



INFORME FINAL

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

Monitoreo de *Alexandrium catenella* en zona no declarada y colindante al norte de la actual área FAN de *A.catenella*, Región de los Lagos

SUBPESCA / Septiembre 2012



INFORME FINAL

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

Monitoreo de *Alexandrium catenella* en zona no declarada y colindante al norte de la actual área FAN de *A. catenella*, Región de los Lagos

SUBPESCA / Septiembre 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
Leonardo Guzmán Méndez
Cristian Garrido Tapia
Ximena Vivanco Tapia

COLABORADORES

Victoria Arenas Sepúlveda
Christián Espinoza Alvarado



RESUMEN EJECUTIVO

Se presenta el informe final de un estudio cuyo objetivo general es confirmar la presencia y distribución del dinoflagelado *Alexandrium catenella* al norte del área plaga FAN a fin de ratificar o modificar la extensión de esta área. El estudio se realizó en el mar interior de Chiloé desde Pocolhuén hasta Estero Yaldad entre el 7 marzo de 2011 y el 7 de mayo de 2012, segregando el trabajo de terreno en dos períodos, marzo – mayo 2011 y diciembre 2011 – mayo 2012. Se establecieron 18 sitios de muestreo al norte de los 43° 22'S (i.e. límite norte del área plaga FAN de *A. catenella*) segregando tres sectores geográficos: Estuario y Seno Reloncaví (6 sitios), Bahía Yal-Chiloé centro (7 sitios), Quellón–Queilén (5 sitios).

En cada punto de muestreo, se recolectaron muestras de agua para estudios de fitoplancton cualitativo y muestras de sedimento para el estudio de quistes de resistencia. Los análisis de las muestras de agua y sedimento se enfocaron a detectar y cuantificar las formas vegetativa y bentónica de *A. catenella*. Las actividades realizadas incluyen:

- Un análisis histórico sobre los antecedentes bibliográficos y otras fuentes acerca de la presencia y abundancia de la forma vegetativa y quistes de resistencia de *A. catenella*;
- Monitorear la presencia y abundancia de *A. catenella*, en sus formas vegetativa y quistes de resistencia; y
- Evaluar los resultados y aquellos del programa de marea roja la pertinencia de modificar el Área FAN de *A. catenella*.

Respecto de la primera actividad, no obstante que durante los últimos seis años ha habido más estudios, pareciera que esta microalga es más frecuente y que es posible detectarla con un mayor rango de distribución geográfico. El sector con una mayor probabilidad de detectar a la fase vegetativa de este dinoflagelado, es el sur este y sur de la Isla de Chiloé, desde Isla Acui (~43° S) hacia el sur. De ocurrir un incremento en la abundancia, esto acontece desde este sector geográfico hacia el norte, por la costa este de Chiloé, pudiendo en años excepcionales, llegar hasta Calbuco, tal como ocurrió durante 2009. En la costa de Palena, también es posible detectar a esta microalga, pero en niveles que siempre son más bajos que aquellos que se registren en la costa sur este y sur de la Isla de Chiloé. En cuanto a los quistes de resistencia, éstos también muestran una mayor concentración en el extremo sur y sureste de Chiloé, particularmente en bahías y sectores que muestran una mayor tasa de sedimentación, siendo las estimaciones superiores en los períodos posteriores a una floración. Una excepción a esto, de acuerdo a resultados de los monitoreos de marea roja en el área, es Bahía Tic Toc donde se registraron concentraciones de quistes relativamente altas, sin embargo los registros indican que la forma vegetativa es rara y hasta ahora no ha sido registrada en condición de floración. La información reciente muestra que esta microalga, no es un colonizador reciente en el mar interior de Chiloé, dado que los estudios en columnas sedimentarias han mostrado la presencia de quistes, al menos desde inicios de 1900. Si bien A.



catenella todos los años está presente en el extremo sur de Chiloé, preferentemente durante primavera verano y otoño, los antecedentes disponibles sugieren a diferencia de lo que se observa en Aysén y Magallanes, que en el mar interior de Chiloé, las floraciones de *A. catenella* no muestran una frecuencia anual, pero cuando ocurren el lapso con mayores probabilidades que la floración se desarrolle es la primavera media y verano (diciembre a marzo). De hecho este período es el que presenta mayores probabilidades de detectar a la forma vegetativa de la microalga. En cuanto a la abundancia relativa (AR) y la temperatura del agua para el lapso mayo 2006 – enero 2012, la AR para *A. catenella* muestra que mayoritariamente las estimaciones están en los tres primeros niveles, pero que además existen diferencias interanuales, con períodos en que esta especie es más abundante (e.g. diciembre de 2006, marzo de 2009), independientemente de las variaciones que se registren a lo largo de un período anual, con AR más altas durante los meses de primavera, verano y otoño, aunque también puede estar presente durante invierno. Las AR variaron entre rara (nivel 1) e hiper abundante (nivel 7), en tanto que las temperaturas promedio integradas entre superficie y los 20 m de profundidad, variaron entre 9,5 y 13,3 °C. Para “años sin floración” el rango de las estimaciones de abundancia relativa variaron entre raro (nivel 1) y regular (nivel 3) para los períodos 2007-2008, 2010-2011 y 2011-2012, siendo los dos primeros aquellos que presentaron las estimaciones más bajas de AR (entre raro y escaso), en tanto que en “años con floraciones” las estimaciones de AR variaron entre 1 y 7 (2006-2007) y entre 1 y 6 (2008-2009). Las mayores estimaciones de AR se registraron a temperaturas promedio entre 10 y 11 °C.

Respecto de la segunda actividad, *A. catenella* estuvo presente en el 39% de los 18 puntos de muestreo, desde Matao (L11N3) hasta Estero Yaldad (L18), con estimaciones de AR de raro (nivel 1; 50%) y escaso (nivel 2; 50%). La presencia de esta microalga fue detectada en 14 (7% éxito) de las 198 oportunidades de encuentro (estaciones-cruceos) en todo el período de muestreo, lo cual muestra la escasa presencia de la microalga. La abundancia relativa no superó el nivel de escasa (nivel 2) y el promedio durante el período de estudio fue de 0,11, valor que toma esta magnitud como consecuencia de la gran cantidad de ausencias de esta microalga en la mayoría de los sitios de muestreo. Fue más importante en Quellón-Queilén al presentar una mayor cobertura espacial (Compu 2, L15N1; E. Huiladad, L16N2; Yaldad, L18 y San Antonio, L18N2), persistencia temporal y alcanzar los mayores niveles (nivel 2) de AR del estudio. Estuvo ausente de Yates (L02), Pocolihúen (L02N4), Ilque (L04N2), Chayahué (L04N3), Chiquihue (L04N5), Calbuco 2 (L04N6), I. Quinchao (L11N1), Rilán (L11N2), I. Chelín (L11N4), Chonchi (L12N2) y E. Compu 1 (L15) representando el 61% de los sitios. El período en que fue detectada fueron verano y otoño (enero a junio). Los quistes de resistencia estuvieron ausentes a excepción de San Antonio (L18N2) en el área Queilén-Quellón con muestras positivas durante todo el período de estudio. Las abundancias máximas fueron alcanzadas en el tercer cruceo (abril - mayo 2011) con densidades de 17 quistes mL⁻¹ de sedimento húmedo, mientras que las abundancias promedio para el resto de los cruceos fue de 5 quistes mL⁻¹ de sedimento húmedo. De las localidades Chiquihue, Bahía Ilque, Chonchi y Quellón, correspondientes a centros de acopio de peces trasladados por wellboats, sólo fue posible registrar los quistes de la microalga en el sector de San Antonio, en Quellón, por lo cual no se puede inferir que la presencia de los quistes en estos sedimentos sea por esta vía, debido a que en los otros



sectores del mar interior de Chiloé utilizados como centros de acopio no fue detectada la forma bentónica de *A. catenella*.

Se concluye que el estudio se efectuó durante un período que puede ser calificado como un "año sin floración" al comparar los estimadores de abundancia relativa obtenidos en los monitoreos efectuados los años 2007-2008, 2010-2011 y 2011-2012. Asimismo, durante los últimos 10 años se han apreciado períodos con floración y sin floración de *A. catenella*, siendo las floraciones de 2002, 2006 y 2009 los eventos más significativos registrados hasta ahora. Estos eventos determinan un incremento en la abundancia de los quistes de resistencia. A base de la información recopilada, junto con los resultados del estudio, no es posible distinguir ninguna configuración temporal en cuanto a la frecuencia de aparición de las floraciones de *A. catenella* en la región de Los Lagos. Los resultados de este estudio, y aquellos recopilados de la información disponible, muestran que el sector sur y sureste de la Isla Grande de Chiloé es el que presenta mayores probabilidades de presentar la forma vegetativa de *A. catenella* y consecuentemente las floraciones de esta microalga se inician en dicho sector geográfico, particularmente en el sector sur de la isla. También muestran un incremento aparente en los últimos 10 años en la frecuencia de floraciones de *A. catenella* en el sur y sur este de la Isla Grande de Chiloé, pero éstos no son concordantes con la detección de quistes de resistencia, cuya presencia puede retrotraerse hasta inicios de 1900 para la misma área. La costa continental del mar interior de Chiloé desde Contao hasta Tic Toc representa un sector en que la ocurrencia de la microalga es ocasional, por lo cual no se debe considerar como área plaga. Finalmente se sugiere vigilar atentamente (abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia) el sector comprendido desde Isla Acui, incluyendo el Estero Compu hasta Isla Tranqui por el norte, la costa este de la isla de Chiloé desde E. Compu hasta el límite norte del área de plaga FAN de *A. catenella* y hacia el este entre Isla Tranqui hasta el sitio de Golfo Corcovado (L19N3), dada su potencialidad para ser definida como área de plaga, manteniendo en esta categoría el sector sur de la Isla Grande de Chiloé (límite norte área FAN 43°22' S).



ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO.....	i
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. METODOLOGÍA	4
3.1. Búsqueda de información en diversas fuentes.....	4
3.2. Presentación de la información	4
3.3. Discusión general de la información revisada	4
3.4. Área de Trabajo.....	5
3.5. Actividades de terreno.....	6
3.6. Actividad de laboratorio.....	7
4. RESULTADOS	8
4.1. Revisión histórica de información sobre <i>A. catenella</i> en la Región de Los Lagos..	8
4.1.1. Análisis de abundancia relativa y temperatura del agua de mar en la Región de Los Lagos (período 2006-2012).....	16
4.2. Distribución geográfica y temporal de abundancia relativa y quistes de resistencia de <i>A. catenella</i>	17
4.2.1. Abundancia relativa de <i>A. catenella</i>	18
4.2.2. Quistes de resistencia de <i>A. catenella</i>	18
5. DISCUSIÓN.....	20
5.1. Aspectos generales.....	20
5.2. Evaluación de modificación de área plaga FAN	22
6. CONCLUSIONES	27
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

TABLAS
FIGURAS



ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Ubicación geográfica de estaciones de muestreo en la Región de Los Lagos al norte del Área FAN.
- Tabla 2.** Escala de abundancia relativa para *Alexandrium catenella*.
- Tabla 3.** Abundancia relativa de *A. catenella* para estaciones de la Región de Los Lagos al norte del Área FAN.
- Tabla 4.** Abundancia de quistes de resistencia *A. catenella* para estaciones de la Región de Los Lagos al norte del Área FAN.
- Tabla 5.** Localidades consideradas para una categorización del sector sur y sur este de la Isla Grande de Chiloé.



ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Ubicación geográfica de estaciones de muestreo en la Región de Los Lagos al norte del Área FAN.
- Figura 2.** Sitios de estudios históricos de fitoplancton (agua y sedimento) en la Región de Los Lagos al norte del Área FAN.
- Figura 3.** Sitios de estudios históricos con presencia de *A. catenella* (célula vegetativa y quiste) en la Región de Los Lagos al norte del Área FAN.
- Figura 4.** Análisis de abundancia relativa y temperatura del agua de mar (entre 0-20 m) en la Región de Los Lagos
- Figura 5.** Sitios de muestreo de este estudio (verde) y aquellos de los monitoreos vigentes (café) establecidos en la costa sur y sur este de la Isla Grande de Chiloé y Golfo Corcovado, incluyendo límite norte del área plaga FAN actual y propuesta de área de riesgo para *Alexandrium catenella*.
- Figura 6.** Desplazamiento de partículas luego de 72 horas en Seno Reloncaví – Golfo Corcovado, Chiloé central, y Golfo Corcovado.



1. ANTECEDENTES GENERALES

La Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (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 poblaci3n 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 erradicaci3n 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 una resoluci3n (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 área que abarca esta resoluci3n, es la vasta macrozona que abarca desde el sur de Chiloé (Regi3n de Los Lagos) (43° 22'S) hasta el Canal Beagle, Regi3n de Magallanes (54°55'42").

Ello ha determinado que actualmente, al menos para esta microalga, las precauciones no sólo deben estar centradas sólo en torno a la salud pública sino que también desde una perspectiva ambiental, cautelando que las acciones antrópicas no incrementen las probabilidades de extender la distribuci3n geográfica de esta microalga, hacia los sectores que no han sido declarados áreas Plaga FAN. El interés creciente por desarrollar acuicultura, particularmente de mitílidos, han determinado un incremento en el riesgo de transportar la forma vegetativa y los quistes de la microalga, hacia sectores geográficos adyacentes al área plaga FAN, pero también hacia otros sectores distantes geográficamente. Sumado a lo anterior existe la probabilidad que la microalga extienda su distribuci3n geográfica como consecuencia de factores naturales, para lo cual también es una necesidad contar con la informaci3n oportuna y confiable, que no sólo permita adoptar medidas de regulaci3n, sino que además dirima el origen de las causas que determinaron la extensi3n del área geográfica de la microalga hacia sectores no declarados Plaga FAN. En consecuencia, la generaci3n periódica de informaci3n y conocimiento, 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 informaci3n para la protecci3n de la salud pública y minimizaci3n 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.

Por lo anterior, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura ha considerado que en resguardo de las actividades de acuicultura y pesqueras, se realicen actividades complementarias que permitan ampliar la cobertura geográfica de la información como así también en la frecuencia que son generados estos antecedentes durante los lapsos de mayor riesgo de incremento de la abundancia de esta microalga.

Los resultados de muestreos intensivos y extensivos permitirán evaluar la evolución de la distribución y abundancia de *A. catenella* y consecuentemente adoptar las medidas según se desprenden del reglamento de plagas (D.S. 345/2005). Si se ratifica la presencia de *A. catenella* en sectores en que previamente no había sido registrada esta microalga, debería, consecuentemente, extenderse el área FAN, si se cumplen determinados requisitos según ha sido establecido en la normativa vigente. Por otro lado debería intensificarse el sistema de vigilancia de *A. catenella* y fortalecer las medidas aplicadas para evitar la dispersión de la microalga, en resguardo de la protección del sector que debería ser oficialmente declarado Área libre de FAN de esta microalga.

Dada la dinámica y carácter recurrente de los eventos de *A. catenella* y las particularidades del ciclo de vida de esta microalga, es recomendable que además de realizar un monitoreo permanente de la forma vegetativa de este dinoflagelado, se efectúe asimismo una prospección en los sedimentos para evaluar la presencia y abundancia de los quistes de resistencia que eventualmente puedan generar brotes locales. La intención final es lograr identificar lechos de quistes de resistencia que eventualmente serían fuente de floraciones de *A. catenella*. La presencia de quistes de resistencia, puede generarse por acarreo de agua de lastre o en las operaciones de wellboats vinculadas con la acuicultura, como también como consecuencia del traslado en fómites y juveniles (semillas) y adultos de moluscos. Recientemente se ha mostrado que los quistes de esta microalga pueden ser transportados adheridos a estructuras morfológicas de los moluscos tan variadas como el biso, manto, branquis, concha, además del contenido digestivo, entre otros (Pizarro *et al.*, 2012). Consecuentemente, la Subsecretaría de Pesca ha solicitado la realización de prospecciones en el mar interior de Chiloé desde el Seno de Reloncaví hasta sur de la Isla Grande de Chiloé, con la finalidad de contar con información que permita conocer el estatus de la distribución y abundancia de forma vegetativa y los quistes de esta microalga, en el área que colinda con el límite norte del área plaga FAN de la región de Los Lagos.

La hipótesis de trabajo sostiene que *A. catenella* en el mar interior de Chiloé, en el sector no incluido como área Plaga FAN, no existe una relación entre la existencia de lechos de quistes de resistencia y la ocurrencia de floraciones de esta microalga.



2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Confirmar la presencia y distribución de *Alexandrium catenella* al norte del Área FAN a fin de ratificar o modificar la extensión del Área FAN.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar un análisis histórico sobre los antecedentes bibliográficos y otras fuentes disponibles para el área de estudio, sobre la presencia y abundancia de la forma vegetativa y quistes de resistencia de *A. catenella*.
- Monitorear la presencia y abundancia de *A. catenella*, en sus formas vegetativa y quiste de resistencia en marzo – mayo 2011 y diciembre 2011 – abril 2012, en el mar interior de Chiloé, al norte del Área FAN.
- Evaluar a la luz de estos resultados y de aquellos que aportan el programa de marea roja la pertinencia de modificar el Área FAN de *A. catenella*.



3. METODOLOGÍA

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

Objetivo específico 1

Realizar análisis histórico sobre antecedentes tanto bibliográficos y otras fuentes disponibles para el área de estudio, sobre la presencia y abundancia de la forma vegetativa y quistes de resistencia de *A. catenella*.

Para alcanzar este objetivo, la metodología seguida fue la siguiente:

3.1. Búsqueda de información en diversas fuentes:

- Revistas científicas CONA, Rev. BIOL. Mar, Rev. Chil. Hist Nat, u otras que presenten información confiable.
- Informes Técnicos FIP, SUBPESCA, INNOVA, FONDEF, u otros.
- Bases de datos y reportes de expediciones CIMAR.

3.2. Presentación de la información:

- Entrega de la información siguiendo un orden cronológico, indicando períodos, áreas de muestreo, y resultados obtenidos, referidos a *A. catenella* en la región de Los Lagos. La información fue sintetizada en un mapa de presencia de la microalga, sin ponderar su abundancia.

3.3. Discusión general de la información revisada

Objetivo específico 2

Monitorear la presencia y abundancia de *A. catenella*, en sus formas vegetativa y quiste de resistencia en marzo – mayo 2011 y diciembre 2011 – abril 2012, en el mar interior de Chiloé, al norte del Área FAN.



3.4. Área de trabajo

Se extendió desde Pocolhuén hasta Estero Yaldad (**Fig.1**) considerando 18 puntos de muestreo ubicados al norte del paralelo 43° 22' S (i.e. límite norte del área plaga FAN de *A. catenella*). Con excepción de Calbuco, los sitios establecidos en este estudio no coinciden con los del estudio Manejo y Monitoreo de las mareas rojas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, V Etapa.

Las estaciones seleccionadas han sido establecidas en un área en la que ha sido identificada la forma vegetativa de *A. catenella* o existen probabilidades de encontrar a esta microalga. En cuanto a aquellas establecidas en el Estuario de Reloncaví, existen antecedentes indirectos que sugieren la presencia de esta especie, como es la presencia de veneno paralizante de los mariscos, según estimaciones con cromatografía líquida de alta eficacia (Seguel *et al.*, 2006).

El área de estudio estuvo sectorizada según sus características singulares, estableciendo dentro de cada sector un número fijo de sitios de muestreo, cuya identificación y ubicación geográfica se entregan en la **tabla 1**. En cada punto de muestreo, usando un criterio sistemático, se recolectaron muestras de agua para estudios de fitoplancton cualitativo y muestras de sedimento para el estudio de quistes de resistencia. Los análisis de las muestras de agua y sedimento se enfocaron principalmente en observar las formas vegetativa y bentónica de *A. catenella*.

Los cruceros abarcaron el período marzo – mayo 2011 y diciembre 2011 – mayo 2012, con un total de 11 campañas de terreno. Los muestreos se realizaron con una frecuencia de 20 días para la forma vegetativa y 45 días para la toma de muestras de sedimento para detectar los quistes de la especie. Para esta última modalidad se hizo un reconocimiento en los dos primeros cruceros para detectar la presencia de quistes, realizando posteriormente un mayor énfasis en los sitios con resultados positivos. Especial atención respecto de la presencia de quistes de resistencia se les otorgó a las localidades de Chinguihue, Bahía Ilque, Calbuco, Chonchi y Quellón, todos sitios correspondientes a centros de acopio de peces trasladados por wellboats.

El muestreo así como el análisis de las muestras de plancton y sedimento, fueron responsabilidad del Instituto de Fomento Pesquero. Para el trabajo en terreno fueron contratados los servicios de embarcaciones menores, sin perjuicio del uso de una embarcación de propiedad del Instituto de Fomento Pesquero, que se utilizó en el sector Seno y estuario de Reloncaví de la región en estudio.



3.5. Actividades de terreno

La región fue subdividida en tres sectores con un total de 18 estaciones de muestreo:

- Estuario y Seno Reloncaví (6 sitios de muestreo)
- Bahía Yal-Chiloé centro (7 sitios de muestreo)
- Quellón–Queilén (5 sitios de muestreo)

El monitoreo se efectuó mediante el apoyo de tres embarcaciones. Los puertos base fueron Cochamó, Caleta La Arena y Calbuco para el área Estuario y Seno Reloncaví; Quemchi y Compu para el sector Bahía Yal-Chiloé centro. Quellón fue el puerto base para el área Quellón–Queilén (Tabla 1).

La localización de las estaciones fue precisada mediante posicionamiento satelital 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).

Muestreo de fitoplancton

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 μm . Los arrastres fueron realizados en triplicado (3 réplicas) en dos lugares en cada punto de muestreo de cada estación, separados entre sí por aproximadamente 300 m. Las muestras fueron fijadas con formalina neutralizada al 2-3% y de cada punto se conformó una sola muestra (i.e. una muestra integrada de seis arrastres).

Muestreo de sedimentos

Para el muestreo de sedimentos, mediante buceo, se utilizó un toma muestra cilíndrico de 3 cm de boca para posteriormente recoger sólo los sedimentos de los primeros tres centímetros. Las muestras recolectadas no fueron fijadas. Para evitar aire al interior del frasco con muestra, se llenó con agua de mar del lugar, tapó y posteriormente cubrió con papel aluminio para evitar la entrada de luz. Las muestras fueron conservadas en un lugar fresco a 4°C. Los quistes fueron separados de las muestras de sedimentos siguiendo el método biológico propuesto por Matsuoka y Fukuyo (2000), consistente en tomar el sedimento superficial (0-3 cm), aplicar limpieza mediante sonicado y posterior tamizado sin uso de compuestos químicos.



3.6. Actividad de laboratorio

Fitoplancton y quistes

Para el análisis cualitativo del fitoplancton se utilizaron microscopios ópticos de campo luminoso, a 100x y 400x, dotados con condensador de contraste de fase y equipo de epifluorescencia. Para estimar la abundancia relativa, se contabilizó el número de células 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 (Tabla 2).

Para la identificación taxonómica de *A. catenella* se utilizó Balech (1995) sin perjuicio de otras fuentes bibliográficas, cuyos rasgos taxonómicos claves son células vegetativas formadoras de cadenas, comprimidas antero – posteriormente, ligeramente más anchas que largas, con un ápice redondeado y un antápice ligeramente cóncavo, de un tamaño medio a grande con dimensiones entre 25 – 48 μm de largo y 20-36 μm 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), complejo del poro apical y forma de la placa sucal posterior (sp). Se dispone de abundante material de referencia recolectado en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes.

Los quistes de resistencia de *A. catenella* fueron identificados por su forma elíptica con sus extremos redondeados, pared celular transparente y cuerpos de acumulación rojo-anaranjado, usando material de referencia recolectado en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes.

Objetivo específico 3

Evaluar a la luz de estos resultados y de aquellos que aportan el programa de marea roja la pertinencia de modificar el Área FAN de *A. catenella*.

Los resultados logrados, en lo que se refiere a la presencia y abundancia relativa de la forma vegetativa de *A. catenella*, junto con los antecedentes recabados sobre información histórica de la especie en la región, fueron la fuente de información que permite definir la categoría que corresponde a esta área de la Región de Los Lagos, en términos de mantener o ampliar el área FAN de *A. catenella*, según se desprende del reglamento de plagas y sus resoluciones.



4. RESULTADOS

4.1. Revisión histórica de información sobre *A. catenella* en la Región de Los Lagos

El conocimiento del fitoplancton de canales, fiordos y mares interiores de la zona sur-austral de Chile reviste especial interés, no tan solo desde la perspectiva de la producción del ecosistema, sino también por la recurrencia de proliferaciones algales nocivas que impactan severamente la salud humana, la economía costera y el entorno social de las zonas afectadas. Hasta el año 1995, los antecedentes del plancton del área de canales y fiordos australes eran relativamente escasos, aumentando significativamente con el inicio del programa Cimar donde se han realizado investigaciones sistemáticas sobre la composición y distribución del microfitoplancton, producción primaria, biomasa total fraccionada, distribución de clorofila y bacterioplancton, entre otros (Avaria, 2006).

Uno de los primeros estudios que dio a conocer los componentes del fitoplancton en aguas del Mar Interior de Chiloé, en la Región de Los Lagos, fue la expedición del pesquero "Doña Berta" organizada por el Instituto de Fomento Pesquero el año 1965 y que tuvo por objetivo obtener una idea preliminar sobre el estado de las localidades donde se explota la cholga en forma comercial. Este estudio otorgó un valioso aporte al inventario y estudios de ecología y distribución de las especies de fitoplancton en las costas de Chile. La información recopilada del fitoplancton fue publicada por Avaria (1970) donde no se registró la presencia del dinoflagelado tóxico *A. catenella*. En esa oportunidad se obtuvieron muestras desde 31 sitios ubicados entre las regiones de Los Lagos y Aysén, de los cuales 21 estuvieron ubicados en la primera de ellas (Fig. 2).

El Crucero Cimar 1 fue realizado en la zona de canales y fiordos entre el canal de Chacao y Laguna San Rafael, entre el 18 de octubre y 15 de noviembre de 1995, y cubrió 100 estaciones oceanográficas (Silva y Palma, 2006), 32 de las cuales se ubicaron en la Región de Los Lagos; pero sólo en 11 de ellas se recolectaron muestras de fitoplancton (Fig. 2). Los resultados de estos análisis se entregaron en los trabajos de Clément *et al.* (1996) y Avaria *et al.* (1997) quienes no detectaron a *A. catenella*. Otro estudio donde tampoco fue registrada esta microalga corresponde al proyecto "Monitoreo de la Marea Roja en el mar interior de la X y XI regiones" (FIP IT/95-23b) el cual consideró el seguimiento de las toxinas diarreicas (VDM) y paralizante (VPM) en mariscos, la identificación, determinación de la distribución y abundancia de las especies tóxicas *Dinophysis acuta* y *Alexandrium catenella*; junto con la medición de algunas variables oceanográficas y meteorológicas en las regiones señaladas. Se realizaron 11 expediciones en Los Lagos entre octubre de 1995 y agosto de 1996 con la finalidad de destinar mayor esfuerzo en obtener información durante el período en que aparecen y se desarrollan las proliferaciones de microalgas tóxicas y que asegure su detección oportuna. Los resultados obtenidos se entregaron en Lembeye *et al.* (1997). Las estaciones consideradas en la región de Los Lagos para análisis de fitoplancton alcanzaron un total de 9, pero sólo en 5 de ellas se muestreó fitoplancton (Fig. 2).



La primera detección de células vegetativa de *A. catenella* en aguas de la Región de Los Lagos ocurrió en el año 1998 en una estación (43°09'55", 73°31'30") cercana a Isla Cailín, al sur de Quellón en Chiloé. La microalga se observó sólo en muestras de red recolectadas a principio y fines de marzo (03 y 30 respectivamente) y con escasa abundancia (0,08 y 1,2 cél L⁻¹ promedio en la columna de agua), pudiendo estas estimaciones ser erróneas debido al método de análisis (i.e. estimaciones cuantitativas a partir de muestras de red). Este estudio: "Seguimiento de la Toxicidad en Recursos Pesqueros de Importancia Comercial en la X y XI región" (FIP IT/97-49), fue llevado a cabo por Lembeye *et al.* (1998) y tuvo por objetivo general realizar el seguimiento de la toxicidad por VPM y VDM en diversos recursos bentónicos de importancia comercial y determinar cuáles constituyen transvectores de toxinas, a través de un seguimiento espacio temporal de las toxinas VPM y VDM en diversos recursos y de las microalgas *A. catenella* y *D. acuta* productoras de estas toxinas. A excepción de la estación de Cholgo, se mantuvieron las mismas estaciones (Fig. 2) del proyecto FIP IT/95-23b para el monitoreo de fitoplancton en Los Lagos, durante 12 expediciones entre mayo de 1997 y mayo 1998. Con este estudio, se configuró con mayor fuerza la hipótesis de expansión sur norte en el rango de distribución de esta especie en los fiordos y canales australes. Muñoz *et al.* (1992) publicaron la primera presencia de este dinoflagelado para la región de Aysén, al observar algunos ejemplares de esta microalga en muestras de red recolectadas en mayo de 1992 en la boca del fiordo Aysén, frente a Isla Churrecué, complementando la presencia ya reportada por Guzmán *et al.* (1975) para la región de Magallanes, en octubre de 1972 en Bahía Bell, estrecho de Magallanes, dando cuenta de la primera aparición y toxicidad de *A. catenella* en aguas de la costa austral.

Suárez y Clement (2002) detectaron por segunda vez a *A. catenella* en su forma vegetativa en las zonas de Chiloé en Isla Cailín. Esta detección fue el preludio de un gran evento tóxico que ocurrió entre enero y mayo del 2002 (Molinet *et al.* 2003, Arriagada *et al.* 2003) el cual abarcó toda la zona centro sur del Archipiélago de Chiloé, alcanzando también las localidades de Liucud y Palqui, siendo este el primer evento señalado en tiempos recientes. Ese mismo año el crucero Cimar Fiordos 8 recolectó muestras de sedimento para análisis de quistes de resistencia de dinoflagelados tóxicos, encontrándose cantidades significativas de quistes de *A. catenella* alcanzando los 222 quistes mL⁻¹ de sedimento húmedo en Bahía Tic-Toc (Seguel & Sfeir, 2003). Este valor superó los registros encontrados en la zona austral de Chile (Seguel *et al.*, 2005). Si bien el Crucero Cimar 8 no consideró estaciones de muestreo en la región de Los Lagos, Seguel y Sfeir (2003), incluyeron 2 puntos (Isla Talcán y Bahía Tic Toc) en esta región y que fueron recolectados durante las 2 etapas del crucero (Invierno: 1 – 26 julio 2002; Primavera: 15 – 28 noviembre 2002). En estos puntos se consideró la toma de muestras de agua y de sedimento para la detección de células vegetativas y quistes, respectivamente. Los resultados obtenidos para estas muestras indicaron la presencia de *A. catenella* en el fitoplancton de primavera, mientras que en invierno se registraron quistes en los sedimentos alcanzando altas concentraciones (222 quistes mL⁻¹ sedimento húmedo en B. Tic-Toc). Un año más tarde en el proyecto FIP 2002-23 (Robles *et al.* 2003) se detectaron células vegetativas de *A. catenella* en bajas concentraciones (~1 cél mL⁻¹) en estanques de barcos de transporte de peces vivos (wellboats) en un trayecto que abarcaba desde Canal Puyuhuapi a Quellón, sugiriendo



que en las aguas de los estanques era factible el transporte de células vegetativa de *A. catenella* desde la región de Aysén hacia el puerto de destino de Quellón en el sur de la Isla de Chiloé.

El año 2004 el crucero Cimar 10 consideró la toma de muestras en 50 estaciones distribuidas entre el Seno Reloncaví y el Golfo Corcovado en 2 etapas; Invierno (21 al 31 de agosto de 2004) y Primavera (12 al 23 de noviembre de 2004). Del total de estaciones, en 18 de ellas se realizaron muestreos de fitoplancton y sedimentos para la detección de células vegetativas y quistes, respectivamente. Para los sedimentos se tomaron dos tipos de muestras, una superficial (0-3 cm) y una de profundidad (0-8 cm). En ambos tipos de muestras, se contó el número de quistes de *A. catenella*, y otros dinoflagelados presentes. Los resultados fueron publicados por Seguel *et al.* (2005) encontrándose quistes de *A. catenella* en nueve estaciones, las que están ubicadas desde el paralelo 42° 37' S hacia el sur, lo que coincide con la distribución del evento tóxico que se registró el año 2002 (Clément *et al.* 2002, Villarroel 2004). Las mayores concentraciones fueron encontradas en Canal Chiguao (25 quistes mL⁻¹ sedimento húmedo), al sur de la Isla de Chiloé, y en Bahía Tic-Toc (18 quistes mL⁻¹) en Chiloé continental, mientras que la concentración fue inferior a 3 quistes mL⁻¹ en el resto de las estaciones. Al analizar la concentración de quistes de *A. catenella* versus la profundidad en dos estaciones (Canal Chiguao y B. Tic Toc) se observó que los quistes están presentes en todos los estratos tanto en invierno como en primavera. Sin embargo, existe diferencia entre los estratos y estaciones del año (invierno-primavera), mientras que en Canal Chiguao los máximos se encontraron en primavera. En B. Tic Toc la situación fue inversa, con valores más elevados de quistes (quistes mL⁻¹) durante el invierno. Siguiendo con los hallazgos de quistes en sedimentos profundos, Salgado (2004) presenta los primeros registros de quistes de *A. catenella* en profundidad (hasta 40 cm) en un testigo de sedimento recolectado frente a Punta Yencura (43°09'S; 73°41'O) ubicada al suroeste de Quellón en Chiloé. Los resultados indicaron que la edad de depositación de estos quistes en los sedimentos del sector correspondería aproximadamente a inicios de siglo XX (1910) registrándose en casi todas las profundidades (excepto profundidad 30-32 cm) del testigo estudiado. Posteriormente, estos resultados fueron validados con un nuevo trabajo de Salgado (2011) el cual registró espacial y temporalmente los quistes de *A. catenella* en 24 testigos de sedimento recolectados en tres sectores (bahías Huenquillahue e Ilque: 5, canales Dalcahue y Hudson: 10, y Bahía Quellón y alrededores: 9) del mar de Chiloé. Los resultados muestran que los quistes de *A. catenella* se distribuyeron casi exclusivamente al sur de las Islas Desertores (~42° S) al encontrarse en las 9 estaciones (**Fig. 2**) distribuidas en la Bahía Quellón y sus alrededores y al registrarse, además, hasta los 41 cm de profundidad equivalentes según método de datación de ²¹⁰Pb al año ca. 1930. La mayor abundancia (302 quistes mL⁻¹ de sedimento húmedo) fue registrada en el sector de cercano a Yencura representando el mayor registro para el sur de Chile. Adicionalmente, dos artículos publicados en el año 2005 (Albornoz *et al.* y Fernández *et al.*) comunican sobre quistes encontrados en la misma área de floración del año 2002 (Quellón) donde el 80% de los quistes correspondían a *A. catenella*, pudiendo ser células vegetativas que entraron en latencia después del florecimiento.

El crucero Cimar 11, llevado a cabo el año 2005, consideró la toma de muestras en 72 estaciones distribuidas entre el Seno Reloncaví y el Golfo Corcovado en 2 etapas; Invierno (17 al 27 de julio de



2005) y Primavera (11 al 21 de noviembre de 2005). El estudio que realiz3 Seguel *et al.* (2006), consider3 s3lo la toma de muestras de sedimentos para an3lisis de quistes, granulometr3a y contenido de materia org3nica en 15 estaciones en ambas etapas del crucero. Las metodolog3as aplicadas son esencialmente las mismas a las consideradas en el trabajo de Seguel *et al.* (2005), pero las muestras de quistes que se colectaron con jeringa se analizaron en forma integrada en un primer estrato de 0-3 cm y un segundo estrato de 4-6 cm. Los an3lisis tanto de los testigos como de los sedimentos superficiales arrojaron resultados similares, registrando la presencia de quistes de *A. catenella* en Quell3n y en Chiguao. Estos resultados contrastan con los encontrados en el a3o 2004, donde la distribuci3n geogr3fica de los quistes fue m3s amplia, abarcando estero Castro, Isla Lemuy, Estero Huidad y Canal Chiguao (Seguel *et al.*, 2005).

A partir del crucero Cimar 11, Valenzuela y Avaria (2009) tambi3n presentan resultados donde registran a *A. catenella*. En una red de 19 estaciones (**Fig. 2**) situadas en una transecta central que abarc3 desde la cabeza del Estero Reloncav3 hasta la Boca del Guafo se recolectaron muestras de red y agua para estudios de fitoplancton del 3rea. La microalga t3xica fue detectada en per3odo de invierno en la boca del Estero Reloncav3 (2900 c3l L⁻¹) y en el Golfo de Ancud (<500 c3l L⁻¹). En primavera esta especie tambi3n fue detectada en muestras de red en el Seno Reloncav3. Sin embargo, en este estudio en particular, existe la incertidumbre si el tax3n identificado corresponde a *A. catenella*. Con esta informaci3n los autores ampliar3an el rango de detecci3n geogr3fica de la especie. Este registro es importante ya que an3lisis toxicol3gicos efectuados por m3todos cromatogr3ficos de alta resoluci3n (HPLC) en moluscos, en el Estero Reloncav3, detectaron la presencia de saxitoxina (STX), neotoxina de saxitoxina, GTX 2, GTX 3 y GTX 4, en niveles menores a 5 µg de STX eq. 100g⁻¹ de carne de marisco (Seguel *et al.* 2006) quienes suponen que la fuente primaria de la toxina fue *A. catenella*.

El estudio INNOVA CHILE "Investigaci3n y monitoreo de toxinas marinas y fitoplancton nocivo en la X Regi3n" (Vidal *et al.*, 2006) iniciado el 30 de septiembre de 2003 fue llevado a cabo por el Instituto de Fomento Pesquero y el Centro de An3lisis de Recursos Ambientales (CERAM) de la Universidad Austral y tuvo como objetivo principal mejorar la comprensi3n de los factores que regulan la distribuci3n y abundancia del fitoplancton e implementar un sistema de monitoreo de floraciones algales nocivas, toxinas marinas y otras variables ambientales orientado a proteger la salud p3blica y minimizar los impactos sobre el sector productivo. Para cumplir con este objetivo se debieron desarrollar cinco objetivos espec3ficos, dos de los cuales son importantes para este informe. El primero de ellos, "conocer la din3mica espacial y temporal de las toxinas (VPM, VDM y VAM) y del fitoplancton nocivo", que seg3n la metodolog3a aplicada involucr3 realizar 17 cruceros de monitoreo (entre enero 2004 y diciembre 2005) considerando 25 estaciones de muestreo (**Fig. 2**) ubicadas en el Estuario Reloncav3 por el norte hasta Isla Guapiquil3n y Bah3a Tic Toc por el sur recolectando muestras de vectores centinelas (chorito, cholga o almeja) para el an3lisis de toxinas. Entre la informaci3n m3s relevante se observ3 que para el VPM s3lo se registraron niveles bajo el l3mite de detecci3n del bioensayo (80 µg/100 g carne) en Quell3n, Isla Guapiquil3n e I. Butachauquenes, con mayor frecuencia durante primavera y verano. Por otro lado, respecto de la composici3n espec3fica del fitoplancton nocivo, lo m3s relevante corresponde al incremento en los estimadores de



abundancia relativa de *A. catenella* durante el verano de 2006 calificada como "Abundante" (nivel 4) y "Muy Abundante" (nivel 5), según la escala de abundancia relativa actual, en B. Asasao e I. Guapiquilán, respectivamente, en el sur de la Isla de Chiloé. Para el segundo objetivo específico de nuestro interés, "conocer la distribución espacial de los quistes de *A. catenella*", se realizaron muestreos en abril (otoño) y octubre (primavera) de 2005. La recolección de muestras se realizó en lugares selectos afectados por la floración de *A. catenella* durante 2002 que hayan sido de importancia económica, ya sea, como área de semillero de bivalvos o área de producción de mariscos por la vía de las actividades de acuicultura o extracción artesanal. Los muestreos se realizaron en dos oportunidades (abril y octubre 2005) y las áreas fueron: San Luis, Huidad, Teupa, Compu, San Antonio, Yaldad y Quellón (Fig. 2). Los resultados revelaron la presencia de quistes de *A. catenella* con concentraciones máximas de 227 y 75 quistes mL⁻¹ sedimento húmedo en Quellón y San Antonio, respectivamente, y con menores concentraciones 1-18 quistes mL⁻¹ sedimento húmedo en las áreas de Huidad, Teupa, Compu y Yaldad. San Luis no presentó quistes de la microalga.

El informe final del programa de Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas en Los Lagos de los años 2006-2007, ejecutado por el Instituto de Fomento Pesquero, indicó que *A. catenella* estuvo escasamente representada en la región de Los Lagos, no obstante que se registró una observación de hiper abundante (nivel 7 en Isla San Pedro) (Guzmán *et al.* 2007). Desde un punto de vista geográfico, la distribución del taxón estuvo restringida al sector sur de la Isla de Chiloé, habiéndose detectado en diciembre desde Isla Quehui (42°36' S) hacia el sur. Las localidades en las cuales esta especie fue detectada en más oportunidades durante el período fueron Yelcho e Isla Guapiquilán (en tres ocasiones), mostrando en un lapso de aproximadamente un mes un aumento en abundancia relativa de 3 niveles entre un muestreo y otro en ambos sitios de muestreo. El incremento más marcado ocurrió en Isla San Pedro, incrementando en un lapso similar desde rara (nivel 1) hasta hiper abundante (nivel 7), lo cual sugirió que dicho incremento no podría ser explicado exclusivamente por aumento por división celular, sino que además debería estar ocurriendo un proceso de acumulación física. Desde el punto de vista del monitoreo, los antecedentes reunidos durante la floración ocurrida durante fines del 2006 en esta región, muestra que además de ser un fenómeno de corta duración, a diferencia de 2002, éste ocurre con mayor intensidad en el sector sur de la Isla de Chiloé, en todos los puntos de muestreo establecidos en dicho sector, Bahía Asasao, Isla San Pedro, e Isla Guapiquilán. No obstante los escasos antecedentes disponibles para el comportamiento de este complejo tóxico en esta región, éstos mostraron que las floraciones de *A. catenella* asociadas a VPM ocurrieron principalmente en el extremo sur de la Isla pudiendo afectar el sector sur oriental de ella, en torno al sector de Quellón (Guzmán *et al.* 2007).

En su segunda etapa de ejecución, correspondiente al período 2007-2008, el programa de monitoreo, estableció una red de 42 estaciones en la Región de Los Lagos desde octubre (2007) hasta septiembre (2008). Para nuestro interés, los resultados de abundancia relativa mostraron que *A. catenella* estuvo presente sólo en 10 ocasiones, la mayoría registrada como rara (nivel 1), si bien en Isla Quehui (~42° 36' S) fue detectada como escasa (nivel 2) durante el crucero realizado entre fines de noviembre y mediados de diciembre (segundo crucero) en primavera tardía. Con excepción de I. Quehui en que se presentó, en términos relativos, en una ubicación geográfica más



septentrional, en el resto de las oportunidades fue observada en el extremo sur de la Isla de Chiloé. En el sexto crucero (mediados de abril – inicios de mayo) estuvo presente en I. Laitec, en el séptimo (mediados de mayo – mediados de junio) en Pta. Chiguao, B. Asasao e I. San Pedro 2, en el octavo (entre inicios y fines de julio) en I. Guapiquilán 2 y en el décimo (inicios y mediados de septiembre) en Bco. Velahue, Ens. Quilantar e I. Guapiquilán 2 (Figs. 24, 27-28; Guzmán *et al.* 2009). En este período de estudio los autores concluyen que las floraciones de *A. catenella* en el extremo sur de Chiloé se originarían al sur del Golfo de Corcovado, en el sector de Melinka en la región de Aysén, área que presenta condiciones oceanográficas que favorecen las proliferaciones fitoplanctónicas, y serían masas de agua exógenas las que explicarían el incremento en un corto plazo de la abundancia numérica de este dinoflagelado en el sur de la Región de Los Lagos.

El 2008 se inicia el estudio FIP N° 2008-32: “Establecimientos de criterios y diseño metodológico a utilizar para la declaración de áreas plagas (plaga (FAN), riesgo, libre) y su aplicación teórica” (Díaz *et al.*, 2010), el cual fue orientado a establecer criterios y diseñar una metodología para la declaración de plagas hidrobiológicas en Chile. Los planteamientos se realizaron de acuerdo al D.S. 345/2005 (Reglamento de Plagas: REPLA) y su informe acompañante N° 2168/2008, utilizando los datos históricos del monitoreo de Marea Roja en Magallanes y los datos existentes hasta septiembre de 2009 del estudio Manejo y Monitoreo de las mareas rojas en las regiones de los Lagos, Aysén y Magallanes, realizado por el Instituto de Fomento Pesquero. De acuerdo a los resultados obtenidos fue posible sustentar algunos de los criterios ya establecidos para la especie plaga *A. catenella*, tales como el uso de la abundancia relativa como indicador de la distribución y abundancia (semicuantitativa) de esta microalga. Se definió el nivel 2 (Escaso) de esta escala, como el punto de quiebre que separa las categorías de área plaga y área de riesgo, junto con la frecuencia espacial, estableciéndose que el 50% de las estaciones dentro del área a calificar debe encontrarse en este nivel o menor, para ser categorizada como área de riesgo. Los resultados de este estudio muestran también que podría adoptarse un nivel de abundancia relativa de 3, como el criterio para definir una plaga FAN, pero si la intención es aplicar un criterio precautorio orientado a cautelar la expansión geográfica de la especie, se considera pertinente mantener el nivel definido de 2.

Para complementar este informe se analizó también la base de datos del Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos (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 última base 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). Resultados de los análisis de fitoplancton muestran que el primer registro de la forma vegetativa de *A. catenella* en el mar de Chiloé ocurre a fines de enero (verano) de 2002 en el sector de Quellón, Quellón viejo y Yaldad. Posteriormente los registros de la microalga empiezan a ser más recurrentes desde inicios de febrero, registrándose también en Guapiquilán, Ensenada Dético y Curanue, alcanzando una mayor frecuencia espacial y temporal desde marzo hasta fines de abril siendo detectada en los sectores de



Punta Mechai, Queilén, Punta Huenao, Teupa, Isla Lemuy, Terao, Bahía Yal, San Javier-Teguel, Estero Lingue, Calén y Puerto Oscuro. Desde fines de abril la presencia de *A. catenella* se hace más esporádica siendo registrada en menos sectores y con mayor frecuencia temporal hasta enero (verano) de 2006 donde nuevamente los registros se hacen más frecuentes. En 2008 no existen registros de la especie.

Los resultados de la tercera etapa (2008-2009) del Monitoreo del Instituto de Fomento Pesquero, muestran que durante este período de diciembre 2008 a diciembre 2009, la Región de Los Lagos presentó las menores estimaciones promedio de abundancia relativa de *A. catenella*, en relación a Aysén y Magallanes, no obstante que la especie estuvo presente desde fines de verano a lo largo de todo el año, aunque con una floración manifiesta entre mediados de marzo y mediados de abril, pero persistiendo a lo largo del otoño, invierno y verano e incrementando su distribución espacial hacia el norte, mostrando una persistencia espacial y temporal distinta a la observada en años previos. En esta región, la floración de *A. catenella*, estuvo restringida al sector costero sureste y sur de la Isla de Chiloé, al sur de Isla Acui (~43°S), con abundancias relativas, densidades y toxicidades notoriamente más bajas que aquellas observadas en la región de Aysén, lo que sugiere que este sector representa el límite septentrional de distribución de esta microalga. Para floraciones como la observada en el sur de Chiloé se concluye que debe incrementarse la frecuencia de muestreo (a semanal), al menos, para disponer de estimaciones de abundancia relativa de la microalga y toxicidad en mariscos centinela (i.e. muestreo de emergencia) y seguir con mayor certidumbre el comportamiento espacial y temporal de estas variables. La distribución y abundancia de *A. catenella* en el mar interior de Chiloé, fue diferente por cuanto se presentó, aunque con una abundancia relativa de rara (nivel 1) o escasa (nivel 2), en invierno y primavera en el sector sur y sur este de las aguas costeras de la Isla de Chiloé, a comienzos de la primavera (octubre 2009), fue registrada en estaciones localizadas en el extremo norte del Área FAN en el sur de Chiloé (desde estaciones Bahía Asasao a Isla Guapiquilán) con niveles altos de abundancia relativa (nivel 5, Muy Abundante). Incluso en primavera fue detectada en sitios tan septentrionales como Calbuco (41°48' S; 73°10' W) y se extendió hacia el este a la costa de la provincia de Palena como Bahía Pumalín y Palvidad, abarcando también sectores como Isla Talcán, también con una abundancia relativa de rara (nivel 1), mostrando mayor persistencia y ampliación en la distribución (Guzmán *et al.* 2010).

Para Mardones *et al.* (2010), esta floración ocurrió al sur de Quellón (Isla Cailín) en Chiloé y que abarcó hasta Canal Dalcahue (~42° S) con una duración de 4 meses, siendo muy importante en términos cuantitativos y de distribución, generando, además, discoloración en la columna de agua. En este mismo año se detectaron estados móviles de *A. catenella* en el sector de Isla Laitec (43° 13'S), Lincay (42°38' S), Huyar en Isla Quinchao (42°23' S) además de los sectores de Faro Corona al noroeste de Chiloé y en Mar Brava y Cucao (Fig. 2). A finales del 2009 (3 de noviembre) *A. catenella* fue detectada en Punta Bonita (41° 44 S) en Calbuco siendo este el registro más septentrional de la especie. Los autores sugieren esta nueva distribución en aguas interiores habría sido a causa del transporte a través del Canal Chacao.



En el programa de monitoreo que se realiza en las tres regiones administrativas más australes del país llevado a cabo el año 2010 (febrero a diciembre), correspondiente a la IV etapa, y a diferencia de lo observado durante el 2009, si bien *A. catenella* estuvo presente desde marzo (cruce 2) a diciembre (cruce 9), no lo hizo con la abundancia y con la cobertura geográfica que caracterizaron dicho año. Los resultados más relevantes muestran que *A. catenella* estuvo presente en la Región de Los Lagos sólo en 14 estaciones (Ensenada Quilánlar, Inio, C. Guamblad, Ayacará, B. Asasao, Isla redonda, I. Cahulín, Canal Coldita, I. San Pedro, I. San Pedro 2, I. Quehui, I. Guapiquilán 2, I. Laitec, Guapiquilán 1) equivalente a un 29,7% (total de 47 estaciones) y con niveles de abundancia relativa entre raro y escaso (niveles 1 y 2, respectivamente); durante diciembre se presentó en el 19,1% (7 sitios) de las estaciones, mientras que en noviembre se encontró sólo en el 10,6% (5 sitios) de las estaciones y en los demás cruces su presencia no superó el 6,3% (3 sitios) de las estaciones. La estación más septentrional en que se registró esta microalga fue en Ayacará (42°19'29" S, 72°47'50" O) durante abril (tercer cruce) con una estimación de rara (nivel 1) (Guzmán *et al.* 2011).

En su V etapa, el programa de monitoreo que ejecuta el Instituto de Fomento Pesquero y que es financiado por la Subsecretaría de Pesca, fue llevado a cabo entre enero 2011 y enero de 2012, conjuntamente con el estudio financiado por la Subsecretaría de Salud, estableciendo un total de 52 estaciones en la Región de Los Lagos (Fig. 2). Ambos estudios tienen objetivos diferentes pero apuntan a generar información del fitoplancton nocivo y toxinas marinas en mariscos. Durante el período de estudio *A. catenella* estuvo presente en 19 estaciones (I. Talcán, I. Acuí, Auchemó, I. Tranqui, Punta Chiguao, Yelcho, C. Coldita, I. Laitec, B. Asasao, E. Quilánlar, Inio, I. Redonda, I. San Pedro, C. Guamblad, I. San Pedro 2, I. Guapiquilán, I. Guapiquilán 2, Boca Guafo y Boca Guafo 2) alcanzando estimadores de abundancia relativa entre raro (nivel 1) y regular (nivel 3). La microalga fue detectada como rara (nivel 1) desde el cruce 1 (febrero-marzo 2011) hasta el cruce 9 (diciembre 2011) aumentando su abundancia relativa en el cruce 12 (enero-febrero 2012) presentándose como regular (nivel 3) en las estaciones Inio, I. Redonda, I. San Pedro, C. Guamblad, I. San Pedro 2 y Boca Guafo 2. Desde un punto de vista geográfico la distribución de *A. catenella* estuvo restringida principalmente al sector sur de la Isla de Chiloé registrando su ubicación más septentrional en I. Talcán en el cruce 1 en período de verano tardío. Las localidades en las cuales esta especie fue detectada en más oportunidades durante el período fueron B. Asasao, I. Redonda e I. San Pedro (en tres ocasiones).

En síntesis, pareciera sobre la base de los datos recogidos de los trabajos publicados y los informes disponibles en que se cita la presencia de *A. catenella* (Fig. 3), sea correcta o no la identificación realizada por los autores, que no obstante que durante los últimos seis años ha habido una mayor recolección de muestras de agua y sedimentos, que esta microalga es más frecuente y que es posible detectarla tan al norte como Calbuco e incluso la costa pacífica de la Isla. Sin embargo, los datos recientes de este período, muestran además que el sector que presenta una mayor probabilidad de detectar a esta microalga en su fase vegetativa, incluso hasta un alto nivel (Hiper abundante, nivel 7 en I. San Pedro) es el sector sur este y sur de la Isla de Chiloé, desde Isla Acuí (~43° S) hacia el sur. Esta información está mostrando, además, que de ocurrir un incremento en la abundancia numérica de esta microalga, esto ocurre desde el sector geográfico señalado,



expandiéndose hacia el norte, particularmente por la costa este de Chiloé, pudiendo en años excepcionales, ser detectada tan al norte como Calbuco, tal como ocurrió durante 2009. En la costa de Palena, también es posible detectar a esta microalga, pero en niveles que siempre son más bajos que aquellos que se registran en la costa sur este y sur de la Isla de Chiloé, no habiéndose presentado hasta ahora en condición de floración en este sector. En cuanto a los quistes de resistencia, éstos también muestran una mayor concentración en el extremo sur y sureste de Chiloé, particularmente en bahías y sectores que muestran una mayor tasa de sedimentación, siendo las estimaciones más altas en los períodos posteriores a una floración. Una excepción a esto, de acuerdo a resultados de los monitoreos de marea roja en el área, es Bahía Tic Toc donde se registraron concentraciones de quistes relativamente altas, sin embargo los registros indican que la forma vegetativa es rara y hasta ahora no ha sido registrada la condición de floración. La información reciente muestra que esta microalga, no es un colonizador reciente en el mar interior de Chiloé, dado que los estudios en columnas sedimentarias han mostrado la presencia de quistes de esta especie, al menos desde inicios de 1900. Pero estos resultados nos están mostrando también que, muy probablemente, actualmente esté ocurriendo un proceso de recolonización de sur a norte desde la Región de Magallanes hacia la Región de Los Lagos, tal como ha sido señalado por Varela *et al.* (2012). De acuerdo a la información reciente, si bien *A. catenella* está presente en el extremo sur de Chiloé todos los años, preferentemente durante primavera verano y otoño, los antecedentes disponibles sugieren a diferencia de lo que se observa en las regiones de Aysén y Magallanes, que en el mar interior de Chiloé, las floraciones de *A. catenella* no muestran una frecuencia anual, pero cuando ocurren el lapso con mayores probabilidades que la floración ocurra es la primavera media y verano (diciembre a marzo).

4.1.1. Análisis de abundancia relativa y temperatura del agua de mar en la Región de Los Lagos (período 2006 - 2012)

Para el lapso que se analiza (mayo 2006 – enero 2012) los resultados sobre abundancia relativa (AR) para *A. catenella* muestran que mayoritariamente las estimaciones están en los tres primeros niveles de la escala de AR, pero que además existen diferencias interanuales, con períodos en que esta especie es más abundante (e.g. diciembre de 2006, marzo de 2009), independientemente de las variaciones que se registren a lo largo de un período anual, con AR más altas durante los meses de primavera, verano y otoño, aunque también puede estar presente durante los meses de invierno. Durante el lapso que se analiza, las AR variaron entre rara (nivel 1) hasta hiper abundante (nivel 7), en tanto que las temperaturas promedio integradas entre superficie y los 20 m de profundidad, variaron entre 9,5 y 13,3 °C. Para “años sin floración” el rango de las estimaciones de abundancia relativa variaron entre raro (nivel 1) y regular (nivel 3) para los períodos 2007-2008, 2010-2011 y 2011-2012, siendo los dos primeros aquellos que presentaron las estimaciones más bajas de AR (entre raro y escaso), en tanto que en años con “floraciones” las estimaciones de AR variaron entre 1 y 7 (2006-2007) y entre 1 y 6 (2008-2009). Las mayores estimaciones de AR se registraron a temperaturas promedio entre 10 y 11 °C (Fig. 4).



En el período mayo 2006 – febrero 2007, los niveles de AR se presentaron entre 1 (raro) y 7 (hiper abundante) con temperaturas promedio entre 10,8 y 13 °C. Los primeros registros ocurrieron en el lapso noviembre – diciembre con estimadores de AR entre raro (1) y escaso (2), apreciándose para el lapso diciembre 2006 - enero 2007, una clara mayor amplitud de la AR (entre 1 y 7), además de una tendencia de disminución de los estimadores de AR con un incremento de la temperatura. Los mayores estimadores de AR se presentaron a fines de primavera e inicios de verano (diciembre – enero), estando virtualmente ausente en el resto del verano.

En el lapso octubre 2007- septiembre 2008 *A. catenella* fue observada de manera intermitente durante el año, con niveles muy bajos de AR (1 y 2, i.e. raro y escaso), a su vez las temperaturas en este período fueron más bajas en comparación con el período previo, encontrándose en el rango de temperaturas promedio de 9,8 a 11 °C. Es importante notar que a fines de verano y principios de otoño no se detectó la presencia de esta microalga.

La presencia de *A. catenella* entre diciembre 2008 y diciembre 2009 fue clara durante todas las estaciones del año iniciándose un incremento en otoño y extendiéndose hasta el verano siguiente, se observa una gran diferencia entre los niveles de abundancia relativa (desde nivel 1 hasta nivel 6, entre raro y extremadamente abundante) y en un rango de temperaturas desde los 9,6 a 12,9 °C. Estos resultados muestran que la mayor AR se encontró en octubre y noviembre (primavera) a 10°C.

Durante el lapso febrero 2010- diciembre 2011 estuvo presente con una AR entre rara (nivel 1) y escasa (nivel 2), durante todo el otoño como también en invierno y primavera. Mientras que en el verano se observó solo a inicios del mismo con los estimadores más altos de AR, en el nivel de escaso (2), llegando a nivel 2, con un rango de temperaturas entre 10,6 y 11,4 °C. No obstante *A. catenella* en este lapso estuvo presente con temperaturas entre 9,7 y 12,4 °C.

Finalmente en el período febrero 2011- enero 2012 estuvo presente en todas las estaciones del año con niveles de AR que variaron entre 1 (raro) y 3 (regular). El rango de temperatura promedio en que esta especie estuvo presente varió entre 9,5 y 13,3 °C. En verano se observó la mayor AR (nivel 3, regular) con temperaturas promedio entre 11,4 y 13,3 °C que fueron las más altas del período.

4.2. Distribución geográfica y temporal de abundancia relativa y quistes de resistencia de *Alexandrium catenella*

A continuación se presenta la abundancia relativa y abundancia de quistes de resistencia de *A. catenella* en la Región de Los Lagos. La información abarca entre marzo a mayo 2011 y diciembre a abril 2012 con un total de 11 campañas para el análisis de la forma vegetativa y 6 campañas para la forma bentónica.



4.2.1. Abundancia relativa de *Alexandrium catenella*

Los resultados se presentan en la **tabla 3**. Durante el período que se informa, estuvo presente en siete (39% de los puntos de muestreo establecidos) estaciones distribuidas principalmente desde Matao (L11N3) al sur este de la Isla, alcanzando estimaciones de abundancia relativa de raro (nivel 1; 50%) y escaso (nivel 2; 50%). La presencia de *A. catenella* fue detectada en 14 (7% éxito) de las 198 oportunidades de encuentro (estaciones-cruceros) en todo el período de muestreo lo cual demuestra la escasa presencia de la microalga en aguas de la región. Fue más importante en el sector de Quellón-Queilén al presentar una mayor cobertura espacial (Compu 2, L15N1; E. Huildad, L16N2; Yaldad, L18 y San Antonio, L18N2), persistencia temporal y alcanzar los mayores niveles (nivel 2) de estimaciones de abundancia relativa del estudio. Hubo cuatro sitios en que fue registrada en una oportunidad, que de norte a sur corresponden con los sitios de Matao (L11N3), B. Yal (L12N1), I. Lemuy (L12 N3) y Yaldad (L18). Los sitios en que la microalga siempre estuvo ausente fueron Yates (L02), Pocolhuén (L02N4), Ilque (L04N2), Chayahué (L04N3), Chinquihue (L04N5), Calbuco 2 (L04N6), I. Quinchao (L11N1), Rilán (L11N2), I. Chelín (L11N4), Chonchi (L12N2) y E. Compu 1 (L15) representando el 61% del total de sitios establecidos en el área de estudio.

Estuvo ausente en los dos primeros muestreos de marzo y abril y en los de diciembre y enero (cruceros 5 y 6). En el último crucero de abril-mayo 2012 tampoco se registró, por tanto estuvo presente desde fines de abril a inicios de junio (27 abril-3 junio) y de fines de enero hasta mediados de abril (21 enero - 12 abril 2012), aunque con presencia más bien restringida a los sitios ubicados en las cercanías de la costa este y sur de la Isla de Chiloé. En los sitios en que estuvo presente, alcanzó la estimación más alta (nivel 2, escaso) en B. Yal (L12N1), E. Huildad (L16N2), Yaldad (L18) y San Antonio (L18N2). Mientras que durante todo el estudio alcanzó sólo en nivel 1 (raro) en Matao (L11N3), I. Lemuy (L12 N3) y E. Compu 2 (L15N1).

4.2.2 Abundancia de quistes de resistencia de *A. catenella* en sedimentos

Luego de la prospección de quistes realizada en los dos primeros cruceros (cruceros 1 y 3), como también en una tercera oportunidad para estos fines (crucero 5), se apreció que en las localidades estudiadas la presencia de quistes de resistencia estuvo ausente, a excepción de la estación San Antonio (L18N2) en el área Queilén-Quellón presentando muestras positivas durante todo el período de estudio. A pesar de la especial atención que se le otorgó a las localidades Chinquihue, Bahía Ilque, Chonchi y Quellón, correspondientes a centros de acopio de peces trasladados por wellboats, sólo fue posible registrar los quistes de la microalga en el sector de San Antonio, en Quellón.

Las abundancias máximas fueron alcanzadas en el tercer crucero (abril - mayo 2011) con densidades de 17 quistes mL⁻¹ de sedimento húmedo (**Tabla 4**), mientras que las abundancias promedio para el resto de los cruceros fue de 5 quistes mL⁻¹ de sedimento húmedo. En el crucero 11 (abril - mayo 2012) sólo tres de diez muestras recolectadas en San Antonio (L18N2) presentaron quistes de la microalga obteniendo un promedio de 5 quistes mL⁻¹ de sedimento húmedo de las muestras positivas.



Las estaciones de muestreo presentaron una marcada diferencia en los tipos de sedimentos, siendo m1s oscuros y con mayor presencia de sedimentos finos (limos y arcillas) los pertenecientes al 1rea sur y sur este de la Isla de Chilo3, en Quell3n, y con una coloraci3n m1s clara, seguramente por los r1os presentes en el 1rea, y con sedimentos m1s gruesos en el sector del Seno de Reloncav1. Los encontrados en las estaciones del 1rea de centro (Bah1a Yal – Chilo3 centro) presentaron sedimentos m1s gruesos que los de Quell3n, sin embargo en sectores m1s protegidos los sedimentos presentaban tonalidades oscuras y sedimentos finos.



5. DISCUSIÓN

5.1. Aspectos generales

El sector geográfico que se aborda en este estudio corresponde a la Región de Los Lagos, vale decir los fiordos y canales entre Cochamó, en el estero de Reloncaví en el sector septentrional de los canales de la Región de Los Lagos hasta el paralelo 43° 22' (i.e. límite norte del área plaga FAN de *A. catenella*) y considera 18 sitios fijos de muestreo que no corresponden, con excepción de Calbuco, con los sitios establecidos en los estudios "Manejo y Monitoreo de las mareas rojas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, V Etapa" y "Monitoreo complementario de las mareas rojas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, 2011" (Fig. 1, Tabla 1).

Los resultados obtenidos, considerando tanto la fase vegetativa como los quistes de resistencia, entregan perspectivas diferentes según se analicen las estimaciones de abundancia relativa de *Alexandrium catenella* en el área de estudio, la presencia y abundancia de los quistes de esta microalga en el mismo sector, y los resultados logrados del análisis bibliográfico acerca de la presencia de esta especie en tiempos recientes, en el mar interior de Chiloé. Esta información constituye la mejor fuente de información para que la autoridad adopte medidas vinculadas con las plagas hidrobiológicas y pueda evaluar la pertinencia de modificar el Área FAN de *A. catenella*.

Durante el período en que se realizó el muestreo, se aprecia que del total de los sitios considerados, un poco más de un cuarto de ellos (27,8%) presentaron entre una y cinco oportunidades a la forma vegetativa de esta especie, aunque hubo una proporción importante de sitios que presentaron a esta microalga en sólo una ocasión durante el período de muestreo. Pero si se considera la matriz de oportunidades en que se realizaron muestreos en el área de estudio, sólo un 7% de las veces se detectó a la fase móvil, la que además nunca estuvo con una abundancia relativa superior a escasa (nivel 2). Ocurre además que de las 14 ocasiones en que fue detectada esta especie, un 50% lo hizo como rara (nivel 1) y el 50% restante como escasa (nivel 2), registros que además ocurrieron en otoño en los meses de abril-junio, y verano en los meses de enero-marzo, mostrando que el lapso en el cual esta especie presenta una mayor probabilidad de ocurrencia está entre enero y junio de cada año, esto es, verano y otoño. Sin embargo, se debe tener presente que el estudio se efectuó durante un año, que puede ser calificado como "año sin floración", si se contrastan los resultados obtenidos para esta especie con aquellos logrados en el monitoreo efectuado los años 2007-2008, 2010-2011 y 2011-2012, en que las estimaciones de abundancia relativa fueron comparables. En cambio en los lapsos 2006-2007 y 2008-2009, se aprecian estimaciones claramente mayores, esto es, "año de floraciones". Consecuentemente se puede sugerir que durante "años sin floraciones" la presencia de esta especie estaría acotada al lapso indicado y que lo haría con estimadores de abundancia relativa que no sobrepasarían el nivel de regular (nivel 3). Por otro lado, no obstante que el estudio no incluyó sitios de muestreo en la costa de Palena, la presencia de esta microalga estuvo entre Matao y Estero Yaldad, en la costa este de la Isla Grande de Chiloé, lo cual es concordante con los registros disponibles para esta especie, particularmente de los monitoreos efectuados entre



mayo de 2006 y enero de 2012, que muestran que las probabilidades más altas de detectar la fase móvil de esta especie están en este sector, no obstante que es factible detectar a la forma vegetativa en la costa de la provincia de Palena (e.g. Palvitad, Pumalín), pero siempre en los dos niveles más bajos de la escala de abundancia relativa, incluso en “años de floración”.

La presencia de quistes de resistencia de *A. catenella* en este estudio (San Antonio; L18N2) coincide con la reportada en diversos trabajos sobre quistes de dinoflagelados nocivos registrados en sedimentos de la Región de Los Lagos (Salgado 2004, 2011; Seguel *et al.* 2006; Vidal *et al.* 2006). Sin embargo, las bajas abundancias difieren a lo presentado por Salgado (2011) y Vidal *et al.* (2006) para el sector de San Antonio (L18N2), quienes encontraron en esta área las más altas abundancias del sur de Chile (Salgado 2011). La presencia de los quistes en el sur este de la Isla de Chiloé coincide, además, con la distribución de las células vegetativas del evento tóxico ocurrido en el año 2002, el que alcanzó en marzo su límite norte en el paralelo 42°10' S (Molinet *et al.* 2003), y con el primer registro de la especie en aguas de la región en el sector Isla Cailín, al sur este de la Isla (Lembeye *et al.* 1998) pudiendo ser ésta, el área de inicio de las floraciones ocurridas en 2002, 2006 y 2009. Salgado (2011) menciona, también, el área de Quellón como un lugar con alta presencia de quistes de *A. catenella* en sedimentos profundos (hasta 40 cm) indicando, probablemente, que el área presenta características oceanográficas que son favorables para la retención de partículas finas, entre ellos los quistes de dinoflagelados, confiriéndole una importancia especial a este sector desde el punto de vista de acciones de monitoreo debido a la colonización de *A. catenella*. Por lo tanto, la constante presencia de la microalga en aguas al sur de la Isla de Chiloé durante períodos de primavera, verano y otoño, tal como se informó en los estudios de monitoreo (Guzmán *et al.*, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012), podría ser una consecuencia de reiterados procesos de enquistamiento y germinación celular en períodos cuando las condiciones ambientales son favorables para la especie, sin embargo más estudios e información se necesita para poder correlacionar la presencia de la forma vegetativa con la fase bentónica. Los resultados muestran que luego de floraciones la proporción de quistes en los sedimentos incrementa sustancialmente, pero no se dispone de evidencias que sustenten que estos lechos de quistes den cuenta de las floraciones que se han detectado en tiempos recientes. Consecuentemente, no se dispone de evidencias suficientes para refutar la hipótesis de trabajo que *A. catenella* en el mar interior de Chiloé, al norte del límite septentrional del área Plaga FAN, que no existe una relación entre la existencia de lechos de quistes de resistencia y la ocurrencia de floraciones de esta microalga.

Si bien en el sector de San Antonio (L18N2) existe un centro de acopio de peces trasladados por wellboats desde la Región de Aysén, no podemos inferir que la presencia de los quistes en los sedimentos de Quellón es por esta vía, debido a que en otros sectores del mar interior de Chiloé utilizados como centros de acopio, tales como, Chayahue, Chinquihue, Calbuco y Chonchi no fue detectada la forma bentónica de *A. catenella*. Consecuente con esto, Salgado (2011) informa también la ausencia de los quistes de *A. catenella* en columnas sedimentarias de los sectores de Huenquillahue e Ilque en el área del Seno de Reloncaví, confirmando así, la ausencia de la forma bentónica. No obstante, Robles *et al.* (2003) registran la presencia de células vegetativas en estanques de wellboats durante el traslado de peces desde la Región de Aysén hacia Quellón en



Los Lagos. Ello ha sido confirmado por Pizarro *et al.* (2012) además de detectar quistes en los estanques, aunque ahora los wellboats disponen de tecnología para desnaturalizar tanto la forma móvil como el quiste de resistencia de este dinoflagelado.

Los resultados del análisis bibliográfico permiten constatar que la presencia de la forma vegetativa de este dinoflagelado, no obstante que durante los últimos 10-15 años han incrementado los estudios en el mar interior de Chiloé, es relativamente reciente, a partir del registro de Lembeye *et al.* (1998) en Isla Cailín, en las cercanías de Quellón. Con posterioridad a este registro, han ocurrido tres floraciones importantes los años 2002, 2006 y 2009, además del registro constante como rara o escasa de esta microalga, particularmente en el sector sur y sur este de la Isla de Chiloé. Asimismo el registro de Lembeye *et al.* (1998) muestra la presencia de esta microalga con una clara tendencia de detección de sur a norte, luego de los registros de esta especie en Magallanes en 1972 (Guzmán y Campodonico, 1975) y Aysén en 1992 (Muñoz *et al.*, 1992). Incluso esta tendencia ha motivado la presentación de la hipótesis de recolonización de este espacio de los ecosistemas de fiordos y canales (Varela *et al.*, 2012). Sin embargo, estos resultados contrastan con aquellos logrados para el mar interior de Chiloé, puesto que los quistes de resistencia, se han podido datar en la columna sedimentaria desde 1930 en adelante, e incluso desde los inicios de 1900 (Salgado 2004, 2011), no obstante que al parecer en tiempos recientes no ha habido floraciones que impacten las actividades productivas y causen trastornos sobre la salud pública, con las excepciones señaladas en los años 2002, 2006 y 2009.

5.2. Evaluación de modificación de área plaga FAN

Los resultados del trabajo de terreno y particularmente lo que muestra la revisión bibliográfica, durante los últimos 10 años se aprecian períodos de “años con floraciones” de *A. catenella* y períodos con “años sin floraciones”. Los años sin floraciones estarían caracterizados por presencia mas bien ocasional de la forma vegetativa de esta microalga con estimaciones entre raro y regular (niveles entre 1 y 3), si bien los más frecuentes serían las presencias de rara y escasa (niveles 1 y 2). En cambio en los “años de floraciones” se aprecia claramente una mayor frecuencia espacial y un incremento de la abundancia relativa, con niveles hasta de abundante e hiper abundante (niveles 4 a 7).

El estudio se realizó durante un “año sin floración” en que la distribución geográfica de la microalga fue restringida y los estimadores de abundancia relativa no superaron un nivel de 2 (escaso) y la presencia de la microalga ocurrió entre enero y junio (verano y otoño). Cabe tener presente que durante “años con floración” es factible incluso encontrar incrementos de la abundancia durante invierno (agosto) como ocurrió durante 2009 (Guzmán *et al.*, 2010), pero ello debe ser considerado como una excepción. Los años de floraciones corresponden a 2002, 2006 y 2009 (Molinet *et al.*, 2003; Guzmán *et al.*, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012).

A base de la información disponible, no es posible distinguir ninguna configuración temporal (de baja frecuencia) (“temporal pattern”) en cuanto a la aparición de estas floraciones, si bien los períodos en



que ocurren dentro de un ciclo anual, son fines de primavera, verano y otoño (Guzmán *et al.* 2010). Se excluye lo registrado para agosto de 2009, pues se considera una situación de excepción. Por otro lado, es importante tener presente que no se dispone de series de tiempo que permitan un análisis concluyente sobre el particular, para lo cual se requiere un lapso mínimo de 15 años de información continua, a lo menos con registros mensuales y en una matriz de sitios de muestreo representativa. En la medida que no se conozcan cuales son los factores que gatillan y mantienen estas floraciones, no es posible entregar una hipótesis respecto de cuando podrían producirse floraciones de esta microalga. Sin embargo, pareciera que las floraciones que han ocurrido durante la última década en la región de Los Lagos, se originarían por fenómenos de gran cobertura espacial, cuyo origen podría estar en la región de Aysén y por los patrones de circulación oceanográfica y procesos de transporte alcanzar el sur de Chiloé (véase Guzmán *et al.*, 2010 para un análisis sobre el particular).

En cambio, si bien tampoco hay antecedentes concluyentes en cuanto a los factores causales que regulan la distribución espacial de *A. catenella*, durante los años en que ocurren floraciones, e incluso durante los “años sin floración”, es evidente de los datos disponibles, que el sector geográfico que presenta las mayores probabilidades de mostrar floraciones o al menos la presencia de *A. catenella*, es el sector sur de la Isla Grande de Chiloé (e.g. I. Guapiquilán, B. Asasao), y también, aunque en menor grado, la costa sur este de Chiloé desde isla Acui hacia el sur. Los datos muestran que *A. catenella* puede ser encontrada en la costa de Palena y al norte de Canal Dalcahue, incluso hasta Calbuco, pero ello sólo ocurre en “años de floraciones”, en que la abundancia de esta microalga en el sector que presenta mayores probabilidades de ser registrada (i.e. sur y este de Chiloé) es claramente superior a lo registrado durante años normales, llegando incluso a estimaciones de hiper abundante (nivel 7). En estos lapsos, la abundancia relativa supera claramente un nivel de dos (escaso) (véase Fig. 4).

Por otro lado, para el mar de Chiloé que considera todo el sector en que se realizó el estudio, se pueden establecer de manera natural tres sub-cuencas, el Seno de Reloncaví y el estuario del mismo nombre, el Golfo de Ancud y el Golfo Corcovado. Las condiciones oceanográficas del mar interior de Chiloé, muestran a través de un modelo 3D forzado con mareas, viento y fuentes de agua dulce, que en aquellos sectores donde las mareas son el principal forzante, sector más cercano a la Isla de Chiloé, que se aprecia una muy estrecha correlación entre los patrones de circulación y lo predicho por el modelo de Pinilla (2011) (Fig. 6), que para el área sur y sur este de la Isla, los patrones de circulación favorecerían la distribución que se ha observado de *A. catenella*, lo cual debería ser más evidente en “años con floración”. Ello a su vez permitiría explicar la existencia de fenómenos de sedimentación en todas aquellas bahías, ensenadas y caletas del sector sur este de la Isla (e.g. Yaldad, Quellón, Compu, entre otros), que explicarían la presencia de quistes de dinoflagelados.



Sólo el extremo sur de Chiloé queda incluido dentro del área FAN para *A. catenella*, cuyo límite septentrional ha sido establecido en 43° 22' S (véase **Fig. 1**). Para la definición de un área plaga o área de riesgo de plaga, se deben considerar dos variables, la frecuencia de ocurrencia espacial y el nivel de la abundancia relativa de la microalga nociva. Consecuentemente para definir un **área plaga FAN** (R. Ex. N° 205/2011) deben concurrir que más de un 50% de las estaciones de muestreo presenten a la microalga y que la abundancia relativa sea ≥ 3 ; en tanto que para un **área de riesgo de plaga** (R. Ex. N° 205/2011), deben concurrir que menos del 50% de las estaciones de muestreo presenten *A. catenella* y que la abundancia relativa sea ≤ 2 .

Asimismo, reforzando lo aseverado previamente, se ha señalado en un estudio reciente (Díaz *et al.*, 2010) que para la Región de Los Lagos sólo el área de Chiloé Sur ha presentado una cobertura $\geq 50\%$ de estaciones con presencia de *A. catenella*, y con una abundancia relativa promedio para el área > 2 , especialmente en los cruceros realizados en "años de floraciones" del 6 de diciembre de 2006 al 8 de enero de 2007; 11 marzo al 2 abril de 2009, y 21 de julio al 27 agosto 2009, esta última excepcionalmente ocurrida en período de invierno.

En el caso del área estudiada en esta oportunidad, si se consideran los 18 sitios de muestreo para definir los estimadores de las variables señaladas, dada la distribución espacial diferencial mostrada por la microalga, y que es concordante con lo observado desde 2002 en adelante para el mar interior de Chiloé, además de los niveles de abundancia relativa, se obtienen valores subestimados para la frecuencia de ocurrencia y nivel de abundancia relativa, debido a la inclusión de un conjunto importante de sitios y oportunidades de muestreo con ausencia de la microalga. Estas estimaciones serían para el período estudiado de 7,07% para la frecuencia de ocurrencia y 0,11 para la abundancia relativa promedio. Estos valores incrementan si para la frecuencia de ocurrencia sólo se consideran los meses en que ocurre la especie, vale decir entre enero y junio y para estimar la abundancia relativa sólo son considerados los sitios de muestreo seleccionados entre Matao y San Antonio, que corresponde al sector en que la microalga estuvo presente (véase **Tabla 3**). En este caso la frecuencia de ocurrencia fue de 12,73% y la abundancia relativa promedio de 0,19. Estos valores reflejan que el estudio se desarrolló en un período calificable como "año sin floración", y además según los criterios incorporados en los cuerpos legales y reglamentarios relativos a las plagas hidrobiológicas, no se cumplen las condiciones que permitan declarar al área como plaga. Los resultados de abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia son bastante distantes de los valores establecidos en la Resolución Exenta 205 del 21 de enero de 2011.

Aún más, dados los resultados del estudio de campo y los antecedentes de la revisión bibliográfica, para el sector sur y sur este de Chiloé, que corresponde a un espacio geográfico que muestra una mayor probabilidad de presentar a la microalga, en años con y sin floración, determinan que la definición de la categoría de área de plaga para este último sector, no puede ser definida usando la información de todos los sitios de muestreo establecidos en el mar interior de Chiloé, dado que se originan subestimaciones debido a la escasa o nula ocurrencia de la microalga en los sectores más septentrionales del área de estudio.



Surge por tanto la necesidad de delimitar un sector sobre la base de criterios objetivos que permitan identificar el sector geográfico en el que se dan las condiciones para evaluar los factores que definen la ocurrencia de un área plaga. En el caso particular del mar interior de Chiloé, desde las Islas Desertores hacia el norte, incluyendo el Golfo de Ancud, Seno de Reloncaví y el estuario del mismo nombre y el Canal de Chacao por el oeste, representan un amplio sector geográfico que no debería ser considerado en las estimaciones de la frecuencia de ocurrencia y abundancia relativa promedio. Sólo durante la floración de 2002 *A. catenella* fue registrada hasta Canal Dalcahue (Molinet *et al.*, 2003) y en la floración de 2009, de manera ocasional tan al norte como Calbuco (Guzmán *et al.*, 2010). Los antecedentes también muestran que la costa de Chiloé continental desde Contao hasta Tic Toc, también representan un sector en que la ocurrencia de la microalga es ocasional y cuando lo hace se presenta en un nivel de rara (nivel 1), por lo que todo este sector tampoco debería ser considerado en la definición de un área plaga pero tampoco corresponde a un área libre de plaga.

Por tanto, queda naturalmente un sector del sur este de la Isla Grande Chiloé (Queilen – Quellón) cuyo límite norte puede ser establecido por la Isla Acui, que actúa de barrera natural, ya que la circulación oceánica muestra un patrón cercano a la costa según fuera señalado previamente (Pinilla 2011) (**Fig. 6**). Los monitoreos durante los años con floración 2006-2007 y 2008-2009, muestran que Isla Acui efectivamente actúa como una barrera, sin que ello signifique que en determinadas situaciones la distribución de la microalga no pueda extenderse al norte de esta isla, pero el sector por definir debería incluir el Estero Compu por el oeste. En este estudio, además de los dos sitios de muestreo establecidos en E. Compu, sólo hubo otros tres sitios de muestreo establecidos al sur de Isla Acui, Estero Huidad, San Antonio y Estero Yaldad, por lo que no es recomendable estimar la frecuencia de ocurrencia y abundancia relativa promedio para definir la categoría del sector, sobre la base de un número tan reducido de sitios de muestreo (i.e. sólo 5 sitios).

Por lo tanto, con la finalidad de incorporar un número significativo de sitios para disponer de una base de datos que permita calificar la categoría del sector sur este de Chiloé, se sugiere incluir los 21 sitios de muestreo que están considerados en los monitoreos regulares de la Subsecretaría de Pesca y del Ministerio de Salud que incluyen sitios de muestreo, para esta situación particular, desde Isla Acui (L16) hacia el sur hasta las cercanías de Isla Guafo (L25N2) y por el este considera sitios en el Golfo de Corcovado (L19N4; L19N3) y hacia el norte Isla Tranqui (L17N2) (**Tabla 5**). De estos 21 sitios, un total de 11 quedan ubicados al sur del límite norte del área plaga FAN, por tanto están en el sector septentrional del área plaga FAN, pero además quedan 10 sitios establecidos al norte de este límite, los que unidos a los 5 sitios establecidos en este estudio (Estero Compu (dos sitios), Estero Huidad, San Antonio, Estero Yaldad) permiten disponer de 15 sitios de muestreo para contar con una base de datos para definir la categoría de este sector (**Fig. 5**). Consecuentemente es posible definir un área demarcada por la costa este de la Isla Grande de Chiloé desde el punto geográfico que intersecta con el límite norte del área plaga FAN hasta la costa norte de Estero Compu, la cual es intersectada por la proyección de una línea imaginaria que une los centroides de Isla Acui (L16) e Isla Tranqui (L17N2); a partir de este punto (L17N2) se traza una línea imaginaria hasta el centroide de Golfo Corcovado (L19N3), cuya proyección contacta finalmente con el límite norte del área plaga FAN. Para este sector, dada su potencialidad, se sugiere sobre la base de los



antecedentes disponibles vigilar atentamente las variables que definen un área de plaga (abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia) manteniendo en esta categoría el sector sur de la Isla Grande de Chiloé al sur del límite septentrional que define al área plaga FAN en la Resolución Exenta N° 205 del 21 de enero de 2011 (Fig. 5).

Finalmente es importante enfatizar, que independientemente de las categorizaciones que se apliquen al litoral del sector adyacente al límite norte de la actual área de plaga FAN de *A. catenella*, dado que el sector es relevante para las actividades de pesca y acuicultura, el transporte de recursos hidrobiológicos y medios utilizados en estas actividades, requieren ser fiscalizados con una mayor consideración según los resultados recientes presentados por Pizarro *et al.* (2012), en que se muestra que los quistes de *A. catenella*, pueden adherirse a una variedad de mariscos filtradores (concha, biso, branquias, manto, contenido digestivo) y estructuras inertes que se usan para la pesca o la acuicultura.



6. CONCLUSIONES

1. Los resultados indican que el estudio se efectu3 durante un per3odo que puede ser calificado como un "a3o sin floraci3n" al comparar los estimadores de abundancia relativa obtenidos en los monitoreos efectuados los a3os 2007-2008, 2010-2011 y 2011-2012 desarrollados por el Programa de Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas en las regiones de Los Lagos Ays3n y Magallanes.
2. Durante los 3ltimos 10 a3os se han apreciado per3odos con floraci3n y sin floraci3n de *A. catenella*, siendo las floraciones de 2002, 2006 y 2009 los eventos m3s significativos registrados hasta ahora. Estos eventos determinan un incremento en la abundancia de los quistes de resistencia.
3. A base de la informaci3n recopilada, junto con los resultados del estudio, no es posible distinguir ninguna configuraci3n temporal en cuanto a la frecuencia de aparici3n de las floraciones de *A. catenella* en la regi3n de los Lagos.
4. Los datos disponibles muestran que las probabilidades de detecci3n de esta microalga son m3s altas entre la primavera tard3a y el oto3o, y en invierno tiende a estar ausente.
5. De acuerdo a los monitoreos efectuados los a3os 2007-2008, 2010-2011 y 2011-2012 desarrollados por el Programa de Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas, las mayores estimaciones de abundancia relativa de *A. catenella* en el mar interior de Chilo3 se registran cuando las temperaturas promedian entre 10 y 11 3C.
6. Tanto los resultados obtenidos con este estudio, como aquellos recopilados de la informaci3n disponible, muestran que el sector sur y sureste de la Isla Grande de Chilo3 es el que presenta mayores probabilidades de detectar la forma vegetativa de *A. catenella* y consecuentemente las floraciones de esta microalga se inician en dicho sector geogr3fico, particularmente en el sector sur de la isla.
7. Los resultados muestran un incremento aparente en los 3ltimos 10 a3os en la frecuencia de floraciones de *A. catenella* en el sur y este de la Isla Grande de Chilo3, pero 3stos no son concordantes con la detecci3n de quistes de resistencia, cuya presencia puede retrotraerse hasta inicios de 1900 para la misma 3rea.
8. La presencia de quistes de *A. catenella* se restringi3 exclusivamente al sector de San Antonio, Quell3n, donde se presenta un centro de acopio de peces trasladados por wellboats. Sin embargo, no podemos inferir que la presencia de los quistes en estos sedimentos sea por esta v3a, debido a que en otros sectores del mar interior de Chilo3



utilizados como centros de acopio, tales como, Chayahue, Chiquihue, Calbuco y Chonchi no fue detectada la forma bentónica de *A. catenella*.

9. La costa continental del mar interior de Chiloé desde Contao hasta Tic Toc representa un sector en que la ocurrencia de la microalga es ocasional, por lo cual no se debe considerar como área plaga.
10. Se sugiere vigilar atentamente (abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia) el sector comprendido desde Isla Acui, incluyendo el Estero Compu hasta Isla Tranqui por el norte, la costa este de la isla de Chiloé desde E. Compu hasta el límite norte del área de plaga FAN de *A. catenella* y hacia el este entre Isla Tranqui hasta el sitio de Golfo Corcovado (L19N3), dada su potencialidad para ser definido como área de plaga, manteniendo en esta categoría el sector sur (límite norte área FAN 43°22' S) de la Isla Grande de Chiloé.



7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albornoz, A., A. Sfeir & M. Seguel. 2005. Distribución espacial y temporal de la abundancia de quistes de *Alexandrium catenella* en sedimentos de la región sur-austral de Chile. "Exposiciones Póster" XXV Congreso de Ciencias del Mar.
- Arriagada, G., M. Córdoba, B. Suárez, A. Aguilera, C. Fuentes, A. Clément & S. Urcelay. 2003. Dinámica de un brote de Veneno Paralizante de los Mariscos (VPM) en el sur del Archipiélago de Chiloé, X región, Chile. Proceedings of the 10th International Symposium on Veterinary Epidemiology and Economics.
- Avaria, S. 1970. Fitoplancton de la expedición del "Doña Berta" en la zona Puerto Montt-Aysén. Revista Biología Marina, volumen 14 (2): 1-17.
- Avaria, S. 2006. Fitoplancton de canales y fiordos 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. 89-92.
- Avaria, S., D. Cassis, P. Muñoz, P. Vera. 1997. Distribución del microfitoplancton marino en aguas interiores del sur de Chile en Octubre de 1995 (Crucero CIMAR-FIORDO 1). Revista Ciencia y Tecnología del Mar, volumen 20: 107-123.
- Balech, E. 1995. The genus *Alexandrium* Halim (Dinoflagellata), Sherkin Island Marine Station, Special Publication. Cork. Ireland. 151 pp.
- Clément, A., Aguilera, A. & Fuentes, C. 2002. Análisis de Marea Roja en Archipiélago de Chiloé, Contingencia 2002. Resúmenes XXII Jornadas de Ciencias del Mar, p. 126.
- Díaz, L., L. Guzmán, X. Vivanco, V. Arenas, G. Aroca & N. Pesse. 2010. Establecimiento de criterios y diseño metodológico a utilizar para la declaración de áreas (plaga (FAN), riesgo, libre) y su aplicación teórica. Informe Final FIP N°2008-32 Fondo de Investigación Pesquera, 521 pp.
- Fernández, P., P. Leal, C. Alves de Souza, G. Pizarro & D. Varela. 2005. Distribución y abundancia de quistes modernos de dinoflagelados en aguas interiores de la zona sur-austral de Chile (43°08' S y 54°55' S) con énfasis en *Alexandrium catenella* (Whedon & Kofoid) Balech. "Exposiciones Póster" XXV Congreso de Ciencias del Mar.
- Guzmán, L. e I. Campodonico. 1975. Marea Roja en la Región de Magallanes. Publ. Inst. Pat. Ser. Monogr. Punta Arenas (Chile) 9 : 44p.



- Guzmán, L., I. Campodonico, & J. Hermosilla. 1975. Estudios sobre un florecimiento tóxico causado por *Gonyaulax catenella* en Magallanes. I. Distribución espacial y temporal de *G. catenella*. Anales del Instituto de la Patagonia. Punta Arenas (Chile) 6, 173–183
- Guzmán, L., G. Vidal, X. Vivanco, M. Palma, C. Espinoza, P. Mejías, R. Ulloa, L. Iriarte, V. Arenas, S. Mercado, Elías Fernández-Niño, J. Monsalve, C. Alarcón, P. Salgado, N. Butorovic, P. Hinojosa y C. Zamora. 2007. Manejo y Monitoreo de las mareas rojas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Etapa I 2006-2007. Informe Final. 141 p. + Figuras + Tablas + Anexos. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción- Subsecretaría de Pesca.
- Guzmán, L., G. Vidal, X. Vivanco, V. Arenas, L. Iriarte, S. Mercado, C. Alarcón, H. Pacheco, M. Palma, C. Espinoza, P. Mejías, E. Fernández-Niño, J. Monsalve, G. Pizarro, P. Hinojosa, C. Zamora, P. Zamora & N. Pesse. 2009. Manejo y Monitoreo de las mareas rojas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Etapa II 2007-2008. Informe Final. 187p. + Figuras + Tablas + Anexos. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción-Subsecretaría de Pesca.
- Guzmán, L., G. Vidal, X. Vivanco, V. Arenas, L. Iriarte, S. Mercado, C. Alarcón, H. Pacheco, M. Palma, C. Espinoza, P. Mejías, E. Fernández-Niño, J. Monsalve, G. Pizarro, P. Hinojosa & C. Zamora. 2010. Manejo y Monitoreo de las mareas rojas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Etapa III 2008-2009. Informe Final. 205p. + Figuras + Tablas + Anexos. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción- Subsecretaría de Pesca.
- Guzmán, L., G. Vidal, G. Pizarro, X. Vivanco, L. Iriarte C. Alarcón, V. Arenas, S. Mercado, , H. Pacheco, P. Mejías, P. Salgado, M. Palma, C. Espinoza, , E. Fernández-Niño, J. Monsalve, C. Zamora, & P. Hinojosa. 2011. Manejo y Monitoreo de las mareas rojas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. IV Etapa 2010. Informe Final. 205p. + Figuras + Tablas + Anexos. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción- Subsecretaría de Pesca.
- Guzmán, L., G. Vidal, G. Pizarro, X. Vivanco, L. Iriarte, C. Alarcón, V. Arenas, S. Mercado, H. Pacheco, P. Mejías, M. Palma, E. Fernández-Niño, J. Monsalve, C. Espinoza & C. Zamora. 2012. Manejo y monitoreo de las mareas rojas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Etapa V 2011-2012. Informe Final. 61 pp. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción- Subsecretaría de Pesca.
- Lembeye, G., C. Molinet, A. Sfeir, N. Marcos, A. Clément, & X. Rojas. 1997. Monitoreo de la marea roja en las aguas interiores de la X y XI regiones. Informe final FIP-IT/95-23 Fondo de Investigación Pesquera, 62 pág.
- Lembeye, G., N. Marcos, A. Sfeir, C. Molinet, F. Jara, A. Clément & X. Rojas. 1998. Seguimiento de la toxicidad en recursos pesqueros de importancia comercial en la X y XI región. Informe Final Proyecto FIP 97/49. 86 pp.



- Mardones, J., A. Clément, X. Rojas & C. Aparicio. 2010. *Alexandrium catenella* during 2009 in Chilean waters, and recent expansión to coastal ocean. The Intergovernmental Oceanographic Commssion of UNESCO, "Harmful Algae News", N°41.
- Matsuoka, K. & Y. Fukuyo. 2000. Technical Guide for Modern Dinoflagellate Cyst Study. WESTPAC-HAB/WESTPAC/IOC. 77 p.
- Molinet, C., A. Lafon, G. Lembeye, & C. Moreno. 2003. Patrones de distribución espacial y temporal de floraciones de *Alexandrium catenella* (Whedon & Kofoid) Balech 1985, en aguas interiores de la Patagonia noroccidental de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 76: 681-698
- Muñoz, P., S. Avaria, S. Hellmuth & S. Prado. 1992. Presencia de dinoflagelados tóxicos del género *Dinophysis* en el seno Aysén, Chile. Revista Biología Marina, volumen 27 (2): 187-212.
- Murillo., W., I. Figueroa, N. Paredes, R. González & M. Oyarzún. 2008. Programación y análisis de información biológica y oceanográfica obtenida a través del PSMB. Informe Final FIP N° 2006-36, 435 pág.
- Pinilla, E. 2011. Determinación de las condiciones oceanográficas en las áreas Seno de Reloncaví y mar interior de Chiloé. Informe Final. Convenio Asesoría Integral para la Toma de Decisiones en Pesca y Acuicultura. Instituto de Fomento Pesquero. Subsecretaría de Pesca. 124 p
- 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 Fondo de Investigación Pesquera, 152 pp.
- Pizarro, G., Pesse, N., Salgado, P., Alarcón, C., Garrido, C. & Guzmán, L. 2012. Determinación de la 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.
- Robles, R., S. Urcelay, J. Pinto, J. Herrera, G. Sotomayor, L. Stuardo, J. Cassigoli, P. Bertoni y G. Arriagada. 2003. Análisis de riesgos de la operación de viveros flotantes y barcos de transporte de peces vivos de salmónidos. Universidad de Chile, Informe final proyecto FIP 2002-23. 239 pp.
- Salgado, P. 2004. Registro histórico reciente de quistes de dinoflagelados productores de floraciones algales nocivas (FAN) en sedimentos marinos del sur de Chile, X región. Tesis de pregrado, Universidad de Concepción, 63 pág.



- Salgado, P. 2011. Distribución espacio-temporal de ensamblajes de quistes de dinoflagelados productores de floraciones algales nocivas (FANs) en sedimentos costeros del sur de Chile (región de Los Lagos) durante los últimos ~150 años. Tesis de Magister, Universidad de Concepción, 117 pág.
- Seguel, M. & A. Sfeir. 2003. Floraciones algales nocivas en el área sur de la X región y los canales occidentales de la XI región. Informes Preliminares, Crucero CIMAR 8 Fiordos. 173-180.
- Seguel, M. A. Sfeir & M. Gangas. 2006. Distribución de quistes de *Alexandrium catenella* y *Protoceratium reticulatum* (Dinoflagelados) en sedimentos provenientes de la región de Los Lagos (41° 25' – 43° 08' Lat. S). En Crucero CIMAR 11 Fiordos. Informes Preliminares. Comité Oceanográfico Nacional, pp. 51-57.
- Seguel, M., M.A. Tocornal & A. Sfeir. 2005. Floraciones Algales Nocivas en los Canales y Fiordos del sur de Chile. Revista Ciencia y Tecnología del mar, volumen 28 (2): 5-13.
- Silva, N. & S. Palma. 2006. Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos. Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 11-15.
- Suárez-Isla, B. & A. Clément. 2002. Proyecto FONDEF MR02I1004 "Investigación, Tecnologías de la Información y Capacitación Local para apoyar la Toma de Decisiones sanitarias en Mareas Rojas", Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Medicina y Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. 75 p. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT)-FONDEF
- Valenzuela, M. & S. Avaria. 2009. Distribución del Microfitoplancton marino entre el seno Reloncaví y Boca del Guafo en Invierno y Primavera de 2005 (Crucero Cimar Fiordos 11). Revista Ciencia y Tecnología del Mar, 32 (2):43-77.
- Varela, D., J. Paredes, C. Alves-de-Souza, M. Seguel, A. Sfeir y M. Frangópulos. 2012. Intraregional variation among *Alexandrium catenella* (Dinophyceae) strains from southern Chile: Morphological, toxicological and genetic diversity. Harmful Algae, vol 15, pp 8-18.
- Vidal, G., L. Díaz, M. Palma, C. Espinoza, J. Aros, M. Seguel, A. Sfeir, y L. Guzmán. 2006. Investigación y monitoreo de toxinas marinas y fitoplancton nocivo en la X Región. Informe Final Proyecto INNOVA. 63 p. + Figuras + Tablas + Anexos.
- Villarroel, O. 2004. Informe Final Programa de Vigilancia de la Marea Roja en Chile. Instituto de Salud Pública. 4 pág.

T A B L A S



Tabla 1.

Sitios de muestreo y su respectivo código en los distintos sectores del mar interior de Chiloé.

* sitios centros de acopio de peces trasladados por wellboats.

Nº sitio	Topónimo	Código	Sector	Latitud	Longitud
1	Bahía Yates	L02	Estuario y Seno Reloncaví	-41° 40' 42,6"	-72° 22' 29,6"
2	Pocoihuén	L02N4	Estuario y Seno Reloncaví	-41° 29' 21"	-72° 19' 47"
3	Bahía Ilque	L04N2	Estuario y Seno Reloncaví	-41° 37' 24,4"	-73° 4' 44,7"
4*	Chayahué	L04N3	Estuario y Seno Reloncaví	-41° 46' 25"	-73° 21' 59"
5*	Chinquihue	L04N5	Estuario y Seno Reloncaví	-41° 31' 28,7"	-73° 2' 26,3"
6*	Calbuco 2	L04N6	Estuario y Seno Reloncaví	-41° 47' 10,8"	-73° 11' 35,3"
7	Isla Quinchao	L11N1	Bahía Yal-Chiloé Centro	-42° 25' 10,1"	-73° 37' 43,5"
8	Rilán	L11N2	Bahía Yal-Chiloé Centro	-42° 28' 49,6"	-73° 40' 23,5"
9	Matao	L11N3	Bahía Yal-Chiloé Centro	-42° 33' 7,6"	-73° 26' 35,9"
10	Isla Chelín	L11N4	Bahía Yal-Chiloé Centro	-42° 33' 17"	-73° 29' 30,7"
11	Bahía Yal	L12N1	Bahía Yal-Chiloé Centro	-42° 34' 54,7"	-73° 45' 55"
12*	Chonchi	L12N2	Bahía Yal-Chiloé Centro	-42° 38' 49,1"	-73° 44' 20,9"
13	Isla Lemuy	L12N3	Bahía Yal-Chiloé Centro	-42° 39' 50,6"	-73° 34' 45,6"
14	Estero Compu 1	L15	Quellón-Queilén	-42° 51' 16,3"	-73° 43' 50,9"
15	Estero Compu 2	L15N1	Quellón-Queilén	-42° 53' 8,5"	-73° 39' 20,6"
16	Estero Huildad	L16N2	Quellón-Queilén	-43° 4' 20,2"	-73° 31' 20,2"
17	Estero Yaldad	L18	Quellón-Queilén	-43° 8' 3"	-73° 43' 3,4"
18*	San Antonio	L18N2	Quellón-Queilén	-43° 7' 13,6"	-73° 34' 45,9"



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

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



Tabla 3.
Abundancia relativa de *A. catenella* para estaciones de la Región de Los Lagos al norte del Área FAN

Estación	Código	Crucero 1	Crucero 2	Crucero 3	Crucero 4	Crucero 5	Crucero 6	Crucero 7	Crucero 8	Crucero 9	Crucero 10	Crucero 11
		7-13 mar 11	29 mar-9 abr 11	27 abr-11 may 11	28 may-3 jun 11	10-17 dic 11	4-12 ene 12	21 ene-08 feb 12	9-16 feb 12	8-16 mar 12	30 mar-12 abr 12	20 abr-07 may 12
Yates	L02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pocolhuén	L02N4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ilque	L04N2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chayahué	L04N3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chinquihue	L04N5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calbuco 2	L04N6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I. Quinchao	L11N1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rilán	L11N2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Matao	L11N3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
I. Chelín	L11N4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B. Yal	L12N1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Chonchi	L12N2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I. Lemuy	L12N3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
E. Compu	L15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E. Compu 2	L15 N1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
E. Huidad	L16N2	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0
Yaldad	L18	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
San Antonio	L18N2	0	0	0	1	0	0	2	2	2	2	0



Tabla 4.
Abundancia (quistes mL⁻¹ de sedimento húmedo) de quistes de resistencia *A. catenella* para estaciones de la Región de Los Lagos al norte del Área FAN

			Crucero 1	Crucero 3	Crucero 5	Crucero 7	Crucero 9	Crucero 11
			7-13 mar 11	27 abr-11 may 11	10-17 dic 11	21 ene-08 feb 12	8-16 mar 12	20 abr-07 may 12
Estación	Código							
Yates	L02		0	0	0	-	-	-
Pocoihuén	L02N4		0	0	0	-	-	-
Ilque	L04N2		0	0	0	-	-	-
Chayahué	L04N3		0	0	0	-	-	-
Chinquihue	L04N5		0	0	0	-	-	-
Calbuco 2	L04N6		0	0	0	-	-	-
I. Quinchao	L11N1		0	0	0	-	-	-
Rilán	L11N2		0	0	0	-	-	-
Matao	L11N3		0	0	0	-	-	-
I. Chelín	L11N4		0	0	0	-	-	-
B. Yal	L12N1		0	0	0	-	-	-
Chonchi	L12N2		0	0	0	-	-	-
I. Lemuy	L12N3		0	0	0	-	-	-
E. Compu	L15		0	0	0	-	-	-
E. Compu 2	L15 N1		0	0	0	-	-	-
E. Huildad	L16N2		0	0	0	-	-	-
Yaldad	L18		0	0	0	-	-	-
San Antonio	L18N2	A	6	6	4	3	0	0
San Antonio	L18N2	B	0	6	7	0	4	5
San Antonio	L18N2	C	7	17	0	0	3	0
San Antonio	L18N2	D	-	-	-	-	-	0
San Antonio	L18N2	E	-	-	-	-	-	3
San Antonio	L18N2	F	-	-	-	-	-	0
San Antonio	L18N2	G	-	-	-	-	-	0
San Antonio	L18N2	H	-	-	-	-	-	6
San Antonio	L18N2	I	-	-	-	-	-	0
San Antonio	L18N2	J	-	-	-	-	-	0



Tabla 5.

Localidades consideradas de los monitoreos SUBPESCA y MINSAL que se realizan en la Región de Los Lagos, para una categorización del sector sur y sur este de la Isla Grande de Chiloé, según las definiciones consideradas en el reglamento de plagas.

L16	Isla Acui	Chiloé Sur
L16N1	Isla Chaullín	Chiloé Sur
L17N2	Isla Tranqui	Chiloé Sur
L19	Pta. Chiguao	Chiloé Sur
L19N1	Yelcho	Chiloé Sur
L19N2	Canal Coldita	Chiloé Sur
L19N3	Golfo Corcovado	Corcovado
L19N4	Golfo Corcovado 2	Corcovado
L20	Isla Laitec	Chiloé Sur
L20N1	Banco Velahue	Chiloé Sur
L22	Bahía Asasao	Chiloé Sur
L22N1	Ensenada Quilanlar	Chiloé Sur
L22N2	Inio	Chiloé Sur
L22N3	Isla Redonda	Chiloé Sur
L23	Isla San Pedro	Chiloé Sur
L23N1	Canal Guamblad	Chiloé Sur
L23N2	Isla San Pedro 2	Chiloé Sur
L24	Isla Guapiquilán	Chiloé Sur
L24N1	Isla Guapiquilán 2	Chiloé Sur
L25N1	Boca Guafo	Corcovado
L25N2	Boca Guafo 2	Corcovado

FIGURAS

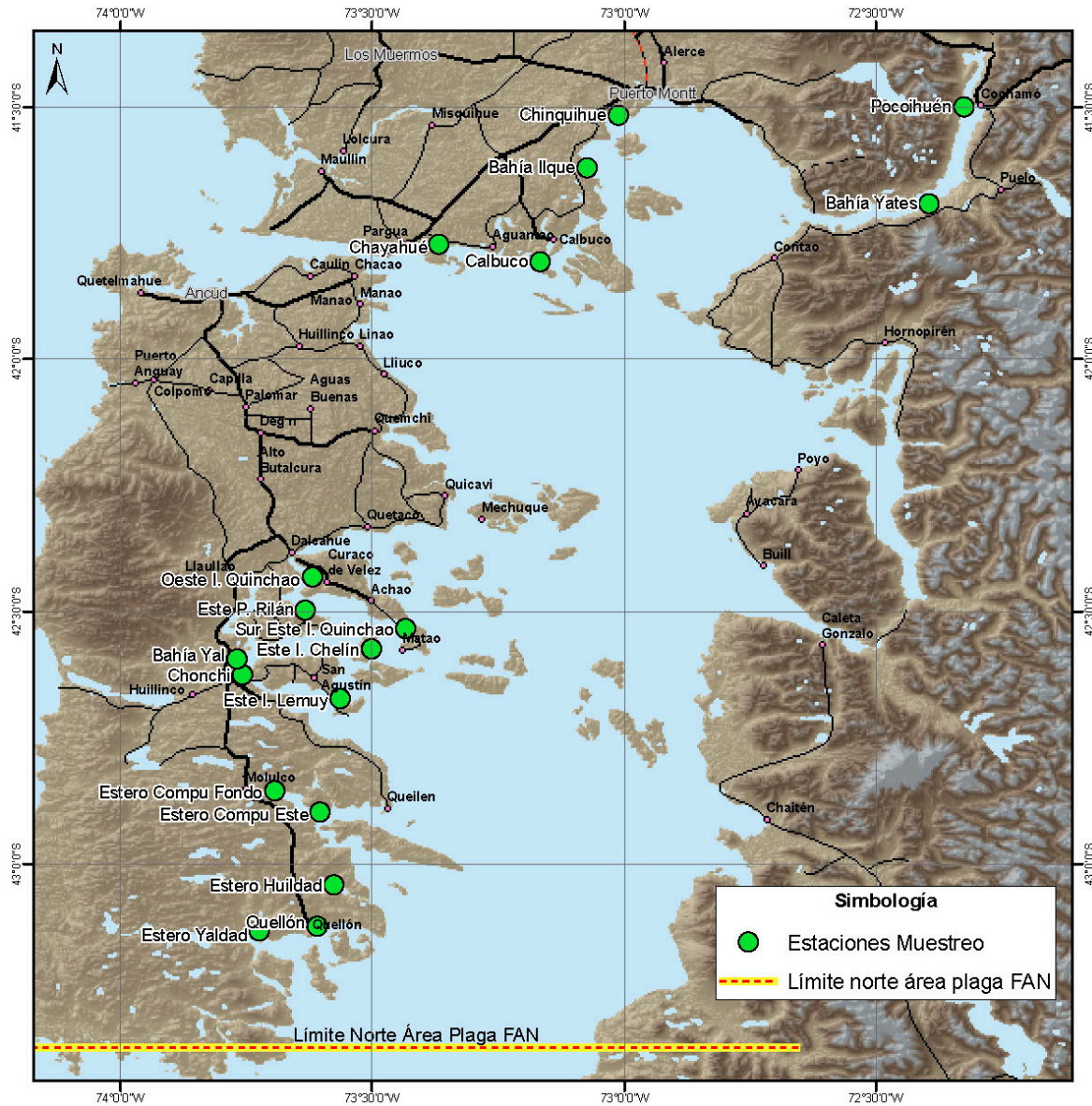


Figura 1. Ubicación geográfica de estaciones de muestreo en la Región de Los Lagos al norte del Área FAN

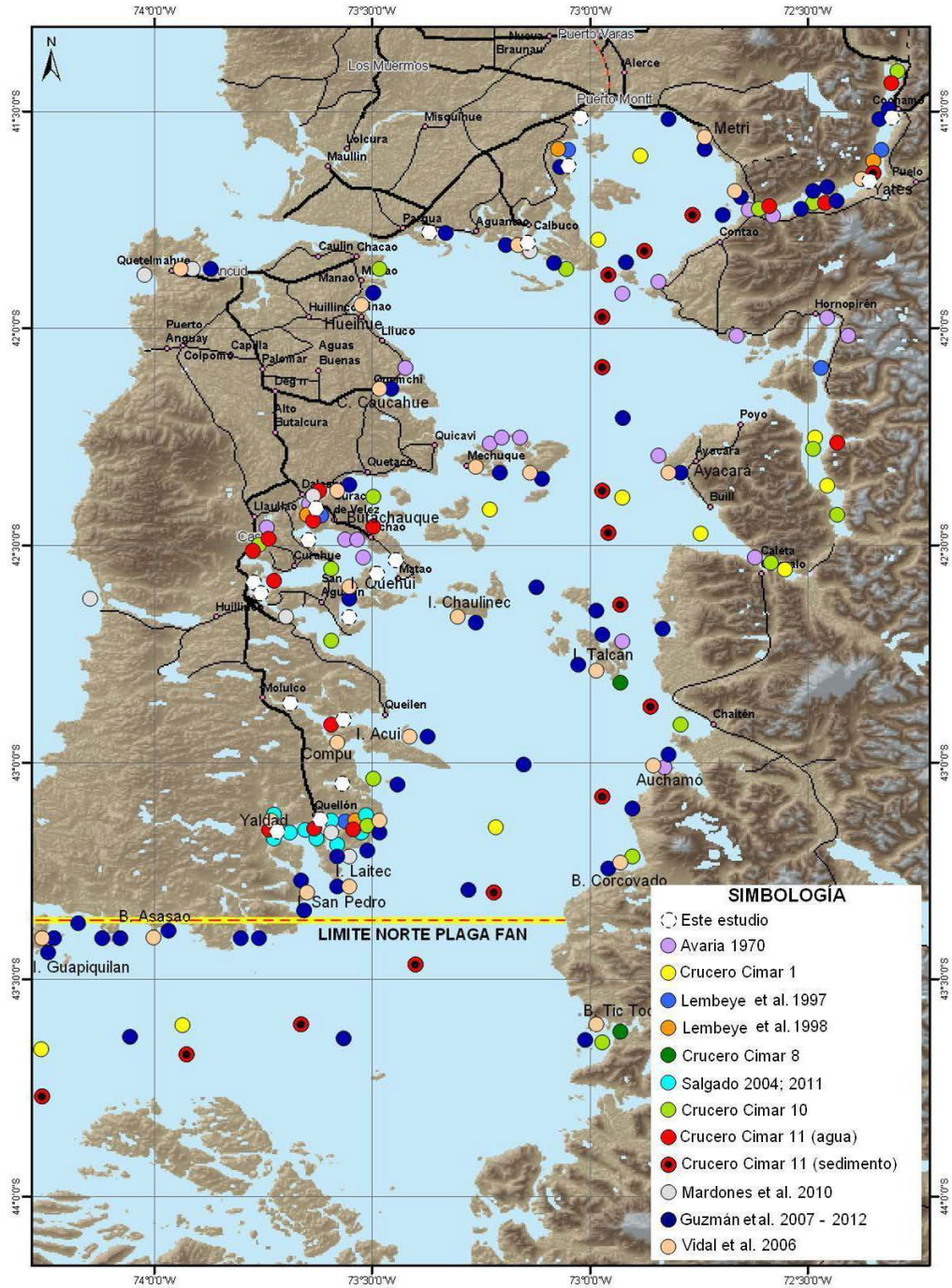


Figura 2. Sitios de estudios hist3ricos de fitoplancton (agua y sedimento) en la Regi3n de Los Lagos al norte del 3rea FAN

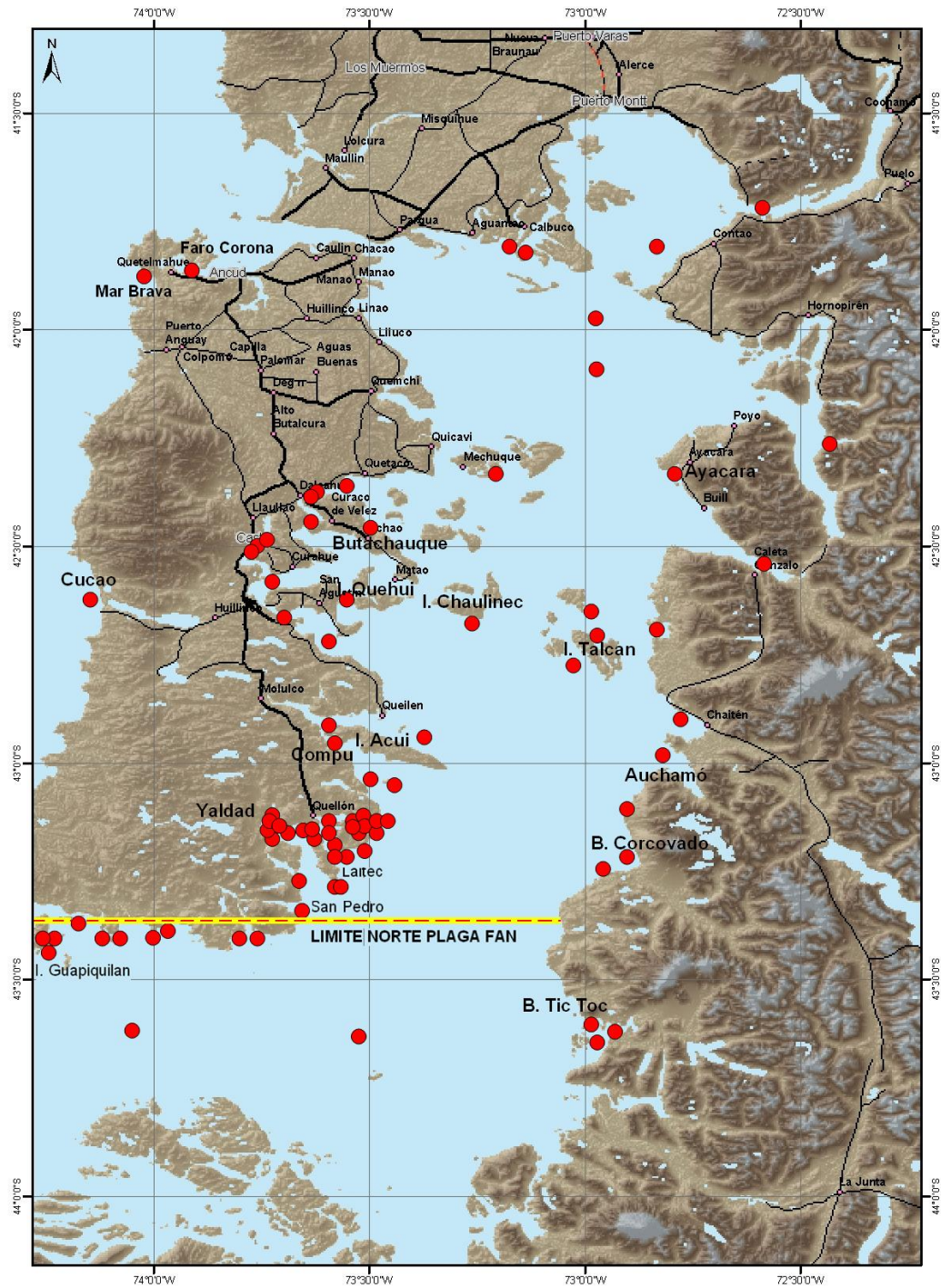


Figura 3. Sitios de estudios hist3ricos con presencia de *A. catenella* (c3lula vegetativa y quiste) en la Regi3n de Los Lagos al norte del 3rea FAN.

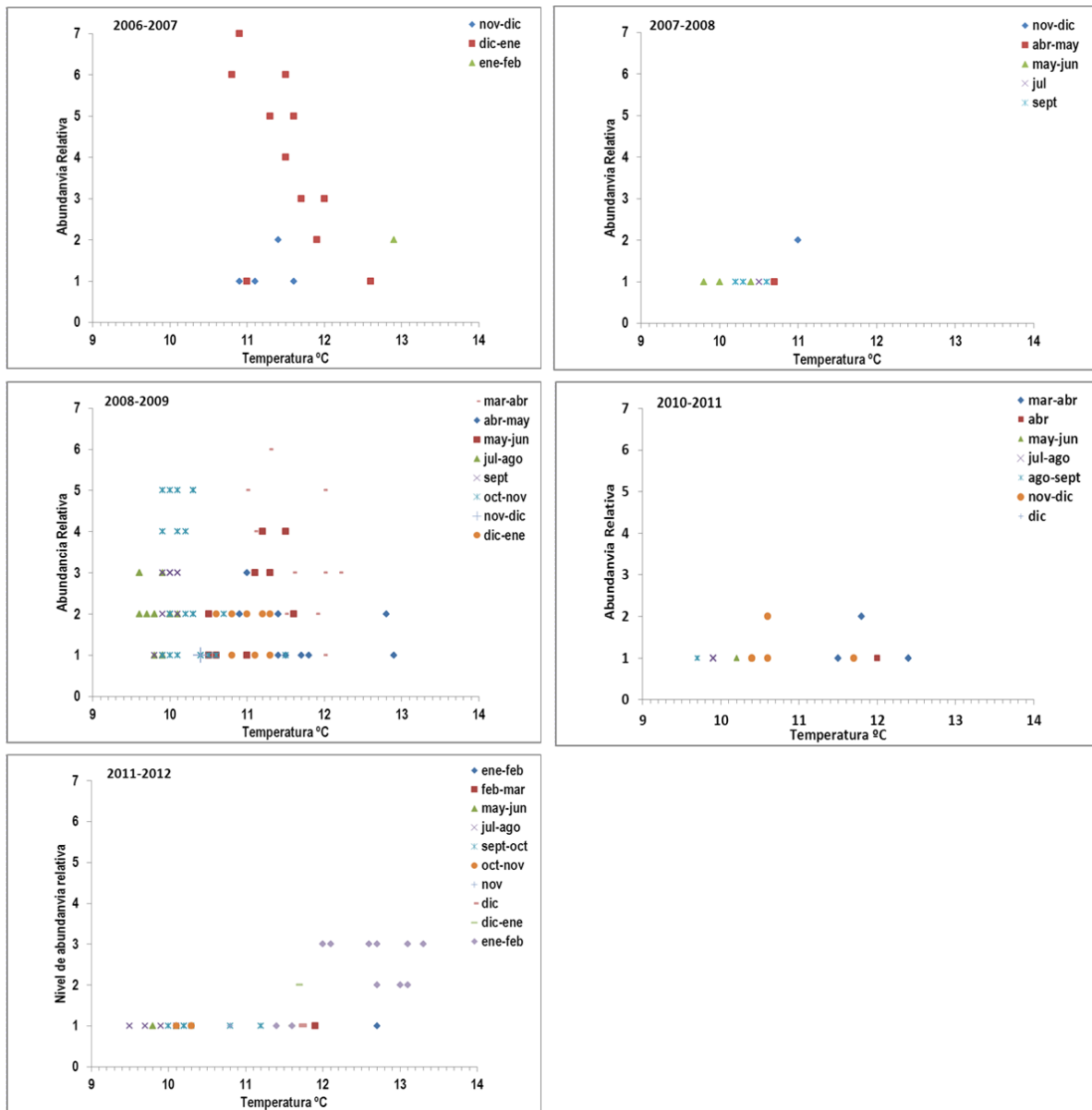


Figura 4. Análisis de abundancia relativa y temperatura del agua de mar (0 - 20 m) en la Región de Los Lagos (período 2006 - enero 2012)

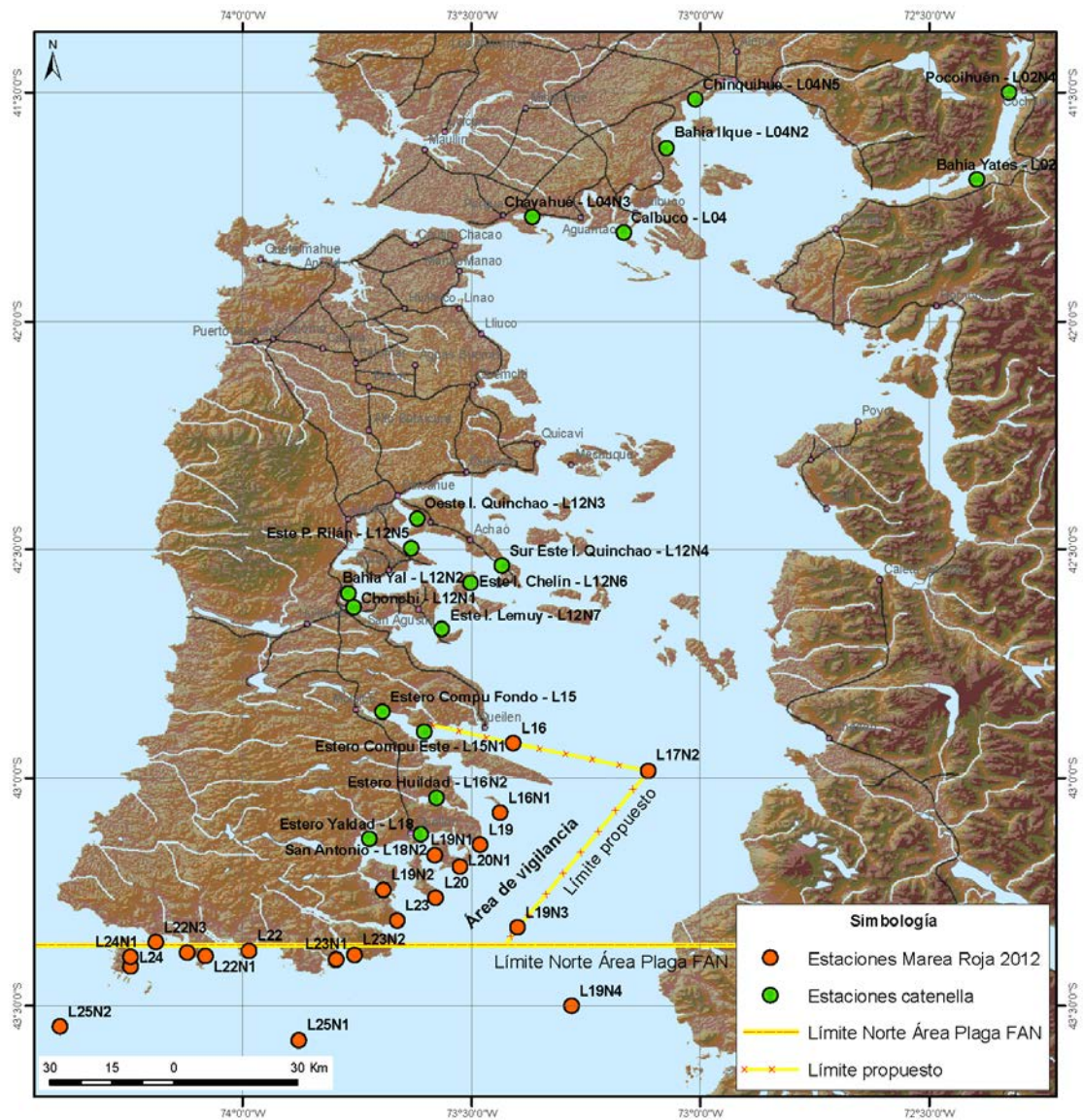


Figura 5. Sitios de muestreo de este estudio (verde) y aquellos de los monitoreos vigentes (café) establecidos en la costa sur y sur este de la Isla Grande de Chiloé y Golfo Corcovado, incluyendo límite norte del área plaga FAN actual y propuesta de área de vigilancia para *Alexandrium catenella*.

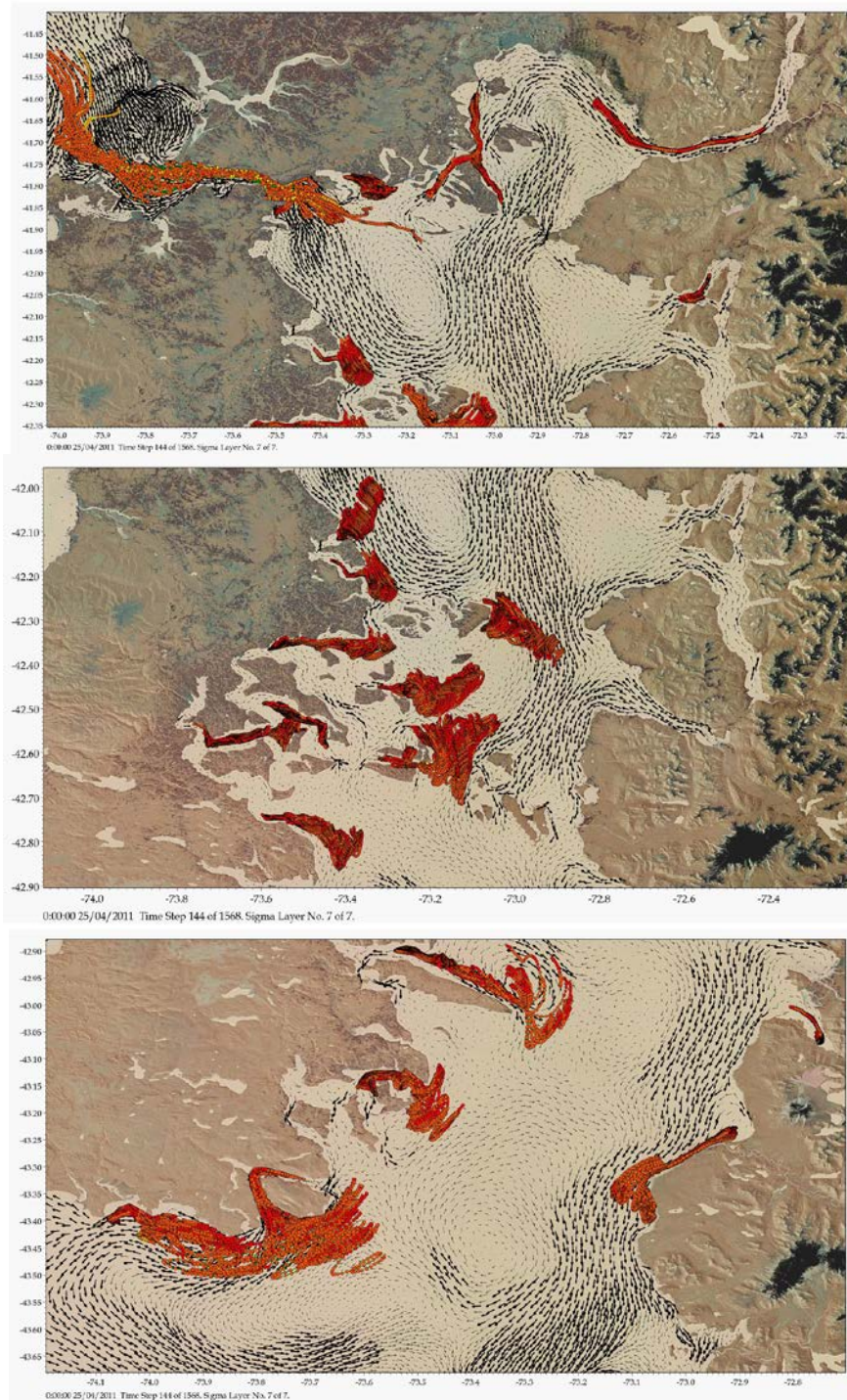


Figura 6. Desplazamiento de partículas (naranja) luego de 72 horas en Seno Reloncaví – Golfo Corcovado (arriba), Chiloé central (medio), y Golfo Corcovado (abajo). Extraído de Pinilla (2011).



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Sección Ediciones y Producción+
Almte. Manuel Blanco Encalada 839,
Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl



www.ifop.cl