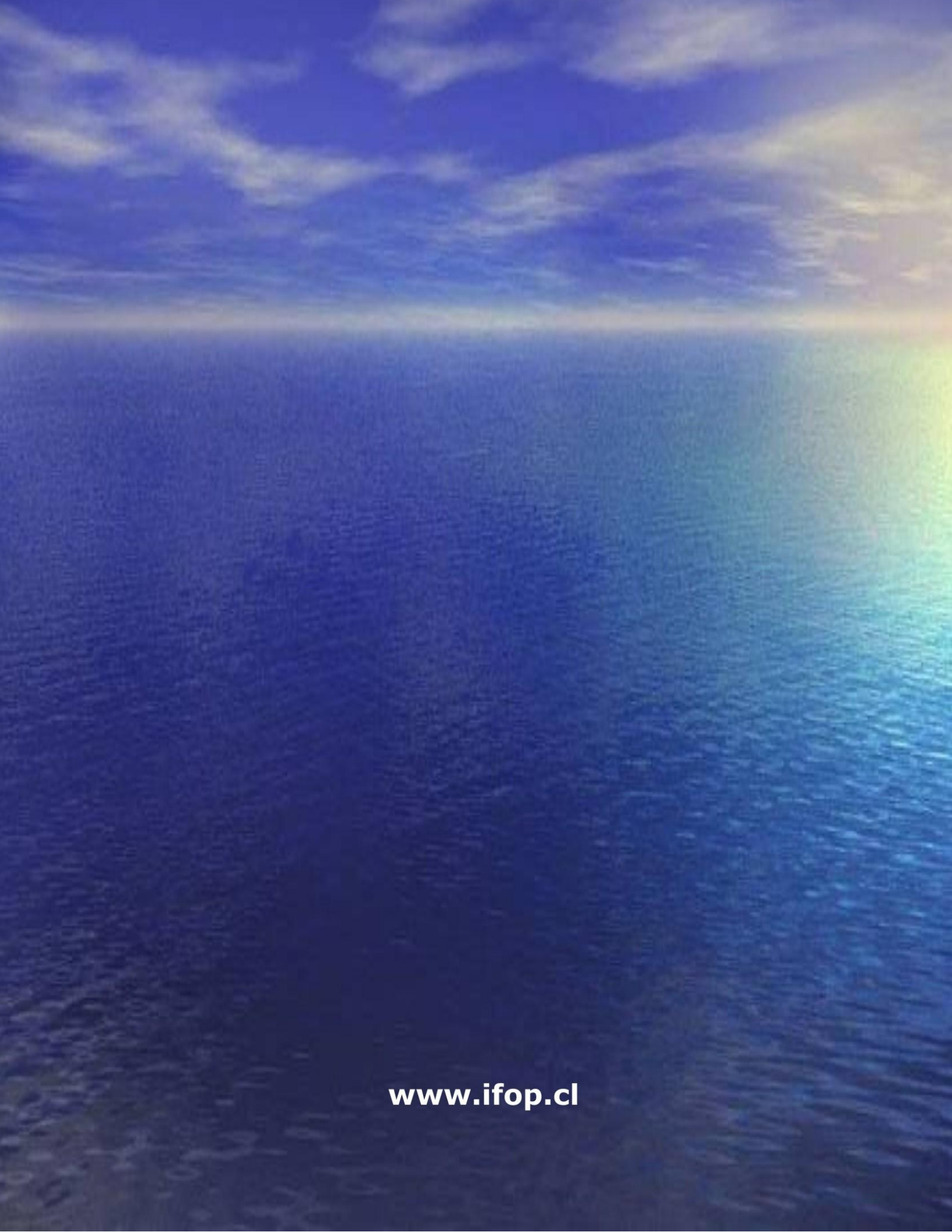
Blanco 839, Fono 56-32-2151500

Valparaíso, Chile

[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)

---





[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)