



**INFORME FINAL CORREGIDO
TOMO I (Texto Informe)**

Manejo y monitoreo de las mareas rojas, en las regiones
de Los Lagos, Aysén y Magallanes 2008-2009

SUBPESCA / Septiembre-2010



**INFORME FINAL CORREGIDO
TOMO I (Texto Informe)**

Manejo y monitoreo de las mareas rojas, en las regiones
de Los Lagos, Aysén y Magallanes 2008-2009

SUBPESCA / Septiembre-2010

REQUIRENTE

SUBSECRETARÍA DE PESCA, SUBPESCA

Subsecretario de Pesca
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 DE PROYECTO

Leonardo Guzmán Méndez



SUBPESCA / Septiembre-2010

AUTORES

Leonardo Guzmán Méndez¹
Gastón Vidal Santana¹
Ximena Vivanco Tapia¹
Victoria Arenas Sepúlveda¹
Luis Iriarte Bustamante²
Susana Mercado Leal²
Cesar Alarcón Zapata³
Hernán Pacheco Valles³
Mauricio Palma Alarcón¹
Christian Espinoza Alvarado¹
Patricio Mejías Wagner¹
Eliás Fernández-Niño Azócar²
Javier Monsalve Montecinos²
Gemita Pizarro Nova³
Paola Hinojosa Carrasco¹
Claudia Zamora Amstein³

TÉCNICOS

Francisco Retamal Velarde¹
Pedro Calabrano Miranda¹
Raúl Hernández Torres²
Roberto Raimapo Raimapo³
Jorge Toro Mancilla³

COLABORADORES

Nicole Pesse Lastra¹
Denice Meyer Cárdenas¹

1 Grupo Región de Los Lagos (Puerto Montt)
2 Grupo Región de Aysén (Ensenada Baja)
3 Grupo Región de Magallanes (Punta Arenas)



INDICE GENERAL

INFORME FINAL CORREGIDO

**“Manejo y Monitoreo de Mareas Rojas en Las regiones
de Los Lagos, Aysén y Magallanes 2008–2009”**

TOMO I : TEXTO INFORME

TOMO II : TABLAS Y FIGURAS

TOMO III A : ANEXOS N°01 - 45

TOMO III B : ANEXOS N°46 – 90



RESUMEN EJECUTIVO

Se presentan los resultados de la tercera etapa (2008-2009) de un estudio dise1ado para monitorear las variaciones espacio temporales del veneno paralizante de los mariscos (VPM), el veneno diarreico de los mariscos (VDM), el veneno amnésico de los mariscos (VAM) en especies transvectoras centinelas, y de especies de microalgas nocivas o potencialmente nocivas, adem1s de variables ambientales de tipo hidrogr1ficas y meteorol3gicas, adem1s de fitoplancton cualitativo y cuantitativo.

El objetivo general es disponer de un sistema de muestreo, detecci3n y cuantificaci3n peri3dico del VPM, VDM y VAM, adem1s de las especies nocivas fuentes primarias de las toxinas (***Alexandrium catenella***, ***Dinophysis acuta*** y ***Pseudo-nitzschia cf. australis***, respectivamente) adecuado a la realidad geogr1fica de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Pero tambi3n se debe evaluar la presencia de otras especies nocivas como ***A. ostentfeldii***, ***D. acuminata***, ***P. cf. pseudodelicatissima*** y ***Protoceratium reticulatum***.

Se ha establecido un sistema para difundir la informaci3n de fitoplancton nocivo hacia la Subsecretarí de Pesca, Subsecretarí de Salud, Servicio Nacional de Pesca y Secretarías Regionales de Salud de las regiones cubiertas por el estudio, asi como un sistema de informaci3n geogr1fico para ordenar y presentar espacial y temporalmente la informaci3n recopilada.

Para recolectar las muestras y registrar la informaci3n se establecieron entre el Estuario de Reloncaví en la regi3n de Los Lagos y el Canal Beagle en la regi3n de Magallanes, un total de 151 estaciones de muestreo: 42 en la regi3n de Los Lagos, 61 en la regi3n de Aysén y 48 en la regi3n de Magallanes. El periodo de muestreo se extendió entre diciembre de 2008 y diciembre de 2009. La complejidad geogr1fica y la extensi3n del área de estudio determinaron que en cada regi3n administrativa se estableciera el soporte logístico tanto de embarcaciones para acceder a los puntos de muestreo, como del grupo humano para recoger las muestras y efectuar los análisis pertinentes e informaci3n recogida en cada regi3n, como tambi3n se ha desarrollado la infraestructura y dotado del equipamiento necesario para los análisis en Puerto Montt, Aysén y Punta Arenas.

En cada sitio se recolectaron muestras de mariscos (cholga o chorito o almeja o culengue seg1n las localidades de muestreo) para evaluar la presencia de toxinas marinas en los laboratorios de las Secretarías Regionales Ministeriales de Salud de las regiones en estudio mediante la aplicaci3n de las técnicas oficiales. Tambi3n se han recolectado muestras de fitoplancton cualitativo y cuantitativo, perfiles de temperatura, salinidad, densidad, contenido de oxígeno y concentraci3n de clorofila del agua de mar, adem1s de transparencia y datos meteorol3gicos. En dos sitios selectos de cada regi3n administrativa se recolectaron adem1s muestras de zooplancton y de agua para nutrientes, como tambi3n en cada regi3n se cuenta con una estaci3n meteorol3gica de registro autom1tica. Asimismo en sitios selectos de cada regi3n se establecieron perfiles profundos (hasta 100 m) para registrar las mismas variables hidrogr1ficas ya se1aladas, como tambi3n en localidades escogidas se establecieron registradores contínuos de la temperatura del mar. Para la red de sitios de



muestreo, en todas las localidades en que fue posible se recolectaron muestras de sedimentos para definir su granulometría y estimar el contenido de materia orgánica, como también para evaluar la presencia de quistes de *A. catenella* y *P. reticulatum*.

Asimismo en esta oportunidad se realizaron en las regiones de Aysén y de Magallanes, muestreos complementarios en otoño (marzo – abril) y primavera (octubre) en un total de 19 sitios de en la primera de estas regiones y 29 localidades en la segunda de ellas, para evaluar distribución y abundancia de *A. catenella* y de veneno paralizante en mariscos centinela. En estos puntos se recolectaron también muestras de sedimentos para granulometría, contenido de materia orgánica y presencia de quistes de *A. catenella* y *P. reticulatum*.

Entre los aspectos generales cabe destacar los siguientes. 1. Este estudio es la mejor fuente de información para proteger la salud pública y minimizar los impactos sobre las actividades productivas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, como también lo es respecto de *A. catenella* como especie plaga FAN (floración de alga nociva). 2. Asimismo persisten las diferencias interanuales y entre regiones, incluso entre áreas de una misma región, respecto de todas las variables consideradas. 3. Y Como también se reitera que no es suficiente la detección de una microalga nociva con una abundancia relativa de rara para adoptar medidas de emergencia, sino que debe ponderarse su presencia en un conjunto de sitios de muestreo y evaluar su comportamiento en el tiempo.

En cuanto al veneno paralizante de los mariscos y *A. catenella*, desde que se inició este estudio en 2006, la floración de esta microalga que se registró en febrero – marzo de 2009, en la región de Aysén, con la excepción de las áreas de Raúl Marín Balmaceda y Tortel, ha sido la que ha mostrado las mayores estimaciones de abundancia relativa y densidades registradas hasta ahora. El patrón mostrado por la floración de verano de esta microalga en esta región difiere de lo observado previamente, puesto que entre los años 2006 – 2008, las floraciones de esta especie se iniciaban en la región de Magallanes y posteriormente se manifestaban en Aysén con un retraso de uno o dos meses, pudiendo en algunas ocasiones extenderse también al extremo sur de Chiloé, pero persiste la mantención de la hipótesis climática oceanográfica para explicar el inicio de estas floraciones en los fiordos y canales sur australes. Las estimaciones de abundancia relativa y de densidad más altas de *A. catenella*, fueron registradas en la región de Aysén (abundancia relativa: nivel 9, mega abundante en varias localidades y densidad: Puerto Barrientos-A03, con $1.132.200$ células L^{-1}) pero los registros mayores de veneno paralizante fueron observados en la región de Magallanes (Bahía Mussel-M30, Estrecho de Magallanes, con 27.159 μg STX eq. $\cdot 100 g^{-1}$ de carne de marisco, valor estimado en chorito en diciembre de 2009), por lo que se mantiene el incremento con la latitud de los máximos de toxicidad en transvectores. En comparación con la región de Aysén, la región de Magallanes exhibió un patrón temporal diferente de abundancia relativa y densidad de *A. catenella* como también de toxicidad de veneno paralizante en mariscos, siendo muy evidente en esta última región la floración y el brote de toxicidad en la primavera de 2009 (diciembre). Por otro lado, las altas abundancias de *A. catenella* registradas en Aysén, obligaron a modificar la escala de abundancia relativa, por lo que hubo que agregarle dos niveles siguiendo la escala de progresión geométrica de 4X (niveles 8:ultra abundante y 9: mega abundante), pero se estima que floraciones de esta



naturaleza, serían muy poco frecuentes, por lo que los dos niveles superiores de la escala de abundancia relativa modificada, serían utilizados en muy pocas ocasiones. En la región de Los Lagos, la floración de ***A. catenella*** estuvo restringida al sector costero sureste y sur de la Isla de Chiloé, al sur de Isla Acui, 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.

Las tasas de incremento de la toxicidad en cholga, chorito, almeja y culengue en las localidades de Punta Cálqueman (A18), Isla Orestes (A23) e Isla Julián (A30), en la región de Aysén puede ser descrita por un modelo potencial linealizado, pero no por un modelo exponencial linealizado. Las tasas de incremento (pendiente) de la intoxicación (rango $b = 0,72-1,82$ para Punta Cálqueman; $0,85-1,78$ para Isla Orestes y $0,73-1,95$ para Isla Julián) y de los niveles de toxina al iniciarse las mediciones (intercepto) (rango $\ln a = 0,01-5,00$; $0,00-4,18$; $0,01-3,55$, respectivamente) reflejan una alta heterogeneidad entre recursos para una misma localidad. Pero entre localidades por recurso, se apreciaron claras diferencias para la almeja y culengue (pendiente e intercepto) y cholga (pendiente), pero en el chorito no hubo diferencias significativas, reflejando tasas de incremento de la toxicidad (pendientes) homogéneas (rango $b=1,78-1,82$).

Por otro lado, las tasas de eliminación de veneno paralizante de los mariscos en cholga, chorito, almeja y culengue en Punta Cálqueman (A18), Isla Orestes (A23) e Isla Julián (A30), puede ser descrita por los modelos potencial y exponencial linealizados y por tanto el tiempo que requieren estos mariscos para eliminar la toxina es prolongado (meses). La declinación de toxicidad en el tiempo entre recursos por localidad, muestra estimaciones de pendientes e interceptos muy disímiles con ambos modelos, para cholga, chorito, almeja y culengue, la excepción la constituyen las tasas de decremento homogéneas entre recursos para Punta Cálqueman y para Isla Orestes. Al contrastar por recurso entre localidades, sólo hubo tres situaciones en que las diferencias fueron significativas, reflejando homogeneidad por recurso entre localidades, respecto de las tasas de detoxificación y niveles de toxicidad al iniciarse el proceso evaluado, aunque hubo excepciones para almeja y culengue.

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 o escasa, en invierno y primavera en el sector sur y sur este de las aguas costeras de la Isla de Chiloé e incluso en primavera en sitios tan septentrionales como Calbuco (L04) y se extendió hacia el este a la costa de la provincia de Palena como Bahía Pumalín (L10N3) y Palvidad (L17N1), abarcando también sectores como Isla Talcán (L16), también con una abundancia relativa de rara, mostrando mayor persistencia y ampliación en la distribución.



Desde el punto de vista de la calidad de los sedimentos para albergar quistes de taxones nocivos, los muestreos regulares y complementarios mostraron una fracción reducida de sitios de muestreo con sedimentos finos, muy finos y de limo arcilla, lugares que presentaron estimaciones muy bajas de quistes de *A. catenella* (<50 quistes ml⁻¹ de sedimento húmedo), pero no así de quistes de *Protocerotium reticulatum* (200 – 300 quistes ml⁻¹ de sedimento húmedo).

El oligonucleótido descrito por Scholin cuya estructura posee un número cercano a 20 nucleótidos usados para este ensayo FISH y PCR Tiempo Real no es suficientemente compatible con la secuencia de las cepas locales para producir los concordancias (“mismatches”) necesarias que favorezcan la hibridación. Los ensayos hacen suponer que existen diferencias muy leves en la estructura del material genético de las cepas locales con otras descritas en la literatura suficientes para debilitar la identificación de esta especie basada en métodos moleculares. Es necesario generar las instancias de investigación necesarias para definir la estructura de nucleótidos que conforman esta región del ADN de *A. catenella* en las cepas locales.

El Veneno Diarreico de Los Mariscos (VDM), complejo conformado por los okadaatos (ácido okadaico, AO y dinofisistoxinas, DTXs) por producir el síndrome diarreico, es detectado por el bioensayo semi-cuantitativo y está presente en las tres regiones administrativas consideradas en este estudio. Particularmente durante el 2009 estuvo presente durante todo el año en Aysén mientras que la región de Los Lagos y Magallanes estuvo ausente solo en el invierno. Lo más frecuente es que la toxicidad por VDM ocurra en verano-primavera tal como ha ocurrido en los dos periodos anteriores del programa. No obstante estos resultados, siempre se debe tener presente la existencia de falsos positivos en la toxicidad por VDM, es decir la muerte de los ratones debido a otras toxinas lipofílicas distintas a los okadaatos pero que pueden estar presentes en igual o mayor concentración en los moluscos muestreados. Tal es el caso de las yesotoxinas (YTXs), de efectos cardiotoxicos y las pectenotoxinas (PTXs) de efectos hepatotóxicos solo por citar dos toxinas que son las que presentan mayormente evidencias históricas de su existencia en Chile. En general, las toxinas lipofílicas son coextraídas con los okadaatos y una muestra inyectada intraperitonealmente en el ratón conteniendo alguna de estas toxinas también provocará la muerte de éste.

Los resultados obtenidos durante el periodo de muestreo, indican una correlación significativa entre el nivel de toxicidad y la presencia de las especies de *Dinophysis* y apoyan las evidencias antes señaladas respecto de los okadaatos, no obstante que alguna de estas especies, sino ambas, pudieran estar produciendo falsos positivos en la eventualidad de que se encuentren asociadas a la producción de PTXs, hecho que aún no ha sido conformado para las regiones del sur de Chile. Sin embargo, una mayor correlación que con las especies de *Dinophysis*, altamente significativa del nivel de toxicidad con la presencia *P. reticulatum*, está indicando que probablemente los falsos positivos debido a YTXs sean más altos de lo que hasta ahora se piensa.

Los resultados y antecedentes recientes, *D. acuminata* es una especie sospechosa de producir PTXs, además de la facultad de producir o no okadaatos a lo largo del país. *P. reticulatum* es la especie más sospechosa de estar asociada a la producción de YTXs en la región austral de Chile. Por otro lado, La presencia de quistes de *L. polyedrum* en Los Lagos y una cita en la región de



Aysén, hace necesario capacitar en el mediano plazo a los analistas de fitoplancton para la identificación de estas especies en las muestras de fitoplancton recolectadas durante el monitoreo.

Respecto del veneno amnésico de los mariscos y especies de ***Pseudo-nitzschia***, durante 2009 los registros a nivel de trazas de ácido domoico fueron ocasionales y no hubo registros de concentraciones mayores, estimaciones que ocurrieron durante los períodos en que las densidades de ***P. cf. australis*** y ***P. cf. pseudodelicatissima*** fueron bajas. De manera similar a etapas previas, el monitoreo permite caracterizar floraciones o incrementos en la densidad o abundancia relativa de ***P. cf. australis*** y ***P. cf. pseudodelicatissima*** en amplios sectores geográficos de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, siendo la segunda, no obstante la relevancia de ambas, más importante por su abundancia numérica, relativa y frecuencia de aparición, particularmente para la región de Aysén. Ambas especies presentan una mayor densidad en el estrato de superficie, siendo Aysén la región con las densidades más altas, en tanto que la región de Los Lagos presentó las estimaciones más bajas. Finalmente, la abundancia numérica de ambas es tan elevada que las estimaciones de abundancia relativa son tediosas, incluso es necesario diluir para la enumeración. La concordancia entre estimaciones de abundancia relativa y densidad es muy elevada y la representatividad de estos taxones en muestras de fitoplancton es muy alta. La estimación de abundancia relativa en ***Pseudo-nitzschia spp.*** es eficaz pues su enumeración es más fácil y demanda menos tiempo que aquella de densidad usando el método de Utermohl, no obstante que este último es más preciso y no excluyente.

El fitoplancton cualitativo muestra predominancia de las diatomeas por sobre los dinoflagelados, lo cual ha sido característico para todas las etapas del monitoreo, y reflejado por el Índice G. Las regiones de Los Lagos y Aysén han sido identificadas separadamente tanto por la información de fitoplancton cualitativo como por los índices de diversidad, como las regiones con mayor diversidad; la región de Magallanes presentó la menor riqueza específica durante este período, y aunque en esta ocasión mostró la composición específica, menos uniforme.

Las floraciones de ***A. catenella*** en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, y de ***Prorocentrum micans*** en Los Lagos, muestran ciertas diferencias en términos del comportamiento del Índice G y de la frecuencia de aparición de otras especies relevantes. Mientras que para ***A. catenella*** en Aysén y para ***P. micans*** en Los Lagos, los índices G son algo más bajos y con mayor predominancia de dinoflagelados, para el resto de las floraciones se constata la presencia de diatomeas en forma mayoritaria. Por otro lado, la normalmente alta cobertura de otras especies como las del género ***Pseudo-nitzschia*** fue especialmente afectada durante la floración de ***A. catenella*** en Aysén. Estas características ponen de manifiesto que la floración acaecida en Aysén generó importantes cambios en la estructura de la taxocenosis fitoplanctónica, y que en algunas circunstancias, estas floraciones no perturban de una manera sustancial, al menos en lo que estas variables se refiere, el funcionamiento o dinámica de la taxocenosis fitoplanctónica.

Las variaciones de la abundancia fitoplanctónica son en general concordantes con las estimaciones de clorofila dentro de las regiones, en cuanto a los niveles detectados y sus fluctuaciones, siendo más parecidas las estimaciones entre las regiones de Los Lagos y Aysén con respecto a la región de



Magallanes, dado que ésta a pesar de las bajas abundancias fitoplanctónicas obtenidas en comparación con las de Los Lagos y Aysén, registra valores de clorofila excepcionalmente elevados, y no registrados previamente en la zona.

Las agrupaciones generadas por análisis SIMPROF asociado al análisis de conglomerados (CLUSTER) en cada región en distintas épocas del año y en el promedio general de los cruceros, arrojan resultados consistentes en la conformación general de grupos característicos para cada región, similares a los generados por otras variables, como la toxicidad por veneno paralizante y la abundancia relativa de **A. catenella**.

En términos cuantitativos el fitoplancton fue más abundante en el estrato 0-10m que en el estrato 10-20m y su concentración descendió gradualmente con la latitud. Esta distribución se explica claramente por una floración de **Skeletonema costatum** en el Estuario Reloncaví durante septiembre de 2009 cuyas concentraciones celulares alcanzaron los 22 millones de células por litro, el nivel más alto registrado en todo el periodo de muestreo.

El grupo más representado corresponde a las diatomeas con niveles sobre el 97%, en tanto que los dinoflagelados alcanzaron su mayor concentración en Aysén con 2,1%, seguido por Los Lagos 0,82% y Magallanes 0,33%. En términos de especies, **Skeletonema costatum** seguido por **P. cf. pseudodelicatissima** fueron las especies más abundantes.

El zooplancton muestra una clara diferencia estacional, con las máximas abundancias observadas en el período de primavera-verano, mientras que en otoño-invierno la abundancia fue uno o dos órdenes de magnitud inferior. Hay un gradiente norte-sur en términos de riqueza de grupos zooplanctónicos, no así en la abundancia total por región. No se registraron eventuales perturbaciones o diferencias significativas en la abundancia o riqueza de grupos zooplanctónicos en momentos de floraciones nocivas, pudiendo observarse que en el sector de Melinka de la región de Aysén y en las estaciones del área centro la región de Magallanes que la alta abundancia de **A. catenella** no generó diferencias. Las abundancias totales mostraron valores muy diferentes entre sí, siendo las regiones de Aysén y Los Lagos las más abundantes con 40.059 y 17.659 individuos m⁻³, mientras que la región de Magallanes mostró una abundancia notoriamente más baja, sólo 521 individuos m⁻³.

Desde el punto de hidrográfico, existe un marcado efecto de aguas oceánicas que ingresan a los canales interiores, lo que define un importante efecto en la circulación estuarina, donde el agua dulce circula en la capa superficial, mientras que agua salina en los estratos más profundos. Con ello se refuerza la presencia de microcuencas en las tres regiones, las que definen características oceanográficas particulares y ambientes con una amplia diversidad, donde es posible encontrar barreras o discontinuidades para las floraciones nocivas, acumulación de larvas y altas abundancias de nutrientes, clorofila y/o plancton. Por otro lado, sólo la temperatura a nivel superficial muestra un gradiente norte-sur, sin embargo los estratos más profundos tienden a ser homotermales. Los ciclos de marea tienen efectos sobre la temperatura del agua ocasionando oscilaciones en esta variable que en algunos casos llega a los 2 °C. También se observó que la temperatura del agua a fines del



2008 fueron más elevadas que el 2009 en el mismo periodo. En cambio, la salinidad superficial no responde a un gradiente norte-sur, sin embargo los valores en profundidad tienden a seguir un gradiente norte-sur, lo que se explicaría en parte por la estratificación de la columna de agua y la fuerte haloclina. La presencia casi permanente de esta haloclina en las tres regiones, sobre todo en las estaciones ubicadas en los canales interiores, y la fuerte mezcla producto de elementos forzantes como el viento, no tendrían vinculación con floraciones nocivas, sin embargo, se ha reportado en la literatura que columnas de agua más estables y estratificadas serían un mejor ambiente para el aumento en la abundancia del fitoplancton dominado por dinoflagelados.

La transparencia del agua sigue el mismo patrón general que la abundancia fitoplanctónica y la concentración de clorofila, siendo menos transparentes las aguas de Los Lagos y Aysén, en comparación con aquellas de la región de Magallanes, con algunas excepciones particularmente en las estaciones localizadas en grandes afluentes producto de los aportes de material particulado. La transparencia promedio en Los Lagos fue 5,4 m ($\pm 0,14$ m Error Estándar), en Aysén fue 5,3 m ($\pm 0,10$ m) y en Magallanes fue 7,4 m ($\pm 0,07$ m).

En cuanto a los nutrientes, el más abundante fue el nitrato (promedio $0,64 \pm 0,030$ mg·L⁻¹ Error Estándar) y seguido por el silicato (promedio $0,41 \pm 0,032$ mg·L⁻¹), mientras que el que presentó una menor concentración fue el nitrito (promedio $0,03 \pm 0,003$ mg·L⁻¹). El fosfato (promedio $0,08 \pm 0,008$ mg·L⁻¹) se presentó en concentraciones ligeramente menores que el silicato. Las concentraciones de estos elementos fueron mayores en Aysén y Los Lagos.

La información meteorológica muestra que la temperatura del aire varía con la latitud, siendo las temperaturas medias mayores en la región de Los Lagos y los más bajos para la región de Magallanes. El rango entre los máximos y mínimos absolutos incrementan de norte a sur, apreciándose para las regiones de Aysén y Magallanes, mínimos bajo los 0°C. La velocidad del viento, durante las actividades de terreno, no refleja el comportamiento de este meteoro, pero éste juega un rol clave en la homogenización de la columna de agua en canales abiertos y expuestos al viento, particularmente en el Estrecho de Magallanes y Puerto Williams que fueron las áreas en se presentaron las mayores velocidades.

Los diagramas de temperatura – salinidad muestran que para el veneno paralizante los rangos de salinidad estuvieron en el rango de 20 a 34 psu, sin embargo en algunas estaciones de Aysén especialmente en Raúl Marín Balmaceda, Litoral continental de Aysén y Caleta Tortel las toxicidades fueron observables a salinidades menores en niveles de 8 psu y en una estación, a 4 psu. En cuanto a las temperaturas vinculadas con la toxicidad, en Los Lagos esta varió entre 11 y 14 °C, en Aysén entre 7 y 17 °C y en Magallanes entre 5 y 12 °C. Los rangos no fueron muy distintos de los registrados durante el periodo 2008-2009 cuyos valores oscilaron entre 6 - 15,5 °C y 15,0 - 34,0 psu

Para el veneno diarreico los diagramas de temperatura – salinidad muestran que en el Estuario Reloncaví, Raúl Marín Balmaceda, Litoral Continental de Aysén, Caleta Tortel, en algunas estaciones del área norte, centro y sur de Magallanes los valores estuvieron asociados a un amplio rango de salinidades, entre 2 y 35 psu. En las demás áreas como Canal de Chiloé, Golfo Corcovado,



Melinka y Litoral Insular de Aysén, este veneno estuvo presente en salinidades entre 19 y 35 psu. En tanto, la temperatura asociada a este veneno considerando las tres regiones varió entre 5 y 19 °C.

Se aplicó un análisis de componentes principales, tratando separadamente la información de 30 variables generadas para los sectores Estuario y Seno Reloncaví; Golfo de Ancud e Islas Desertores; Golfo Corcovado y lugares adyacentes; sur del Canal Moraleda y lugares adyacentes; Caleta Tortel; Puerto Edén y Canal Trinidad; Puerto Natales; Estrecho de Magallanes y lugares adyacentes y Puerto Williams. Asimismo se aplicó el mismo criterio de análisis a la información de 36 variables generadas para los seis sitios de muestreo para los cuales se registra además zooplancton y nutrientes.

El análisis de componentes principales muestra resultados similares entre sectores, probablemente con leves diferencias entre ellos. En el Estuario y Seno de Reloncaví la varianza total explicada resume el 37% de los datos en los dos primeros componentes. Tanto las variables relacionadas con incrementos de la temperatura del aire como la presión barométrica afectan la salinidad del agua, ya sea por efectos de deshielos del agua almacenada en cerros y volcanes durante la primavera y verano o por efecto de las lluvias durante otoño e invierno, ambas situaciones elevan la concentración de material particulado, afectando la transparencia del agua y disminuyendo la concentración de oxígeno en el agua, con ello, ocurren incrementos de las abundancias relativas de ***P. cf. australis*** y ***P. cf. pseudodelicatissima*** en detrimento de la concentración de ***D. acuminata*** y otros organismos.

En el Golfo Corcovado y los lugares adyacentes (Melinka y Raúl Marín Balmaceda) la varianza total explicada resume el 43,66% de los datos en los dos primeros componentes y en ellos es la temperatura del agua la que aparentemente está asociada a los incrementos en el número de especies y número de organismos del fitoplancton así como el aumento en las concentraciones de los taxones nocivos, en tanto que la estabilidad del agua en términos de salinidad con características oceánicas favorecería la diversidad de microalgas registradas en el lugar.

En el área centro y sur de la región de Aysén, la varianza total explicada resume el 39,54% de los datos en los dos primeros componentes, particularmente el sector vinculado al Canal Moraleda y canales situados en los sectores continental e insular de este gran canal, los datos sugieren que la temperatura ambiente tiene un rol crucial en los incrementos de la temperatura del agua y en el aporte de agua dulce de los diferentes afluentes producto de los deshielos durante la primavera y verano. Esta variable tiene efectos sobre la salinidad del agua y su transparencia, producto del material particulado que aportan los afluentes y las floraciones del fitoplancton que se producen en el área. Aparentemente, esta condición favorece el desarrollo de múltiples organismos que se ve reflejado con el incremento en el número de especies y número de organismos del fitoplancton y junto a ello un incremento en la concentración de fitoplancton nocivo. Indudablemente que con incrementos en las abundancias relativas de ***A. catenella*** se elevan las concentraciones de VPM en los mariscos.

En Caleta Tortel la varianza total explicada resume el 45% de los datos en los dos primeros



componentes y en ellos la presión barométrica tiene influencia sobre la pluviometría del sector y consecuentemente sobre los aportes de agua de los diferentes afluentes del sector afectan la salinidad del agua. También la temperatura del agua se insinúa como una variable relevante que conduce los procesos asociados a incrementos en la concentración de fitoplancton que se ve reflejado en el análisis de componentes con la importancia que adquiere el número de especies y número de organismos del fitoplancton, aparentemente esto también favorece el incremento en las abundancias relativas de ***A. catenella***, ***D. acuminata***, ***P. cf. australis*** y ***P. cf. pseudodelicatissima***. El incremento de VPM en los mariscos es consecuencia de la presencia de ***A. catenella*** en el lugar.

En la región de Magallanes con una varianza total explicada que resume sobre el 38% de los datos en los dos primeros componentes, y no obstante que las temperaturas del aire y del agua de las diferentes áreas de la región de Magallanes, son más bajas que en las otras regiones, También la abundancia del fitoplancton está correlacionada positivamente con la temperatura.

En cuanto al análisis de componentes para los seis sitios selectos, que incluyen las variables nutrientes y zooplancton, la varianza total explicada resume el 50% de los datos en los dos primeros componentes y en ellos muestran que la salinidad se correlaciona con la presencia de nitratos y silicatos, quizá provocado por los aportes de nutrientes que efectúan los afluentes en el sector. Los nitritos se correlacionan negativamente con los niveles de nitrato, situación que depende directamente de las constantes de equilibrio asociadas a ambas especies químicas. La temperatura también aparece en el análisis como una variable relevante que se relaciona positivamente con el número de especies del fitoplancton y la concentración de algunas especies nocivas como ***A. catenella***, ***D. acuminata***, ***P. cf. australis*** y ***P. cf. pseudodelicatissima***. Del mismo modo, la relevancia que adquiere el número de grupos de zooplancton probablemente se debe al aumento en el fitoplancton.

Los muestreos complementarios, mostraron que la forma vegetativa de ***A. catenella*** y también del veneno paralizante se encuentran presentes en todos los sectores de fiordos y canales visitados. Los muestreos regulares y complementarios presentaron una fracción reducida de sitios de muestreo con sedimentos finos, muy finos y de limo arcilla, lugares que presentaron estimaciones muy bajas de quistes de ***A. catenella*** (<50 quistes· mL⁻¹ de sedimento húmedo), pero no así de quistes de ***P. reticulatum*** (200 – 300 quistes· mL⁻¹ de sedimento húmedo).

En cuanto a la difusión de la información, se ha establecido un sistema para difundir a los organismos públicos pertinentes la información relevante generada por este estudio, que considera las estimaciones de abundancia relativa de todas las especies nocivas y potencialmente nocivas consideradas. Asimismo en los últimos meses de esta etapa, se ha conformado un sitio en la página web institucional de acceso público, en la cual se visualizan los resultados de abundancias relativas de cada período, una vez que se ha completado la estimación de la abundancia relativa de los taxones nocivos de toda el área de estudio

Por último, se ha utilizado un sistema de información geográfico con el objeto de ordenar la base de datos generada y facilitar el acceso a la información, segregando cualquiera de las variables



consideradas y ponderando simultáneamente las variables temporal y espacial, además de disponer de otros antecedentes calificación del sitio de muestreo y de las variables en cuestión. La experiencia nos ha mostrado que la presentación de la información en este sistema constituye una herramienta expedita para representar las variaciones espacio temporales de la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella***, según los requerimientos asociados al reglamento de plagas.



ÍNDICE GENERAL

TOMO I

RESUMEN EJECUTIVO	i
ÍNDICE GENERAL	xi
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS (TOMO II)	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS (TOMO III A y B)	xl
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Conceptos de floraciones de algas nocivas, plagas y prevenci3n	1
1.2. Floraciones de algas nocivas: estado actual en Chile	4
1.3. Realidad geogr3fica de las regiones de Los Lagos, Ays3n y Magallanes y su relaci3n con el estudio	7
1.4. Caracterizaci3n de las actividades econ3micas afectadas por FAN	8
1.5. Impactos econ3micos de las floraciones de algas nocivas	10
1.6. Programas de monitoreo	12
1.7. Defini3n y Caracterizaci3n de un programa de monitoreo	13
2. OBJETIVOS	16
2.1. Objetivo general	16
2.2. Objetivos espec3ficos	16
3. METODOLOGÍA	17
<i>Objetivos espec3ficos 1, 2, 3 y 5</i>	17
3.1. Área de trabajo	17
3.2. Actividades de terreno	18
• Muestras de mariscos centinelas para toxinas marinas	18
• Muestras de fitoplancton	19
• Registro de informaci3n oceanogr3fica, muestreos de zooplancton, nutrientes y registro de informaci3n meteorol3gica	19
• Recolecci3n de muestras de sedimentos	20
3.3. Actividades de laboratorio	21
• An3lisis de toxinas marinas en mariscos transvectores	21
• An3lisis del fitoplancton cualitativo y cuantitativo	22
• Identificaci3n y cuantificaci3n de <i>A. catenella</i> mediante sonda molecular	23
• Clorofila, zooplancton, nutrientes e informaci3n oceanogr3fica	23
• An3lisis de muestras de sedimentos	24
• Per3odos de muestreo, informaci3n analizada y antecedentes presentados	24
3.4. An3lisis de la informaci3n	24
3.4.1. Toxicidad	24
• Veneno paralizante de los mariscos	24
• Veneno diarreico de los mariscos	26



• Veneno Amnésico de los mariscos	26
3.4.2. Fitoplancton y clorofila a	27
• Fitoplancton cualitativo	27
• Fitoplancton cuantitativo	27
• Clorofila a	28
3.4.3. Índices, abundancia relativa de taxones nocivos y zooplancton	28
• Índice G e índices de diversidad y uniformidad	28
• Abundancia relativa de taxones nocivos	28
• Zooplancton	30
3.4.4. Toxicidad, abundancia relativa y densidad de microalgas nocivas	30
• Veneno paralizante y <i>Alexandrium catenella</i>	30
• Veneno diarreico y <i>Dinophysis acuminata</i> ó <i>D. acuta</i>	31
• Veneno amnésico y <i>Pseudo-nitzschia cf. australis</i> ó <i>P. cf. pseudodelicatissima</i>	31
3.4.5. Datos oceanográficos y meteorológicos	31
• Datos oceanográficos	31
• Datos meteorológicos	32
3.4.6. Análisis integrado de la información	32
• Diagramas TS y resultados de bioensayos para VPM y VDM	32
• Análisis multivariado	33
Objetivo específico 4	35
3.5 Muestreo complementario	35
Objetivo específico 6	36
3.6 Flujo de información hacia Subsecretaría de Pesca	36
Objetivo específico 7	37
3.7 Sistema de Información Geográfico	37
4. GESTION DEL PROYECTO	41
5. RESULTADOS	48
Objetivos específicos 1, 2, 3 y 5	48
5.1 Distribución geográfica y temporal del Veneno Paralizante de los Mariscos, abundancia relativa y densidad de <i>Alexandrium catenella</i>	48
5.1.1. Veneno Paralizante de los Mariscos, VPM	48
• Análisis descriptivo	48
• Estadísticas descriptivas	53
• Transvectores secundarios	53
• Análisis de conglomerados y MDS	60
5.1.2. <i>A. catenella</i> : abundancia relativa, densidad y relaciones con la toxicidad (VPM)	60
• Abundancia relativa de <i>A. catenella</i>	60
• Análisis de conglomerados y MDS	63
• Densidad de <i>A. catenella</i>	64
• Relación abundancia relativa de <i>A. catenella</i> y toxicidad (VPM) en mariscos centinela	66
5.1.3. Muestreos adicionales en la región de Los Lagos	67
• Muestreo de emergencia	67
• Muestreo complementario asociado a plaga FAN de <i>A. catenella</i>	69



5.1.4 Aplicaci3n de una sonda molecular para <i>A. catenella</i>	69
5.1.5 Caracterizaci3n de sedimentos y quistes de <i>Alexandrium catenella</i> en los sitios de muestreo regulares	71
• Fracciones de sedimentos finos y contenido de materia orgánica en sedimentos	71
• Abundancia de quistes de <i>Alexandrium catenella</i> en sedimentos	73
5.2 Distribuci3n geográfica y temporal del Veneno Diarreico de los Mariscos, abundancia relativa y densidad de <i>Dinophysis acuminata</i> y <i>D. acuta</i>	74
5.2.1. Veneno Diarreico de los Mariscos, VDM	74
• Análisis descriptivo	74
• Análisis de conglomerados y MDS	75
5.2.2. <i>D. acuminata</i> y <i>D. acuta</i> : abundancia relativa, densidad y relaciones con resultados positivos bioensayos (VDM)	76
• Abundancia relativa de <i>D. acuminata</i>	76
• Análisis de conglomerados y MDS	76
• Densidad de <i>D. acuminata</i>	77
• Abundancia relativa de <i>D. acuta</i>	78
• Análisis de conglomerados y MDS	78
• Densidad de <i>D. acuta</i>	78
• Relaciones de la abundancia relativa o densidad de <i>Dinophysis</i> spp. y resultados positivos (VDM) en mariscos centinela	79
5.3 Distribuci3n geográfica y temporal del Veneno Amnésico de los Mariscos, abundancia relativa y densidad de <i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>australis</i> y <i>P. cf. pseudodelicatissima</i>	80
5.3.1. Veneno Amnésico de los Mariscos, VAM	80
5.3.2. <i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>australis</i> y <i>P. cf. pseudodelicatissima</i> : abundancia relativa, densidad y relaciones con la toxicidad (VAM)	81
• Abundancia relativa de <i>P. cf. australis</i>	81
• Densidad de <i>P. cf. australis</i>	82
• Abundancia relativa de <i>P. cf. pseudodelicatissima</i>	84
• Densidad de <i>P. cf. pseudodelicatissima</i>	85
• Relaciones de la abundancia relativa o densidad de <i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>australis</i> o <i>P. cf. pseudodelicatissima</i> y toxicidad (VAM) en mariscos centinela	87
5.4 Distribuci3n geográfica y temporal de especies potencialmente t3xicas y abundancia relativa y densidad de <i>Protoceratium reticulatum</i> y <i>Alexandrium ostenfeldii</i> y relaciones de <i>P. reticulatum</i> con resultados positivos de bioensayos (VDM)	88
• Abundancia relativa de <i>P. reticulatum</i>	88
• Análisis de conglomerados y MDS	88
• Densidad de <i>P. reticulatum</i>	88
• Relaciones de la abundancia relativa o densidad de <i>P. reticulatum</i> y resultados positivos (VDM) en mariscos centinela	89
• Abundancia relativa de <i>A. ostenfeldii</i>	90
• Densidad de <i>A. ostenfeldii</i>	90
5.5 Análisis del Fitoplancton, Clorofila y Zooplancton	91
5.5.1. Fitoplancton cualitativo	91
5.5.2. Fitoplancton cuantitativo	93
5.5.3. Índice G	96



5.5.4. Diversidad y Uniformidad	97
5.5.5. Análisis multivariado de agrupaci3n y ordenamiento del fitoplancton cuantitativo	99
5.5.6. Clorofila a total	100
5.5.7. Zooplancton	102
5.6. Informaci3n Oceanogr3fica	104
5.6.1. Temperatura del agua	105
5.6.2. Temperatura del agua obtenida mediante sensores de registro continuo	112
5.6.3. Salinidad del agua	115
5.6.4. Concentraci3n del Oxígeno disuelto en el agua	120
5.6.5. Transparencia del agua	124
5.6.6. Nutrientes	126
5.7. Informaci3n meteorol3gica	127
5.7.1. Registros meteorol3gicos obtenidos con estaciones de registro continuo	127
• Temperatura del aire	127
• Humedad relativa del aire	127
• Velocidad del viento	128
• Precipitaciones	128
5.7.2. Resultados de los registros meteorol3gicos puntuales	128
• Temperatura ambiente	128
• Cubierta nubosa	129
• Presi3n barom3trica	130
• Velocidad y direcci3n del viento	131
5.8. Análisis integrado de la informaci3n	132
5.8.1. Diagramas Temperatura – Salinidad (TS), veneno paralizante de los mariscos (VPM) y veneno diarreico de los mariscos (VDM)	132
• Veneno paralizante de los mariscos (VPM)	132
• Veneno diarreico de los mariscos (VDM)	132
5.8.2. Análisis multivariado	133
• Sector Estuario y Seno de Reloncaví	133
• Sector Golfo de Ancud e Islas Desertores	134
• Sector Golfo Corcovado	134
• Sector sur de Canal Moraleda y lugares adyacentes	134
• Sector Caleta Tortel	135
• Sector Puerto Edén y Canal Trinidad	135
• Sector Puerto Natales	136
• Sector Estrecho de Magallanes y lugares adyacentes	136
• Sector Puerto Williams	136
• Sectores con informaci3n de nutrientes y zooplancton	137
Objetivo específico 4	137
5.9 Muestreo complementario en regiones de Aysén y Magallanes: abundancia relativa, toxina, caracterizaci3n de sedimentos y quistes de <i>A. catenella</i>	137
5.9.1. Veneno Paralizante de los Mariscos en los sitios de muestreo complementario	137
5.9.2. Abundancia relativa de <i>Alexandrium catenella</i> en los sitios de muestreo complementarios	138
5.9.3. Caracterizaci3n de sedimentos en los sitios de muestreo complementario	139



5.9.4. Abundancia de quistes de <i>Alexandrium catenella</i> en sedimentos	139
5.9.5. Análisis presencia y abundancia de <i>A. catenella</i> , en el sector límite norte del área FAN	140
Objetivo específico 6	141
5.10 Flujo de informaci3n hacia organismos públcos	141
Objetivo específico 7	142
5.11 Sistema de Informaci3n Geográfico	142
6. DISCUSI3N	143
6.1. Aspectos generales	143
Objetivos específicos 1,2,3 y 5	
6.2. Veneno Paralizante de los Mariscos y <i>Alexandrium catenella</i>	144
6.3. Veneno Diarreico de los Mariscos y <i>Dinophysis acuminata</i> , <i>D. acuta</i> y <i>Protoceratium reticulatum</i>	152
6.4. Veneno Amnésico de los Mariscos, <i>Pseudo-nitzschia cf. australis</i> y <i>Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima</i>	156
6.5. Plancton y Clorofila	157
6.6. Informaci3n Oceanográfica	163
6.7. Informaci3n meteorológica	169
6.8. Análisis integrado de la informaci3n	171
Objetivo específico 4	
6.9. Muestreos complementarios	174
Objetivo específico 6	175
6.10. Flujo de la informaci3n	
Objetivo específico 7	
6.11. Sistema de Informaci3n Geográfico	176
7. RESUMEN Y CONCLUSIONES	178
7.1. Aspectos generales	178
7.2. Veneno Paralizante de los Mariscos y <i>Alexandrium catenella</i>	178
7.3. Veneno Diarreico de los Mariscos y <i>Dinophysis acuminata</i> , <i>D. acuta</i> y <i>Protoceratium reticulatum</i>	180
7.4. Veneno Amnésico de los Mariscos, <i>Pseudo-nitzschia cf. australis</i> y <i>Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima</i>	182
7.5. Plancton y Clorofila	182
7.6. Informaci3n oceanográfica	183
7.7. Informaci3n meteorológica	184
7.8. Análisis integrado de la informaci3n	185
7.9. Muestreos complementarios	186
7.10. Flujo de la informaci3n	187
7.11. Sistema de Informaci3n Geográfico	187



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

188

FOTOMICROGRAFÍA 1: Células de cultivo (M\$\$) de *Alexandrium catenella* incubadas con sonda de DNA complementaria para la región D2 de la subunidad mayor del RNA ribosomal, Marcadas con AlexaFluor488 y vistas bajo microscopio de epifluorescencia.

TOMO II : TABLAS Y FIGURAS

TOMO III A : ANEXOS N° 01- 45 y

TOMO III B : ANEXOS N° 46- 90



INDICE DE TABLAS Y FIGURAS (TOMO II)

TABLAS

- Tabla 1. Estaciones de monitoreo en la región de Los Lagos incluyendo código, sectorización, topónimo y especie centinela (transvector).
- Tabla 2. Estaciones de monitoreo en la región de Aysén, incluyendo código, sectorización, topónimo y especie centinela y secundarias (transvector).
- Tabla 3. Estaciones de monitoreo en la región de Magallanes, incluyendo código, sectorización, topónimo y especie centinela (transvector).
- Tabla 4. Estaciones de monitoreo de emergencia en la región de Los Lagos incluyendo código, topónimo, especie centinela (transvector), y fechas de monitoreo.
- Tabla 5. Estaciones de monitoreo para muestreo complementario asociado a plaga FAN en la región de Los Lagos incluyendo código, sectorización, topónimo, y fechas de monitoreo.
- Tabla 6. Abreviaturas usadas en Topónimos
- Tabla 7. Escalas de abundancia relativa para *Dinophysis acuta*, *Alexandrium catenella*, *Pseudo-nitzschia australis* y *P. pseudodelicatissima*.
- Tabla 8. Períodos de muestreo en las áreas de estudios establecidas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, comprendidos entre diciembre 2008 y enero 2010.
- Tabla 9. Estaciones de monitoreo complementarias en la región de Aysén, incluyendo código, sectorización, topónimo, coordenadas, especie centinela (transvector) y fechas de muestreo.
- Tabla 10. Estaciones de monitoreo complementarias en la región de Magallanes, incluyendo código, sectorización, topónimo, coordenadas, especie centinela (transvector) y fechas de muestreo.
- Tabla 11. Escala de distribución del porcentaje de toxicidad para VPM, en el área de estudio.
- Tabla 12. Resultados de los análisis de Veneno Paralizante de los Mariscos ($\mu\text{g STX eq} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) para estaciones de monitoreo de emergencia de la región de Los Lagos.
- Tabla 13. Resultados de los análisis de Abundancia relativa de *Alexandrium catenella* para estaciones de monitoreo de emergencia de la región de Los Lagos.
- Tabla 14. Resultados de Análisis de sedimentos (Fracción sedimentaria y Contenido de Materia orgánica) para la región de Los Lagos. Crucero 3 (11 marzo – 2 abril 2009).
- Tabla 15. Resultados de Análisis de sedimentos (Fracción sedimentaria y Contenido de Materia orgánica) para la región de Aysén. Crucero 2 (28 enero – 8 marzo 2009).



- Tabla 16. Resultados de Análisis de sedimentos (Fracción sedimentaria y Contenido de Materia orgánica) para la región de Magallanes. Crucero 3 (15 marzo – 1 abril 2009).
- Tabla 17. Resultados de Análisis de quistes viables de *Alexandrium catenella* (quistes·mL⁻¹) en sedimentos de la región de Los Lagos, entre marzo y noviembre de 2009.
- Tabla 18. Resultados de Análisis de quistes viables de *Alexandrium catenella* (quistes·mL⁻¹) en sedimentos de la región de Aysén, entre marzo y abril de 2009.
- Tabla 19. Resultados de Análisis de quistes viables de *Alexandrium catenella* (quistes·mL⁻¹) en sedimentos de la región de Magallanes, en octubre de 2009.
- Tabla 20. Listado de especies con mayor frecuencia de aparición (%) en muestras de red, en la región de Los Lagos.
- Tabla 21. Listado de especies con mayor frecuencia de aparición (%) en muestras de red, en la región de Aysén.
- Tabla 22. Listado de especies con mayor frecuencia de aparición (%) en muestras de red, en la región de Magallanes.
- Tabla 23. Índices de Diversidad y Uniformidad para el fitoplancton cuantitativo de la región de Los Lagos.
- Tabla 24. Índices de Diversidad y Uniformidad para el fitoplancton cuantitativo de la región de Aysén.
- Tabla 25. Índices de Diversidad y Uniformidad para el fitoplancton cuantitativo de la región de Magallanes.
- Tabla 26. Análisis de similitud (ANOSIM) para el fitoplancton del estrato superficie – 10m de las regiones de Los lagos, Aysén y Magallanes, para el período de monitoreo completo, y por estaciones del año.
- Tabla 27. Resultados Meteorológicos. Temperaturas mensuales.
- Tabla 28. Resultados Meteorológicos. Humedad relativa y precipitación mensual.
- Tabla 29. Resultados Meteorológicos. Velocidad del viento mensual.
- Tabla 30. Sector Estuario y Seno Reloncaví. Varianza total explicada con método de extracción análisis de componentes principales.
- Tabla 31. Sector Golfo de Ancud e Islas Desertores. Varianza total explicada con método de extracción análisis de componentes principales.
- Tabla 32. Sector Golfo Corcovado y lugares adyacentes. Varianza total explicada con método de extracción análisis de componentes principales.



- Tabla 33. Sector sur del Canal Moraleda y lugares adyacentes. Varianza total explicada con método de extracción análisis de componentes principales.
- Tabla 34. Sector Caleta Tortel. Variables. Varianza total explicada con método de extracción análisis de componentes principales.
- Tabla 35. Sector Puerto Edén y Canal Trinidad. Varianza total explicada con método de extracción análisis de componentes principales.
- Tabla 36. Sector Puerto Natales. Variables. Varianza total explicada con método de extracción análisis de componentes principales.
- Tabla 37. Sector Estrecho de Magallanes y lugares adyacentes. Varianza total explicada con método de extracción análisis de componentes principales.
- Tabla 38. Sector Puerto Williams. Varianza total explicada con método de extracción análisis de componentes principales.
- Tabla 39. Sectores que incluyen análisis de nutrientes y zooplancton. Varianza total explicada con método de extracción análisis de componentes principales.
- Tabla 40. Estaciones de monitoreo complementarias en la región de Aysén, resultados de los análisis de Veneno Paralizante de los Mariscos ($\mu\text{g STX eq} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)
- Tabla 41. Estaciones de monitoreo complementarias en la región de Magallanes, resultados de los análisis de Veneno Paralizante de los Mariscos ($\mu\text{g STX eq} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)
- Tabla 42. Estaciones de monitoreo complementarias en la región de Aysén, resultados de los análisis de Abundancia relativa de ***Alexandrium catenella***.
- Tabla 43. Estaciones de monitoreo complementarias en la región de Magallanes, resultados de los análisis de Abundancia relativa de ***Alexandrium catenella***.
- Tabla 44. Estaciones de monitoreo complementarias en la región de Aysén, resultados de los análisis de sedimentos (Fracción sedimentaria y Contenido de Materia orgánica)
- Tabla 45. Estaciones de monitoreo complementarias en la región de Magallanes, resultados de los análisis de sedimentos (Fracción sedimentaria y Contenido de Materia orgánica)
- Tabla 46. Estaciones de monitoreo complementarias en la región de Aysén, resultados de análisis de quistes viables de ***Alexandrium catenella***.
- Tabla 47. Estaciones de monitoreo complementarias en la región de Magallanes, resultados de análisis de quistes viables de ***Alexandrium catenella***.



FIGURAS

- Figura 1 Topónimos y distribución geográfica de las estaciones de muestreo en la región de Los Lagos
- Figura 2 Topónimos y distribución geográfica de las estaciones de muestreo en la región de Aysén
- Figura 3 Topónimos y distribución geográfica de las estaciones de muestreo en la región de Magallanes
- Figura 4 Topónimos y distribución geográfica de las estaciones de muestreo complementarias en la región de Aysén
- Figura 5 Topónimos y distribución geográfica de las estaciones de muestreo complementarias en la región de Magallanes
- Figura 6 Veneno Paralizante de los Mariscos (VPM) en la región de Los Lagos, valores promedio en el período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 7 Veneno Paralizante de los Mariscos (VPM) en la región de Aysén, valores promedio en el período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 8 Veneno Paralizante de los Mariscos (VPM) en la región de Magallanes, valores promedio en el período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 9 Distribución de la toxicidad de VPM en transvectores selectos. Período diciembre 2008 - enero 2010. Regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes
- Figura 10 Toxicidad (VPM) por crucero entre las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, período comprendido entre diciembre 2008 – enero 2010 (promedio $\pm$ error estándar)
- Figura 11 Toxicidad de VPM acumulada. Período diciembre 2008 - enero 2010. Región de Los Lagos
- Figura 12 Toxicidad de VPM acumulada. Período diciembre 2008 - diciembre 2009. Región de Aysén - Áreas Melinka y Raúl Marín Balmaceda
- Figura 13 Toxicidad de VPM acumulada. Período diciembre 2008 - diciembre 2009. Región de Aysén - Área Continental
- Figura 14 Toxicidad de VPM acumulada. Período diciembre 2008 - diciembre 2009. Región de Aysén - Área Insular
- Figura 15 Toxicidad de VPM acumulada. Período diciembre 2008 - diciembre 2009. Región de Aysén - Área Tortel
- Figura 16 Variación temporal de la toxicidad (VPM) en diferentes transvectores de la región de Aysén. Período diciembre 2008 – diciembre 2009 (Promedio $\pm$ EE)
- Figura 17 Variación temporal de la toxicidad (VPM) en cholgas en estaciones selectas de la región de Aysén, entre diciembre de 2008 y diciembre de 2009 (promedio $> 80 \mu\text{g STX eq. } 100\text{g}^{-1}$)
- Figura 18 Variaciones de la toxicidad (VPM) en diferentes transvectores secundarios en las localidades con los niveles de toxicidad promedio más altos de la región de Aysén (promedio $> 80 \mu\text{g STX eq } 100\text{g}^{-1}$).



- Figura 19 Variaciones de la toxicidad (VPM) en cholga, chorito, almeja y culengue durante los cruceros de estudio (diciembre 2008 - diciembre 2009) en distintas localidades de la región de Aysén
- Figura 20 Toxicidad de VPM acumulada. Período diciembre 2008 - enero 2010. Región de Magallanes - Área Norte
- Figura 21 Toxicidad de VPM acumulada. Período diciembre 2008 - enero 2010. Región de Magallanes - Área Centro
- Figura 22 Toxicidad de VPM acumulada. Período diciembre 2008 - enero 2010. Región de Magallanes - Área Sur
- Figura 23 Variaciones de la toxicidad (VPM) en cholga (A y B) chorito (C y D) durante los cruceros de estudio (diciembre de 2008 – enero 2010) en distintas localidades de la región de Magallanes
- Figura 24 Estadísticas descriptivas de la toxicidad de VPM en mariscos en las estaciones de muestreo en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes (Período diciembre 2008 – enero 2010)
- Figura 25 Dendrograma de toxicidad (VPM) para las estaciones de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Período diciembre 2008 - enero 2010 (se excluyeron estaciones que no presentaron toxina detectable mediante bioensayo de ratón durante el período)
- Figura 26 Escalamiento Multidimensional de la toxicidad (VPM) en estaciones de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes durante el período diciembre 2008 - enero 2010 (se excluyeron estaciones que no presentaron toxina detectable mediante bioensayo de ratón durante el período)
- Figura 27 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la toxina paralizante (VPM) en la región de Los Lagos
- Figura 28 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la toxina paralizante (VPM) en la región de Aysén
- Figura 29 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la toxina paralizante (VPM) en la región de Magallanes
- Figura 30 Abundancia relativa de especies tóxicas y potencialmente tóxicas (***Alexandrium catenella***, ***Dinophysis acuminata*** y ***D. acuta***) en la región de Los Lagos entre diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 31 Abundancia relativa de especies tóxicas y potencialmente tóxicas (***Alexandrium catenella***, ***Dinophysis acuminata*** y ***D. acuta***) en la región de Aysén entre diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 32 Abundancia relativa de especies tóxicas y potencialmente tóxicas (***Alexandrium catenella***, ***Dinophysis acuminata*** y ***D. acuta***) en la región de Magallanes entre diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 33 Distribución de la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella***. Período diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes
- Figura 34 Variación temporal de la abundancia relativa (promedio $\pm$ EE) de ***Alexandrium catenella*** en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes entre diciembre de 2008 y diciembre de 2009
- Figura 35 Abundancia relativa acumulada de ***Alexandrium catenella*** en la región de Los Lagos. Período diciembre 2008 - enero 2010



- Figura 36 Abundancia relativa acumulada de ***Alexandrium catenella*** en la región de Aysén. Áreas Melinka y Raúl Marín Balmaceda. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 37 Abundancia relativa acumulada de ***Alexandrium catenella*** en la región de Aysén. Área Continental. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 38 Abundancia relativa acumulada de ***Alexandrium catenella*** en la región de Aysén. Área Insular. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 39 Abundancia relativa acumulada de ***Alexandrium catenella*** en la región de Aysén. Área Tortel. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 40 Abundancia relativa acumulada de ***Alexandrium catenella*** en la región de Magallanes. Área Norte. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 41 Abundancia relativa acumulada de ***Alexandrium catenella*** en la región de Magallanes. Área Centro. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 42 Abundancia relativa acumulada de ***Alexandrium catenella*** en la región de Magallanes. Área Sur. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 43 Dendrograma de la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** para las estaciones de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Período diciembre 2008 - enero 2010 (se excluyeron estaciones que no registraron presencia de la especie durante todo el período)
- Figura 44 Escalamiento Multidimensional de la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** en estaciones de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes durante el período diciembre 2008 - enero 2010 (se excluyeron estaciones que no registraron presencia de la especie durante todo el período)
- Figura 45 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la Abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** en la región de Los Lagos
- Figura 46 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la Abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** en la región de Aysén
- Figura 47 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la Abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** en la región de Magallanes
- Figura 48 Distribución de la densidad de ***Alexandrium catenella*** (Superficie-10 m) Período diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes
- Figura 49 Estadísticas descriptivas para la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y toxicidad (VPM) en estaciones seleccionadas del área Chiloé Sur de la región de Los Lagos
- Figura 50 Variación temporal de la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y de la toxicidad (VPM) en almejas, en estaciones seleccionadas del área Chiloé Sur de la región de los Lagos con un nivel de toxina paralizante promedio detectable mediante el bioensayo del ratón
- Figura 51a Estadísticas descriptivas para la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y toxicidad (VPM) en estaciones seleccionadas del área Melinka de la región de Aysén



- Figura 51b Estadísticas descriptivas para la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y toxicidad (VPM) en estaciones seleccionadas de las áreas Raúl Marín Balmaceda y Litoral Continental de la región de Aysén.
- Figura 51c Estadísticas descriptivas para la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y toxicidad (VPM) en estaciones seleccionadas de las áreas Litoral Continental y Litoral Insular de la región de Aysén.
- Figura 51d Estadísticas descriptivas para la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y toxicidad (VPM) en estaciones seleccionadas del área Litoral Insular de la región de Aysén.
- Figura 51e Estadísticas descriptivas para la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y toxicidad (VPM) en estaciones seleccionadas del área Tortel de la región de Aysén.
- Figura 52a Variación temporal de la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y de la toxicidad (VPM) en cholgas, en estaciones seleccionadas del área Melinka de la región de Aysén con un nivel de toxina paralizante promedio anual mayor a $80 \mu\text{g STX eq.} \times 100\text{g}^{-1}$ de carne.
- Figura 52b Variación temporal de la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y de la toxicidad (VPM) en cholgas, en estaciones seleccionadas de las áreas Raúl Marín Balmaceda y Litoral Continental de la región de Aysén con un nivel de toxina paralizante promedio anual mayor a $80 \mu\text{g STX eq.} \times 100\text{g}^{-1}$ de carne.
- Figura 52c Variación temporal de la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y de la toxicidad (VPM) en cholgas, en estaciones seleccionadas de las áreas Litoral Continental y Litoral Insular de la región de Aysén con un nivel de toxina paralizante promedio anual mayor a $80 \mu\text{g STX eq.} \times 100\text{g}^{-1}$ de carne.
- Figura 52d Variación temporal de la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y de la toxicidad (VPM) en cholgas, en estaciones seleccionadas del área Litoral Insular de la región de Aysén con un nivel de toxina paralizante promedio anual mayor a $80 \mu\text{g STX eq.} \times 100\text{g}^{-1}$ de carne.
- Figura 52e Variación temporal de la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y de la toxicidad (VPM) en cholgas, en estaciones seleccionadas del área Litoral Insular de la región de Aysén con un nivel de toxina paralizante promedio anual mayor a $80 \mu\text{g STX eq.} \times 100\text{g}^{-1}$ de carne.
- Figura 52f Variación temporal de la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y de la toxicidad (VPM) en cholgas, en estaciones seleccionadas del área Tortel de la región de Aysén con un nivel de toxina paralizante promedio anual mayor a $80 \mu\text{g STX eq.} \times 100\text{g}^{-1}$ de carne.
- Figura 53a Estadísticas descriptivas para la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y toxicidad (VPM) en estaciones seleccionadas del área Norte de la región de Magallanes.
- Figura 53b Estadísticas descriptivas para la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y toxicidad (VPM) en estaciones seleccionadas del área Centro de la región de Magallanes.
- Figura 53c Estadísticas descriptivas para la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y toxicidad (VPM) en estaciones seleccionadas del área Sur de la región de Magallanes.



- Figura 54a Variación temporal de la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y de la toxicidad (VPM) en cholgas, en estaciones seleccionadas del área Norte de la región de Magallanes con un nivel de toxina paralizante promedio anual mayor a 80 µg STX eq. x 100g⁻¹ de carne.
- Figura 54b Variación temporal de la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y de la toxicidad (VPM) en choritos, en estaciones seleccionadas del área Centro de la región de Magallanes con un nivel de toxina paralizante promedio anual mayor a 80 µg STX eq. x 100g⁻¹ de carne.
- Figura 54c Variación temporal de la abundancia relativa de ***Alexandrium catenella*** y de la toxicidad (VPM) en cholgas, en estaciones seleccionadas del área Sur de la región de Magallanes con un nivel de toxina paralizante promedio anual mayor a 80 µg STX eq. x 100g⁻¹ de carne.
- Figura 55 Toxicidad de VPM acumulada. Monitoreo de emergencia en la región de Los Lagos, período marzo a mayo 2009
- Figura 56 Abundancia relativa acumulada de ***Alexandrium catenella*** en la región de Los Lagos. Monitoreo de emergencia en la región de Los Lagos, período marzo a mayo 2009
- Figura 57 Distribución porcentual de muestras positivas y negativas para VDM en mariscos. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 58 Veneno Diarreico de los Mariscos (VDM) en la región de Los Lagos, frecuencia valores positivos período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 59 Veneno Diarreico de los Mariscos (VDM) en la región de Aysén, frecuencia valores positivos período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 60 Veneno Diarreico de los Mariscos (VDM) en la región de Magallanes, frecuencia valores positivos período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 61 Muestras positivas acumuladas para VDM en la región de Los Lagos. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 62 Muestras positivas acumuladas para VDM en la región de Aysén. Áreas Melinka y Raúl Marín Balmaceda. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 63 Muestras positivas acumuladas para VDM en la región de Aysén. Área Continental. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 64 Muestras positivas acumuladas para VDM en la región de Aysén. Área Insular. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 65 Muestras positivas acumuladas para VDM en la región de Aysén. Área Tortel. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 66 Muestras positivas acumuladas para VDM en la región de Magallanes. Área Norte. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 67 Muestras positivas acumuladas para VDM en la región de Magallanes. Área Centro. Período diciembre 2008 - enero 2010



- Figura 68 Muestras positivas acumuladas para VDM en la región de Magallanes. Área Sur. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 69 Dendrograma de toxicidad (VDM) para las estaciones de las regiones de Los Lagos y Aysén. Período diciembre 2008 - enero 2010 (se excluyeron estaciones que no presentaron muestras positivas al bioensayo de ratón durante el período)
- Figura 70 Escalamiento Multidimensional de la toxicidad (VDM) en estaciones de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes durante el período diciembre 2008 - enero 2010 (se excluyeron estaciones que no presentaron muestras positivas al bioensayo de ratón durante el período)
- Figura 71 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la toxina diarreica (VDM) en la región de Los Lagos
- Figura 72 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la toxina diarreica (VDM) en la región de Aysén
- Figura 73 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la toxina diarreica (VDM) en la región de Magallanes
- Figura 74 Distribución de la abundancia relativa de *Dinophysis acuminata*. Período diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes
- Figura 75 Variación temporal de la abundancia relativa (promedio $\pm$ EE) de *Dinophysis acuminata* en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes entre diciembre de 2008 y diciembre de 2009
- Figura 76 Abundancia relativa acumulada de *Dinophysis acuminata* en la región de Los Lagos. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 77 Abundancia relativa acumulada de *Dinophysis acuminata* en la región de Aysén. Áreas Melinka y Raúl Marín Balmaceda. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 78 Abundancia relativa acumulada de *Dinophysis acuminata* en la región de Aysén. Área Continental. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 79 Abundancia relativa acumulada de *Dinophysis acuminata* en la región de Aysén. Área Insular. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 80 Abundancia relativa acumulada de *Dinophysis acuminata* en la región de Aysén. Área Tortel. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 81 Abundancia relativa acumulada de *Dinophysis acuminata* en la región de Magallanes. Área Norte. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 82 Abundancia relativa acumulada de *Dinophysis acuminata* en la región de Magallanes. Área Centro. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 83 Abundancia relativa acumulada de *Dinophysis acuminata* en la región de Magallanes. Área Sur. Período diciembre 2008 - enero 2010



- Figura 84 Dendrograma de la abundancia relativa de ***Dinophysis acuminata*** para las estaciones de las regiones de Los Lagos y Aysén. Período diciembre 2008 - enero 2010 (se excluyeron estaciones que no registraron presencia de la especie durante todo el período)
- Figura 85 Escalamiento Multidimensional de la abundancia relativa de ***Dinophysis acuminata*** en estaciones de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes durante el período diciembre 2008 - enero 2010 (se excluyeron estaciones que no registraron presencia de la especie durante todo el período)
- Figura 86 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la Abundancia relativa de ***Dinophysis acuminata*** en la región de Los Lagos
- Figura 87 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la Abundancia relativa de ***Dinophysis acuminata*** en la región de Aysén
- Figura 88 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la Abundancia relativa de ***Dinophysis acuminata*** en la región de Magallanes
- Figura 89 Distribución de la densidad de ***Dinophysis acuminata*** (Superficie-10 m) Período diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes
- Figura 90 Distribución de la abundancia relativa de ***Dinophysis acuta***. Período diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes
- Figura 91 Variación temporal de la abundancia relativa (promedio $\pm$ EE) de ***Dinophysis acuta*** en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes entre diciembre de 2008 y diciembre de 2009.
- Figura 92 Abundancia relativa acumulada de ***Dinophysis acuta*** en la región de Los Lagos. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 93 Abundancia relativa acumulada de ***Dinophysis acuta*** en la región de Aysén. Áreas Melinka y Raúl Marín Balmaceda. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 94 Abundancia relativa acumulada de ***Dinophysis acuta*** en la región de Aysén. Área Continental. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 95 Abundancia relativa acumulada de ***Dinophysis acuta*** en la región de Aysén. Área Insular. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 96 Abundancia relativa acumulada de ***Dinophysis acuta*** en la región de Aysén. Área Tortel. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 97 Abundancia relativa acumulada de ***Dinophysis acuta*** en la región de Magallanes. Área Norte. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 98 Abundancia relativa acumulada de ***Dinophysis acuta*** en la región de Magallanes. Área Centro. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 99 Dendrograma de la abundancia relativa de ***Dinophysis acuta*** para las estaciones de las regiones de Los Lagos y Aysén. Período diciembre 2008 - enero 2010 (se excluyeron estaciones que no registraron presencia de la especie durante todo el período)



- Figura 100 Escalamiento Multidimensional de la abundancia relativa de ***Dinophysis acuta*** en estaciones de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes durante el período diciembre 2008 - enero 2010 (se excluyeron estaciones que no registraron presencia de la especie durante todo el período)
- Figura 101 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la Abundancia relativa de ***Dinophysis acuta*** en la región de Los Lagos
- Figura 102 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la Abundancia relativa de ***Dinophysis acuta*** en la región de Aysén
- Figura 103 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la Abundancia relativa de ***Dinophysis acuta*** en la región de Magallanes
- Figura 104 Distribución de la densidad de ***Dinophysis acuta*** (Superficie-10 m) Período diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes
- Figura 105 Abundancia relativa de especies tóxicas y potencialmente tóxicas (***Pseudo-nitzschia cf. australis***, ***P. cf. pseudodelicatissima***, ***Protoceratium reticulatum*** y ***Alexandrium ostenfeldii***) en la región de Los Lagos entre diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 106 Abundancia relativa de especies tóxicas y potencialmente tóxicas (***Pseudo-nitzschia cf. australis***, ***P. cf. pseudodelicatissima***, ***Protoceratium reticulatum*** y ***Alexandrium ostenfeldii***) en la región de Aysén entre diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 107 Abundancia relativa de especies tóxicas y potencialmente tóxicas (***Pseudo-nitzschia cf. australis***, ***P. cf. pseudodelicatissima***, ***Protoceratium reticulatum*** y ***Alexandrium ostenfeldii***) en la región de Magallanes entre diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 108 Distribución de la abundancia relativa de ***Pseudo-nitzschia cf. australis***. Período diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes
- Figura 109 Variación temporal de la abundancia relativa (promedio $\pm$ EE) de ***Pseudo-nitzschia cf. australis*** en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes entre diciembre de 2008 y diciembre de 2009
- Figura 110 Abundancia relativa acumulada de ***Pseudo-nitzschia cf. australis*** en la región de Los Lagos. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 111 Abundancia relativa acumulada de ***Pseudo-nitzschia cf. australis*** en la región de Aysén. Áreas Melinka y Raúl Marín Balmaceda. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 112 Abundancia relativa acumulada de ***Pseudo-nitzschia cf. australis*** en la región de Aysén. Área Continental. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 113 Abundancia relativa acumulada de ***Pseudo-nitzschia cf. australis*** en la región de Aysén. Área Insular. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 114 Abundancia relativa acumulada de ***Pseudo-nitzschia cf. australis*** en la región de Aysén. Área Tortel. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 115 Abundancia relativa acumulada de ***Pseudo-nitzschia cf. australis*** en la región de Magallanes. Área Norte. Período diciembre 2008 - enero 2010



- Figura 116 Abundancia relativa acumulada de ***Pseudo-nitzschia cf. australis*** en la región de Magallanes. Área Centro. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 117 Abundancia relativa acumulada de ***Pseudo-nitzschia cf. australis*** en la región de Magallanes. Área Sur. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 118 Distribución de la densidad de ***Pseudo-nitzschia cf. australis*** (Superficie-10 m) Período diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes
- Figura 119 Distribución de la abundancia relativa de ***Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima***. Período diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes
- Figura 120 Variación temporal de la abundancia relativa (promedio $\pm$ EE) de ***Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*** en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes entre diciembre de 2008 y diciembre de 2009
- Figura 121 Abundancia relativa acumulada de ***Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*** en la región de Los Lagos. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 122 Abundancia relativa acumulada de ***Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*** en la región de Aysén. Áreas Melinka y Raúl Marín Balmaceda. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 123 Abundancia relativa acumulada de ***Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*** en la región de Aysén. Área Continental. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 124 Abundancia relativa acumulada de ***Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*** en la región de Aysén. Área Insular. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 125 Abundancia relativa acumulada de ***Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*** en la región de Aysén. Área Tortel. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 126 Abundancia relativa acumulada de ***Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*** en la región de Magallanes. Área Norte. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 127 Abundancia relativa acumulada de ***Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*** en la región de Magallanes. Área Centro. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 128 Abundancia relativa acumulada de ***Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*** en la región de Magallanes. Área Sur. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 129 Distribución de la densidad de ***Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*** (Superficie-10 m) Período diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes
- Figura 130 Distribución de la abundancia relativa de ***Protoceratium reticulatum***. Período diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes
- Figura 131 Variación temporal de la abundancia relativa (promedio $\pm$ EE) de ***Protoceratium reticulatum*** en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes entre diciembre de 2008 y diciembre de 2009
- Figura 132 Abundancia relativa acumulada de ***Protoceratium reticulatum*** en la región de Los Lagos. Período diciembre 2008 - enero 2010



- Figura 133 Abundancia relativa acumulada de ***Protoceratium reticulatum*** en la región de Aysén. Áreas Melinka y Raúl Marín Balmaceda. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 134 Abundancia relativa acumulada de ***Protoceratium reticulatum*** en la región de Aysén. Área Continental. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 135 Abundancia relativa acumulada de ***Protoceratium reticulatum*** en la región de Aysén. Área Insular. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 136 Abundancia relativa acumulada de ***Protoceratium reticulatum*** en la región de Aysén. Área Tortel. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 137 Abundancia relativa acumulada de ***Protoceratium reticulatum*** en la región de Magallanes. Área Norte. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 138 Dendrograma de la abundancia relativa de ***Protoceratium reticulatum*** para las estaciones de las regiones de Los Lagos y Aysén. Período diciembre 2008 - enero 2010 (se excluyeron estaciones que no registraron presencia de la especie durante todo el período)
- Figura 139 Escalamiento Multidimensional de la abundancia relativa de ***Protoceratium reticulatum*** en estaciones de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes durante el período diciembre 2008 - enero 2010 (se excluyeron estaciones que no registraron presencia de la especie durante todo el período)
- Figura 140 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la Abundancia relativa de ***Protoceratium reticulatum*** en la región de Los Lagos
- Figura 141 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la Abundancia relativa de ***Protoceratium reticulatum*** en la región de Aysén
- Figura 142 Distribución de la densidad de ***Protoceratium reticulatum*** (Superficie-10 m) Período diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes
- Figura 143 Distribución de la abundancia relativa de ***Alexandrium ostenfeldii***. Período diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes
- Figura 144 Variación temporal de la abundancia relativa (promedio $\pm$ EE) de ***Alexandrium ostenfeldii*** en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes entre diciembre de 2008 y diciembre de 2009
- Figura 145 Abundancia relativa acumulada de ***Alexandrium ostenfeldii*** en la región de Los Lagos. Período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 146 Abundancia relativa acumulada de ***Alexandrium ostenfeldii*** en la región de Aysén. Áreas Melinka y Raúl Marín Balmaceda. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 147 Abundancia relativa acumulada de ***Alexandrium ostenfeldii*** en la región de Aysén. Área Continental. Período diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 148 Abundancia relativa acumulada de ***Alexandrium ostenfeldii*** en la región de Aysén. Área Insular. Período diciembre 2008 - diciembre 2009



- Figura 149 Abundancia relativa acumulada de ***Alexandrium ostenfeldii*** en la regi3n de Ays3n. 3rea Tortel. Per3odo diciembre 2008 - diciembre 2009
- Figura 150 Distribuci3n de la densidad de ***Alexandrium ostenfeldii*** (Superficie-10 m) Per3odo diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Ays3n y Magallanes
- Figura 151 Distribuci3n del 3ndice G. Per3odo diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Ays3n y Magallanes
- Figura 152 Distribuci3n del 3ndice de Diversidad de Margalef. Per3odo diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Ays3n y Magallanes
- Figura 153 Distribuci3n del 3ndice de Diversidad de Menhinick. Per3odo diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Ays3n y Magallanes
- Figura 154 Distribuci3n del 3ndice de Diversidad de Shannon-Wiener. Per3odo diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Ays3n y Magallanes
- Figura 155 Distribuci3n del 3ndice de Uniformidad. Per3odo diciembre 2008 - enero 2010, en las regiones de Los Lagos, Ays3n y Magallanes
- Figura 156 Escalamiento Multidimensional de la composici3n fitoplanct3nica del estrato superficie - 10 m para los sitios de muestreo durante el per3odo diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 157 Escalamiento Multidimensional de la composici3n fitoplanct3nica del estrato superficie - 10 m para los sitios de muestreo durante el per3odo de Verano (enero - marzo 2009)
- Figura 158 Escalamiento Multidimensional de la composici3n fitoplanct3nica del estrato superficie - 10 m para los sitios de muestreo durante el per3odo de Oto3o (abril - junio 2009)
- Figura 159 Escalamiento Multidimensional de la composici3n fitoplanct3nica del estrato superficie - 10 m para los sitios de muestreo durante el per3odo de Invierno (julio - septiembre 2009)
- Figura 160 Escalamiento Multidimensional de la composici3n fitoplanct3nica del estrato superficie - 10 m para los sitios de muestreo durante el per3odo de Primavera (octubre - diciembre 2009)
- Figura 161 Representaci3n de conglomerados generados por an3lisis SIMPROF para la matriz de similitud del fitoplancton cuantitativo en el estrato superficie-10m para la regi3n de Los Lagos durante el per3odo diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 162 Representaci3n de conglomerados generados por an3lisis SIMPROF para la matriz de similitud del fitoplancton cuantitativo en el estrato superficie-10m para la regi3n de Los Lagos durante el per3odo de Verano (enero - marzo 2009)
- Figura 163 Representaci3n de conglomerados generados por an3lisis SIMPROF para la matriz de similitud del fitoplancton cuantitativo en el estrato superficie-10m para la regi3n de Los Lagos durante el per3odo de Oto3o (abril - junio 2009)
- Figura 164 Representaci3n de conglomerados generados por an3lisis SIMPROF para la matriz de similitud del fitoplancton cuantitativo en el estrato superficie-10m para la regi3n de Los Lagos durante el per3odo de Invierno (julio - septiembre 2009)



- Figura 165 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la matriz de similitud del fitoplancton cuantitativo en el estrato superficie-10m para la región de Los Lagos durante el período de Primavera (octubre - diciembre 2009)
- Figura 166 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la matriz de similitud del fitoplancton cuantitativo en el estrato superficie-10m para la región de Aysén durante el período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 167 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la matriz de similitud del fitoplancton cuantitativo en el estrato superficie-10m para la región de Aysén durante el período de Verano (enero - marzo 2009)
- Figura 168 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la matriz de similitud del fitoplancton cuantitativo en el estrato superficie-10m para la región de Aysén durante el período de Otoño (abril - junio 2009)
- Figura 169 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la matriz de similitud del fitoplancton cuantitativo en el estrato superficie-10m para la región de Aysén durante el período de Invierno (julio - septiembre 2009)
- Figura 170 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la matriz de similitud del fitoplancton cuantitativo en el estrato superficie-10m para la región de Aysén durante el período de Primavera (octubre - diciembre 2009)
- Figura 171 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la matriz de similitud del fitoplancton cuantitativo en el estrato superficie-10m para la región de Magallanes durante el período diciembre 2008 - enero 2010
- Figura 172 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la matriz de similitud del fitoplancton cuantitativo en el estrato superficie-10m para la región de Magallanes durante el período de Verano (enero - marzo 2009)
- Figura 173 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la matriz de similitud del fitoplancton cuantitativo en el estrato superficie-10m para la región de Magallanes durante el período de Otoño (abril - junio 2009)
- Figura 174 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la matriz de similitud del fitoplancton cuantitativo en el estrato superficie-10m para la región de Magallanes durante el período de Invierno (julio - septiembre 2009)
- Figura 175 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF para la matriz de similitud del fitoplancton cuantitativo en el estrato superficie-10m para la región de Magallanes durante el período de Primavera (octubre - diciembre 2009)
- Figura 176 Distribución de la Clorofila a integrada (mg m^{-3}) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Estuario Reloncaví, región de Los Lagos. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 177 Distribución de la Clorofila a integrada (mg m^{-3}) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Estuario Reloncaví, región de Los Lagos. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera



- Figura 178 Distribución de la Clorofila a integrada (mg m^{-3}) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Chiloé, región de Los Lagos. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 179 Distribución de la Clorofila a integrada (mg m^{-3}) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Chiloé, región de Los Lagos. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 180 Distribución de la Clorofila a integrada (mg m^{-3}) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Aysén. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 181 Distribución de la Clorofila a integrada (mg m^{-3}) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Aysén. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 182 Distribución de la Clorofila a integrada (mg m^{-3}) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Tortel, región de Aysén. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 183 Distribución de la Clorofila a integrada (mg m^{-3}) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Tortel, región de Aysén. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 184 Distribución de la Clorofila a integrada (mg m^{-3}) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Norte, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 185 Distribución de la Clorofila a integrada (mg m^{-3}) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Norte, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 186 Distribución de la Clorofila a integrada (mg m^{-3}) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Centro, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 187 Distribución de la Clorofila a integrada (mg m^{-3}) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Centro, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 188 Distribución de la Clorofila a integrada (mg m^{-3}) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Sur, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 189 Distribución de la Clorofila a integrada (mg m^{-3}) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Sur, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 190 Distribución de la Clorofila a (mg m^{-3}) entre 0 y 100m de profundidad. Estaciones de Los Lagos
- Figura 191 Distribución de la Clorofila a (mg m^{-3}) entre 0 y 100m de profundidad. Estaciones de Aysén
- Figura 192 Distribución de la Clorofila a (mg m^{-3}) entre 0 y 100m de profundidad. Estaciones de Magallanes
- Figura 193 Variaciones de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) por crucero en cada una de las localidades de la región de Los Lagos, en Superficie, 5, 10 y 20 m de profundidad entre diciembre 2009 y enero 2010
- Figura 194 Variaciones de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) por crucero en cada una de las localidades de la región de Aysén, en Superficie, 5, 10 y 20 m de profundidad entre diciembre 2009 y enero 2010
- Figura 195 Variaciones de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) por crucero en cada una de las localidades de la región de Magallanes, en Superficie, 5, 10 y 20 m de profundidad entre diciembre 2009 y enero 2010



- Figura 196 Distribución de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Estuario Reloncaví, región de Los Lagos. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 197 Distribución de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Estuario Reloncaví, región de Los Lagos. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 198 Distribución de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Chiloé, región de Los Lagos. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 199 Distribución de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Chiloé, región de Los Lagos. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 200 Distribución de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Aysén. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 201 Distribución de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Aysén. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 202 Distribución de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Tortel, región de Aysén. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 203 Distribución de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Tortel, región de Aysén. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 204 Distribución de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Norte, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 205 Distribución de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Norte, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 206 Distribución de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Centro, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 207 Distribución de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Centro, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 208 Distribución de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Sur, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 209 Distribución de la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Sur, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 210 Variaciones de la Salinidad (psu) por crucero en cada una de las localidades de la región de Los Lagos, en Superficie, 5, 10 y 20 m de profundidad entre diciembre 2009 y enero 2010
- Figura 211 Variaciones de la Salinidad (psu) por crucero en cada una de las localidades de la región de Aysén, en Superficie, 5, 10 y 20 m de profundidad entre diciembre 2009 y enero 2010
- Figura 212 Variaciones de la Salinidad (psu) por crucero en cada una de las localidades de la región de Magallanes, en Superficie, 5, 10 y 20 m de profundidad entre diciembre 2009 y enero 2010



- Figura 213 Distribución de la Salinidad (psu) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Estuario Reloncaví, región de Los Lagos. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 214 Distribución de la Salinidad (psu) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Estuario Reloncaví, región de Los Lagos. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 215 Distribución de la Salinidad (psu) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Chiloé, región de Los Lagos. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 216 Distribución de la Salinidad (psu) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Chiloé, región de Los Lagos. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 217 Distribución de la Salinidad (psu) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Aysén. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 218 Distribución de la Salinidad (psu) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Aysén. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 219 Distribución de la Salinidad (psu) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Tortel, región de Aysén. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 220 Distribución de la Salinidad (psu) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Tortel, región de Aysén. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 221 Distribución de la Salinidad (psu) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Norte, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 222 Distribución de la Salinidad (psu) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Norte, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 223 Distribución de la Salinidad (psu) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Centro, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 224 Distribución de la Salinidad (psu) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Centro, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 225 Distribución de la Salinidad (psu) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Sur, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 226 Distribución de la Salinidad (psu) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Sur, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 227 Distribución del Oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Estuario Reloncaví, región de Los Lagos. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 228 Distribución del Oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Estuario Reloncaví, región de Los Lagos. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 229 Distribución del Oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Chiloé, región de Los Lagos. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 230 Distribución del Oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Chiloé, región de Los Lagos. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera



- Figura 231 Distribución del Oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Aysén. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 232 Distribución del Oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Aysén. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 233 Distribución del Oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Tortel, región de Aysén. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 234 Distribución del Oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Tortel, región de Aysén. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 235 Distribución del Oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Norte, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 236 Distribución del Oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Norte, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 237 Distribución del Oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Centro, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 238 Distribución del Oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Centro, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 239 Distribución del Oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre superficie y 10 m de profundidad. Área Sur, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 240 Distribución del Oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre 10 y 20 m de profundidad. Área Sur, región de Magallanes. A) Verano, B) Otoño, C) Invierno y D) Primavera
- Figura 241 Distribución de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre 0 y 100m de profundidad. Estaciones de Los Lagos
- Figura 242 Distribución de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre 0 y 100m de profundidad. Estaciones de Aysén
- Figura 243 Distribución de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre 0 y 100m de profundidad. Estaciones de Magallanes
- Figura 244 Distribución de la salinidad (psu) entre 0 y 100m de profundidad. Estaciones de Los Lagos
- Figura 245 Distribución de la salinidad (psu) entre 0 y 100m de profundidad. Estaciones de Aysén
- Figura 246 Distribución de la salinidad (psu) entre 0 y 100m de profundidad. Estaciones de Magallanes
- Figura 247 Distribución del oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre 0 y 100m de profundidad. Estaciones de Los Lagos
- Figura 248 Distribución del oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre 0 y 100m de profundidad. Estaciones de Aysén
- Figura 249 Distribución del oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) entre 0 y 100m de profundidad. Estaciones de Magallanes
- Figura 250 Registros continuos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$). Estaciones de Los Lagos
- Figura 251 Registros continuos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$). Estaciones de Aysén
- Figura 252 Registros continuos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$). Estaciones de Magallanes
- Figura 253 Promedio mensual de la temperatura del aire en las tres regiones del estudio, desde octubre de 2008 a febrero de 2010
- Figura 254 Promedio mensual de la humedad relativa en las tres regiones del estudio, desde octubre de 2008 a febrero de 2010



- Figura 255 Promedio mensual de la velocidad del viento en las tres regiones del estudio, desde octubre de 2008 a febrero de 2010
- Figura 256 Precipitación mensual en las tres regiones del estudio, desde octubre de 2008 a febrero de 2010
- Figura 257 Diagramas TS-VPM Los Lagos
- Figura 258 Diagramas TS-VPM Aysén
- Figura 259 Diagramas TS-VPM Magallanes
- Figura 260 Diagramas TS-VDM Los Lagos
- Figura 261 Diagramas TS-VDM Aysén
- Figura 262 Diagramas TS-VDM Magallanes
- Figura 263 Sector Estuario y Seno Reloncaví. Variables: Abund. Relativa de **D. acuminata** (C); Abund. relativa de **P. australis** (D); Abund. relativa de **P. pseudodelicatissima** (E); Abund. relativa de **A. ostentfeldii** (F); Abund. relativa de **P. reticulatum** (G); Índice G (H); Número de especies del fitoplancton (I); Transparencia del agua (J); Temperatura del aire (K); Presión barométrica (L); Velocidad del viento (M); Nubosidad (N); Veneno diarreico de los mariscos (Q); Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m (S10) y a 20m (S20); Salinidad del agua en superficie (T0), a 5m (T5), a 10m (T10) y a 20m (T20); Concentración de oxígeno en superficie (U0), a 5m (U5), a 10m (U10) y a 20m (U20) y Número de organismos del fitoplancton (W)
- Figura 264 Sector Golfo de Ancud e Islas Desertores. Variables: Abundancia relativa de **A. catenella** (A); Abund. relativa de **D. acuminata** (C); Abund. relativa de **P. australis** (D); Abund. relativa de **P. pseudodelicatissima** (E); Abund. relativa de **A. ostentfeldii** (F); Abund. relativa de **P. reticulatum** (G); Índice G (H); Número de especies del fitoplancton (I); Transparencia del agua (J); Presión barométrica (L); Velocidad del viento (M); Nubosidad (N); Dirección del viento (O); Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m (S10) y a 20m (S20); Salinidad del agua en superficie (T0), a 5m (T5), a 10m (T10) y a 20m (T20); Concentración de oxígeno en superficie (U0), a 5m (U5), a 10m (U10) y a 20m (U20) y Número de organismos del fitoplancton (W)
- Figura 265 Sector Golfo Corcovado y lugares adyacentes. Variables: Abundancia relativa de **A. catenella** (A); Abund. relativa de **D. acuta** (B); Abund. Relativa de **D. acuminata** (C); Abund. relativa de **P. australis** (D); Abund. relativa de **P. pseudodelicatissima** (E); Abund. relativa de **A. ostentfeldii** (F); Abund. relativa de **P. reticulatum** (G); Índice G (H); Número de especies del fitoplancton (I); Transparencia del agua (J); Velocidad del viento (M); Nubosidad (N); Veneno paralizante de los mariscos (P); Temperatura del agua en superficie (S0); Salinidad del agua en superficie (T0), a 5m (T5) y a 10m (T10) y Número de organismos del fitoplancton (W)



- Figura 266 Sector sur del Canal Moraleda y lugares adyacentes. Variables: Abundancia relativa de **A. catenella** (A); Abun. Relativa de **D. acuta** (B); Abun. Relativa de **D. acuminata** (C); Abund. relativa de **P. australis** (D); Abund. relativa de **P. pseudodelicatissima** (E); Abund. relativa de **A. ostefeldii** (F); Abund. relativa de **P. reticulatum** (G); Índice G (H); Número de especies del fitoplancton (I); Transparencia del agua (J); Temperatura del aire (K); Presión barométrica (L); Velocidad del viento (M); Nubosidad (N); Dirección del viento (O); Veneno paralizante de los mariscos (P); Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m (S10) y a 20m (S20); Salinidad del agua en superficie (T0), a 5m (T5), a 10m (T10) y a 20m (T20) y Número de organismos del fitoplancton (W)
- Figura 267 Sector Caleta Tortel. Variables: Variables: Abundancia relativa de **A. catenella** (A); Abun. Relativa de **D. acuta** (B); Abun. Relativa de **D. acuminata** (C); Abund. relativa de **P. australis** (D); Abund. relativa de **P. pseudodelicatissima** (E); Abund. relativa de **A. ostefeldii** (F); Abund. relativa de **P. reticulatum** (G); Índice G (H); Número de especies del fitoplancton (I); Transparencia del agua (J); Presión barométrica (L); Velocidad del viento (M); Nubosidad (N); Dirección del viento (O); Veneno paralizante de los mariscos (P); Veneno diarreico de los mariscos (Q); Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m (S10) y a 20m (S20); Salinidad del agua en superficie (T0), a 5m (T5), a 10m (T10) y a 20m (T20); Concentración de oxígeno en superficie (U0), a 5m (U5), a 10m (U10) y a 20m (U20) y Número de organismos del fitoplancton (W)
- Figura 268 Sector Puerto Edén y Canal Trinidad. Variables: Variables: Abundancia relativa de **A. catenella** (A); Abun. relativa de **D. acuta** (B); Abun. Relativa de **D. acuminata** (C); Abund. relativa de **P. australis** (D); Abund. relativa de **P. pseudodelicatissima** (E); Abund. relativa de **P. reticulatum** (G); Índice G (H); Número de especies del fitoplancton (I); Transparencia del agua (J); Temperatura del aire (K); Presión barométrica (L); Velocidad del viento (M); Nubosidad (N); Dirección del viento (O); Veneno paralizante de los mariscos (P); Veneno diarreico de los mariscos (Q); Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m (S10) y a 20m (S20); Salinidad del agua en superficie (T0), a 5m (T5), a 10m (T10) y a 20m (T20); Concentración de oxígeno en superficie (U0), a 5m (U5), a 10m (U10) y a 20m (U20) y Número de organismos del fitoplancton (W)
- Figura 269 Sector Puerto Natales. Variables: Variables: Abundancia relativa de **A. catenella** (A); Abun. relativa de **D. acuta** (B); Abun. relativa de **D. acuminata** (C); Abund. relativa de **P. australis** (D); Abund. relativa de **P. pseudodelicatissima** (E); Índice G (H); Número de especies del fitoplancton (I); Temperatura del aire (K); Presión barométrica (L); Velocidad del viento (M); Nubosidad (N); Dirección del viento (O); Veneno paralizante de los mariscos (P); Veneno diarreico de los mariscos (Q); Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m (S10) y a 20m (S20); Salinidad del agua en superficie (T0), a 5m (T5), a 10m (T10) y a 20m (T20); Concentración de oxígeno en superficie (U0), a 5m (U5), a 10m (U10) y a 20m (U20) y Número de organismos del fitoplancton (W)



- Figura 270 Sector Estrecho de Magallanes y lugares adyacentes. Variables: Abundancia relativa de **A. catenella** (A); Abun. relativa de **D. acuta** (B); Abun. relativa de **D. acuminata** (C); Abund. relativa de **P. australis** (D); Abund. relativa de **P. pseudodelicatissima** (E); Índice G (H); Número de especies del fitoplancton (I); Temperatura del aire (K); Presión barométrica (L); Velocidad del viento (M); Nubosidad (N); Dirección del viento (O); Veneno paralizante de los mariscos (P); Veneno diarreico de los mariscos (Q); Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m (S10) y a 20m (S20); Salinidad del agua en superficie (T0), a 5m (T5), a 10m (T10) y a 20m (T20); Concentración de oxígeno en superficie (U0), a 5m (U5), a 10m (U10) y a 20m (U20) y Número de organismos del fitoplancton (W)
- Figura 271 Sector Puerto Williams. Variables: Abundancia relativa de **A. catenella** (A); Abun. relativa de **D. acuminata** (C); Abund. relativa de **P. australis** (D); Abund. relativa de **P. pseudodelicatissima** (E); Índice G (H); Número de especies del fitoplancton (I); Temperatura del aire (K); Presión barométrica (L); Velocidad del viento (M); Nubosidad (N); Dirección del viento (O); Veneno paralizante de los mariscos (P); Veneno diarreico de los mariscos (Q); Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m (S10) y a 20m (S20) y Número de organismos del fitoplancton (W)
- Figura 272 Sectores que incluyen análisis de nutrientes y zooplancton: Abundancia relativa de **A. catenella** (A); Abun. relativa de **D. acuta** (B); Abun. relativa de **D. acuminata** (C); Abund. relativa de **P. australis** (D); Abund. relativa de **P. pseudodelicatissima** (E); Abund. relativa de **A. ostentfeldii** (F); Abund. relativa de **P. reticulatum** (G); Índice G (H); Número de especies del fitoplancton (I); Transparencia del agua (J); Velocidad del viento (M); Nubosidad (N); Dirección del viento (O); Veneno paralizante de los mariscos (P); Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m (S10) y a 20m (S20); Salinidad del agua en superficie (T0), a 5m (T5) y a 10m (T10); Concentración de oxígeno en superficie (U0), a 5m (U5), a 10m (U10) y a 20m (U20); Número de organismos del fitoplancton (W); Concentración de fosfatos (X1), Concentración de nitrato (X2); Concentración de nitritos (X3); Concentración de silicatos (X4); Número de grupos del zooplancton (Y) y Número de organismos del zooplancton (Z)
- Figura 273 Página Web de ingreso al SIG de Marea Roja para usuarios restringidos
- Figura 274 Vista del SIG en la Web disponible para todo público
- Figura 275 Estructura de las carpetas del SIG en el CD
- Figura 276 Diagrama de flujo del Sistema de Información Geográfica de Marea Roja
- Figura 277 Layout original "A", Algoritmo en XML "B" y Layout modificado "C"
- Figura 278 Ingreso de la información por software y por programación en el algoritmo
- Figura 279 Representación de conglomerados generados por análisis SIMPROF de la abundancia relativa de **A. catenella** en la región de Los Lagos (período octubre 2007 - diciembre 2009)
- Figura 280 Proporción de niveles de abundancia relativa y valores promedio de abundancia relativa por crucero para **A. catenella** en las áreas Sur de Chiloé y Melinka, período octubre 2007 - diciembre 2009
- Figura 281 Anomalía de temperatura superficial del mar y viento superficial en zona del pacífico sur. Diciembre



- 2008
- Figura 282 Anomalía de temperatura superficial del mar y viento superficial en zona del pacífico sur. Febrero - Marzo 2009
- Figura 283 Anomalía de temperatura superficial del mar y viento superficial en zona del pacífico sur. Marzo 2009



INDICE DE ANEXOS (TOMO III A Y B)

TOMO III A

- Anexo 1. Resultados de los análisis de Veneno Paralizante de los Mariscos ($\mu\text{g STX eq} * 100 \text{ g}^{-1}$) entre diciembre 2008 y enero 2010 para especies centinelas de la región de Los Lagos.
- Anexo 2. Resultados de los análisis de Veneno Paralizante de los Mariscos ($\mu\text{g STX eq} * 100 \text{ g}^{-1}$) entre diciembre 2008 y diciembre 2009 para especies centinelas de la región de Aysén.
- Anexo 3. Resultados de los análisis de Veneno Paralizante de los Mariscos ($\mu\text{g STX eq} * 100 \text{ g}^{-1}$) entre diciembre 2008 y diciembre 2009 para especies secundarias de la región de Aysén.
- Anexo 4. Resultados de los análisis de Veneno Paralizante de los Mariscos ($\mu\text{g STX eq} * 100 \text{ g}^{-1}$) entre diciembre 2008 y enero 2010 para especies centinelas de la región de Magallanes.
- Anexo 5. Resultados de los análisis de Veneno Diarreico de los Mariscos entre diciembre 2008 y enero 2010 para especies centinelas de la región de Los Lagos.
- Anexo 6. Resultados de los análisis de Veneno Diarreico de los Mariscos entre diciembre 2008 y diciembre 2009 para especies centinelas de la región de Aysén.
- Anexo 7. Resultados de los análisis de Veneno Diarreico de los Mariscos entre diciembre 2008 y diciembre 2009 para especies secundarias de la región de Aysén.
- Anexo 8. Resultados de los análisis de Veneno Diarreico de los Mariscos entre diciembre 2008 y enero 2010 para especies centinelas de la región de Magallanes.
- Anexo 9. Resultados de los análisis de Veneno Amnésico de los Mariscos ($\mu\text{g} * \text{g}^{-1}$) entre diciembre 2008 y enero 2010 para especies centinelas de la región de Los Lagos.
- Anexo 10. Resultados de los análisis de Veneno Amnésico de los Mariscos ($\mu\text{g} * \text{g}^{-1}$) entre diciembre 2008 y diciembre 2009 para especies centinelas de la región de Aysén.
- Anexo 11. Resultados de los análisis de Veneno Amnésico de los Mariscos ($\mu\text{g} * \text{g}^{-1}$) entre diciembre 2008 y enero 2010 para especies centinelas de la región de Magallanes.
- Anexo 12. Resultados del análisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la región de Los Lagos. Crucero 1.
- Anexo 13. Resultados del análisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la región de Los Lagos. Crucero 2.



- Anexo 14. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Los Lagos. Crucero 3.
- Anexo 15. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Los Lagos. Crucero 4.
- Anexo 16. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Los Lagos. Crucero 5.
- Anexo 17. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Los Lagos. Crucero 6.
- Anexo 18. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Los Lagos. Crucero 7.
- Anexo 19. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Los Lagos. Crucero 8.
- Anexo 20. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Los Lagos. Crucero 9.
- Anexo 21. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Los Lagos. Crucero 10.
- Anexo 22. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Ays3n. Crucero 1.
- Anexo 23. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Ays3n. Crucero 2.
- Anexo 24. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Ays3n. Crucero 3.
- Anexo 25. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Ays3n. Crucero 4.
- Anexo 26. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Ays3n. Crucero 5.
- Anexo 27. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Ays3n. Crucero 6.
- Anexo 28. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Ays3n. Crucero 7.
- Anexo 29. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Ays3n. Crucero 8.



- Anexo 30. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Ays3n. Crucero 9.
- Anexo 31. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Ays3n. Crucero 10.
- Anexo 32. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Magallanes. Crucero 1.
- Anexo 33. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Magallanes. Crucero 2.
- Anexo 34. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Magallanes. Crucero 3.
- Anexo 35. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Magallanes. Crucero 4.
- Anexo 36. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Magallanes. Crucero 5.
- Anexo 37. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Magallanes. Crucero 6.
- Anexo 38. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Magallanes. Crucero 7.
- Anexo 39. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Magallanes. Crucero 8.
- Anexo 40. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Magallanes. Crucero 9.
- Anexo 41. Resultados del an3lisis de fitoplancton cualitativo y frecuencia de especies en la regi3n de Magallanes. Crucero 10.
- Anexo 42. Densidad de fitoplancton ($\text{c3l} \cdot \text{L}^{-1}$) en la regi3n de Los Lagos. Crucero 1.
- Anexo 43. Densidad de fitoplancton ($\text{c3l} \cdot \text{L}^{-1}$) en la regi3n de Los Lagos. Crucero 2.
- Anexo 44. Densidad de fitoplancton ($\text{c3l} \cdot \text{L}^{-1}$) en la regi3n de Los Lagos. Crucero 3.

TOMO III B

- Anexo 45. Densidad de fitoplancton ($\text{c3l} \cdot \text{L}^{-1}$) en la regi3n de Los Lagos. Crucero 4.
- Anexo 46. Densidad de fitoplancton ($\text{c3l} \cdot \text{L}^{-1}$) en la regi3n de Los Lagos. Crucero 5.
- Anexo 47. Densidad de fitoplancton ($\text{c3l} \cdot \text{L}^{-1}$) en la regi3n de Los Lagos. Crucero 6.



- Anexo 48. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Los Lagos. Crucero 7.
- Anexo 49. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Los Lagos. Crucero 8.
- Anexo 50. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Los Lagos. Crucero 9.
- Anexo 51. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Los Lagos. Crucero 10.
- Anexo 52. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Aysén. Crucero 1.
- Anexo 53. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Aysén. Crucero 2.
- Anexo 54. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Aysén. Crucero 3.
- Anexo 55. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Aysén. Crucero 4.
- Anexo 56. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Aysén. Crucero 5.
- Anexo 57. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Aysén. Crucero 6.
- Anexo 58. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Aysén. Crucero 7.
- Anexo 59. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Aysén. Crucero 8.
- Anexo 60. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Aysén. Crucero 9.
- Anexo 61. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Aysén. Crucero 10.
- Anexo 62. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Magallanes. Crucero 1.
- Anexo 63. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Magallanes. Crucero 2.
- Anexo 64. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Magallanes. Crucero 3.
- Anexo 65. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Magallanes. Crucero 4.
- Anexo 66. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Magallanes. Crucero 5.
- Anexo 67. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Magallanes. Crucero 6.
- Anexo 68. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Magallanes. Crucero 7.
- Anexo 69. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Magallanes. Crucero 8.
- Anexo 70. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Magallanes. Crucero 9.
- Anexo 71. Densidad de fitoplancton (cél·L⁻¹) en la regi3n de Magallanes. Crucero 10.
- Anexo 72. Clorofila a (mg·m⁻³) integrada a 0-10 m y 10-20 m en la regi3n de Los Lagos.
- Anexo 73. Clorofila a (mg·m⁻³) integrada a 0-10 m y 10-20 m en la regi3n de Aysén.
- Anexo 74. Clorofila a (mg·m⁻³) integrada a 0-10 m y 10-20 m en la regi3n de Magallanes.
- Anexo 75. Composici3n taxon3mica del zooplancton en estaciones de la regi3n de Los Lagos.
- Anexo 76. Composici3n taxon3mica del zooplancton en estaciones de la regi3n de Aysén.
- Anexo 77. Composici3n taxon3mica del zooplancton en estaciones de la regi3n de Magallanes.
- Anexo 78. Datos oceanogr3ficos (Temperatura, Salinidad, Sigma t y Oxígeno disuelto) para las estaciones de la regi3n de Los Lagos.



- Anexo 79. Datos oceanográficos (Temperatura, Salinidad, Sigma t y Oxígeno disuelto) para las estaciones de la región de Aysén.
 - Anexo 80. Datos oceanográficos (Temperatura, Salinidad, Sigma t y Oxígeno disuelto) para las estaciones de la región de Magallanes.
 - Anexo 81. Datos oceanográficos, Profundidad de Disco Secchi (m). Región de Los Lagos.
 - Anexo 82. Datos oceanográficos, Profundidad de Disco Secchi (m). Región de Aysén.
 - Anexo 83. Datos oceanográficos, Profundidad de Disco Secchi (m). Región de Magallanes.
 - Anexo 84. Concentración de Nutrientes disueltos ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$); integrados a 0-10 m y 10-20 m para la región de Los Lagos.
 - Anexo 85. Concentración de Nutrientes disueltos ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$); integrados a 0-10 m y 10-20 m para la región de Aysén.
 - Anexo 86. Concentración de Nutrientes disueltos ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$); integrados a 0-10 m y 10-20 m para la región de Magallanes.
 - Anexo 87. Datos Meteorológicos de terreno para la región de Los Lagos.
 - Anexo 88. Datos Meteorológicos de terreno para la región de Aysén.
 - Anexo 89. Datos Meteorológicos de terreno para la región de Magallanes.
 - Anexo 90. Sistema de Información Geográfico (SIG) período diciembre 2008 – diciembre 2009 (CD)
-



1. ANTECEDENTES

1.1. Conceptos de floraciones de algas nocivas, plagas y prevención.

En las últimas cuatro décadas se ha apreciado, a escala mundial, un incremento aparente en la frecuencia, duración, cobertura geográfica e intensidad de los fenómenos conocidos como mareas rojas y que técnicamente son denominadas Floraciones de Algas Nocivas (FAN) (*sensu* UNESCO, 1996). Chile no ha estado ajeno a esta situación, particularmente en su extremo sur austral. Aunque no ha sido confirmado, pareciera que para esta macro región, este incremento no es aparente y que corresponde a un cambio real.

Las FAN corresponden a una proliferación, en ambientes acuáticos, de algas microscópicas que pueden causar la muerte masiva de peces y una gran variedad de otros organismos, contaminar los mariscos con toxinas, y alterar los ecosistemas, de manera que los seres humanos las perciban como dañinas o nocivas (GEOHAB, 2001). Los impactos que ocasionan sobre el Hombre y sus actividades, incluyen intoxicaciones por consumo de mariscos, que pueden ser fatales; mortandades masivas de organismos marinos en el ambiente natural y en sistemas de crianza o engorda; alteraciones de los hábitat costeros y por ende, perturbaciones en los sistemas social y económico.

De las 5.000 especies de microalgas marinas reconocidas, unas 300 pueden ocasionalmente presentarse en cantidades elevadas (floraciones) discolorando la superficie del mar (Hallegraeff, 1995; Lindahl, 1998). Las FANs pueden estar asociadas a un cambio de color del agua, de allí su denominación de Mareas Rojas, ya que en ocasiones las microalgas causantes le otorgan al agua una coloración rojiza. El concepto es inexacto, pues hay floraciones con otras coloraciones, dependiendo del color de la microalga que la provoca e incluso situaciones en que no ocurre cambio del color del agua. Los factores que dan origen a una FAN son poco comprendidos, complejos y diversos, incluyendo entre otros, una conjunción de aspectos biológicos, bioquímicos, hidrográficos, meteorológicos y geográficos. Sobre el particular se entregan diversas evidencias para sistemas de surgencias, ambientes de fiordos y bahías, sistemas eutrofizados, entre otros, en GEOHAB (2001, 2003).

Se han planteado al menos cinco hipótesis que intentan explicar el incremento aparente en la frecuencia, cobertura e intensidad de las floraciones:

1. Por un incremento del conocimiento resultante de mejores métodos de detección y un aumento de las actividades en zonas costeras (Anderson, 1989),
2. Por un incremento de la productividad primaria causada por la eutrofización de las aguas costeras y a un rompimiento de la razón de macronutrientes favoreciendo a especies nocivas, como consecuencia de un aumento en el uso y eliminación de desechos industriales y domésticos en los sectores litorales (Smayda, 1990),
3. Por el transporte de especies y sus quistes en aguas de lastre, cuya eliminación desde



- embarcaciones de cabotaje y transplante de mariscos tóxicos, puede favorecer la dispersión de especies nocivas a zonas que previamente estaban libres de estos taxa (Hallegraeff, 1993),
4. Por mecanismos físicos de transporte de las células vegetativas y/o de los quistes (Franks y Anderson, 1992), y
 5. Las floraciones que no pueden ser atribuidas a un proceso de eutrofización antrópica de las aguas costeras, sólo podrían ser explicadas por cambios climáticos globales (Hallegraeff, 1993, Wyatt, 1993).

En general, las microalgas nocivas son catalogadas como productoras de toxinas y productoras de altas biomásas. Las primeras incluyen las especies nocivas asociadas a las toxinas conocidas como veneno paralizante de los mariscos (VPM=PSP), veneno diarreico de los mariscos (VDM=DSP) y veneno amnésico de los mariscos (VAM=ASP), entre otras, las cuales afectan parcialmente o la totalidad del territorio marítimo de la macro zona sur austral entre Canal de Chacao y Canal Beagle. Los efectos no sólo ocurren por la asociación de determinadas microalgas con toxinas, sino por que además pueden ocasionar trastornos por su morfología (presencia de espinas) produciendo heridas en branquias o determinando estrés en peces, haciéndolos más susceptibles a enfermedades. Asimismo la mortandad en masa de microalgas productoras de una floración, determinan también un incremento en el consumo de oxígeno de las bacterias que biodegradan a las microalgas muertas, produciendo una reducción marcada del oxígeno disuelto en el agua, determinando consecuentemente la muerte por anoxia de otros organismos acuáticos (Reguera, 2002). Los efectos nocivos pueden surgir también por el olor o alergias causadas por ciertas floraciones sobre los residentes de sectores costeros o turistas provocando una reducción de la calidad de los bienes y servicios, ya sea para el esparcimiento o para actividades turísticas (Anderson, 2004).

Las toxinas en los mariscos ocurren por la modalidad cómo éstos obtienen su alimento. Las microalgas tóxicas son críticas para los mariscos que se alimentan por filtración, conocidos como filtradores; en Chile es el caso por ejemplo, de ostras (*Ostrea chilensis*), choritos (*Mytilus chilensis*), cholgas (*Aulacomya ater*), choro zapato (*Choromytilus chorus*) ostiones (*Argopecten purpuratus*, *Chlamys vitrea*, *C. patagonica*), almejas (*Venus antiqua*), huepo (*Ensis macha*), culengue (*Gari solida*), pero también de moluscos carnívoros que reciben las toxinas a través de sus presas, como ocurre con especies de caracoles como el loco (*Concholepas concholepas*), caracol trophon (*Trophon geversianus*), caracol palo palo (*Argobuccinum argus*), caracol piquilhue (*Adelamelon ancilla*), caracol picuyo (*Odontocymbiola magellanica*), e incluso larvas de crustáceos y peces.

Para los moluscos en general las microalgas tóxicas son aparentemente inofensivas, no así para quien consume los mariscos tóxicos, particularmente vertebrados superiores. Por tanto el Hombre al consumir estos mariscos ingiere también la toxina, resultando en consecuencia intoxicado. Sin embargo, es importante tener presente, que no todos los mariscos presentan la misma capacidad de acumulación de toxina paralizante, diferencia interespecífica que ha sido atribuida a una resistencia diferencial, la cual puede ser medida por la concentración de saxitoxina necesaria para bloquear la conducción del potencial de acción en pruebas in vitro (Bricelj & MacQuarrie, 2003). Estos autores



han mostrado además en la almeja (*Mya arenaria*), que el grado de resistencia a la toxina paralizante es sensiblemente diferente en una población expuesta en tiempos históricos (en intensidad y frecuencia) a este complejo tóxico, en comparación con aquella que nunca lo había estado.

No obstante las diferencias en las intoxicaciones en humanos con VPM, VDM y VAM, la inexistencia de antidotos para estas toxinas, la falta de tecnologías para controlar las floraciones en el ambiente o para eliminar las toxinas de los mariscos, las perturbaciones que provocan en los sistemas social y económico, y la carencia de modelos que permitan predecir la aparición, duración y lugar de ocurrencia de estas floraciones, obligan a fortalecer la prevención según la acepción otorgada previamente, una de cuyas fuentes de información son los programas de monitoreo (o vigilancia).

La finalidad de estos programas es disponer de antecedentes confiables y oportunos que permitan adoptar las medidas para proteger la salud pública y reducir los trastornos sobre las actividades productivas (i.e. pesca, acuicultura, turismo). En este contexto, se ha usado el concepto prevención como acepción ligada al desarrollo de capacidades para proteger a las personas y sus actividades sociales y económicas, la que está orientada a prevenir los efectos provocados por las FAN (Guzmán et al., 2004), a diferencia de la acepción que califica prevención como las acciones para impedir que ocurran las FANs o que impacten directamente algún recurso (Boesch et al., 1997; Anderson, 2004). Este último autor entrega tres categorías generales de prevención de floraciones: a) control de flujo de materiales hacia las región costera, principalmente nutrientes y flujo de aguas dulces; b) modificación de las condiciones físicas, como flujo de agua dulce o intercambio derivado de las mareas y c) restricción de actividades que podrían resultar en una transferencia accidental de especies nocivas a ambientes en las cuales éstas no ocurren naturalmente.

Por lo mismo, los problemas crecientes que impone este fenómeno natural son abordados tanto por la realización de acciones que fortalezcan la prevención, para proteger la salud pública y disminuir los trastornos en los sectores productivos afectados o efectos ambientales por la ampliación del ámbito de distribución de microalgas nocivas, denominadas acciones operacionales, como por el desarrollo de investigación científica para mejorar el nivel de conocimiento y comprensión de estos fenómenos. Entre las acciones operacionales se incluyen los monitoreos, y otras actividades orientadas a fortalecer la prevención según la acepción de Guzmán et al., (2004) (i.e. capacitación, difusión y educación), que en lo fundamental apuntan a entregar información, capacitar y educar a grupos selectos y la comunidad en general en torno a los aspectos claves de estos fenómenos naturales y orientados hacia el desarrollo de habilidades específicas según la profesión, oficio o función de las personas y al desarrollo de conductas responsables de la comunidad en general, en función de las medidas que debe adoptar la autoridad en áreas que son afectadas por fenómenos de este tipo.

En Chile, la preocupación fundamental en torno a las floraciones de algas nocivas ha estado orientada a proteger la salud pública, y consecuentemente la minimización de los impactos sobre las actividades productivas, ha sido fuertemente dependiente de las características particulares de los brotes tóxicos que han dado origen a las resoluciones que ha formalizado la autoridad de salud. La



responsabilidad de dictar las resoluciones para proteger la salud pública recae en las Secretarías Regionales Ministeriales de Salud.

Por otro lado, para los temas de la pesca y la acuicultura, la autoridad recae en la Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA) del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. La potestad de la autoridad pesquera surge de la Ley General de Pesca y Acuicultura. Recientemente se ha promulgado el Reglamento sobre Plagas Hidrobiológicas (Decreto Supremo N° 345 de 2005 del Ministerio de Economía), que otorga a la autoridad pesquera atribuciones para adoptar medidas frente a determinados eventos que son calificados como plagas y que ha entrado en vigencia el 17 de diciembre de 2007. En este contexto, se entiende por plaga hidrobiológica o plaga, la población de una especie hidrobiológica que por su abundancia o densidad puede causar efectos negativos en la salud humana, en las especies hidrobiológicas o en el medio, originando detrimento de las actividades pesqueras extractivas o de la acuicultura y pérdidas económicas. Consecuentemente la autoridad pesquera debe regular las actividades y medidas destinadas a prevenir, controlar y propender a la erradicación de organismos que constituyen o pueden llegar a constituir plagas hidrobiológicas.

En este contexto, la SUBPESCA haciendo uso de las facultades que le otorga el Reglamento de Plagas propuso a la microalga ***Alexandrium catenella*** como plaga hidrobiológica (i.e. plaga FAN), debido al riesgo y al efecto negativo que representa este microorganismo para la actividad pesquera y la acuicultura. El área potencialmente comprometida, es la vasta macrozona que abarca desde el sur de Chiloé (Región de Los Lagos) (42° 22'S) hasta el Canal Beagle, Región de Magallanes (54°55'42"). Ello ha determinado que actualmente, al menos para esta microalga, las precauciones no sólo deben estar centradas en torno a la salud pública sino que también desde un punto de vista ambiental. En consecuencia la generación periódica de información, basada en monitoreos o vigilancias de las microalgas nocivas, constituyen también un pilar para la toma de decisiones desde la perspectiva del reglamento de plagas, más allá de la relevancia que tenía esta información para el apoyo de decisiones para la protección de la salud pública y minimización de los impactos sobre las actividades productivas.

Dada la dinámica de las floraciones de ***A. catenella*** y su carácter recurrente, hace indispensable un monitoreo permanente ya que las restricciones que se apliquen para evitar la dispersión de esta microalga requiere conocer la distribución y abundancia en distintos períodos del año. Interesa en este contexto, en una primera etapa, tanto la distribución y abundancia de la forma vegetativa en la columna de agua como la de los quistes en los sedimentos. En etapas sucesivas son de interés el conocimiento de los factores ambientales que regulan la distribución y abundancia de esta microalga, como también la incorporación de aproximaciones que permitan su modelamiento.

1.2. Floraciones de algas nocivas: estado actual en Chile

El litoral chileno y particularmente el extremo sur austral del país, esto es, las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, no han estado ajenas a estos fenómenos y sus implicancias, lo que ha



sido relevante a partir de la década de los noventa. La región de Los Lagos, particularmente el mar interior de Chiloé ha sido afectado por floraciones asociadas al veneno diarreico (desde 1970), al veneno amnésico (desde 2000) y recientemente al veneno paralizante de los mariscos (desde 2002); la región de Aysén ha sido afectada por floraciones asociadas a los venenos diarreico y paralizante (desde mediados de los noventa); mientras que Magallanes ha sido fuertemente afectada por este último complejo tóxico (desde 1972), pero se han detectado también concentraciones, aunque por debajo de la norma oficial, de VDM y VAM. Los mayores impactos, desde el punto de vista de la salud pública, han ocurrido en esta última región.

El VPM en Magallanes ha sido citado, en varias ocasiones, en 1972, 1981 y 1989 y desde 1991 hasta la fecha en forma continua, constituyéndose en un problema permanente; en Aysén esta toxina ha estado presente desde 1994 hasta la fecha y, en la región de Los Lagos se hizo presente durante 2002, detectándose a partir de enero de ese año por algunos meses y reapareciendo nuevamente en diciembre de 2006 y marzo-abril de 2009, en brotes que se extendieron por unas cuatro semanas, respectivamente. En definitiva ha habido una clara expansión de la distribución geográfica del VPM hacia el norte y de la microalga fuente primaria de este complejo tóxico, con el consecuente impacto sobre la salud pública y los sistemas productivos, reflejando una expansión real y contraponiéndose con la expansión aparente que señala la literatura especializada.

El organismo identificado como fuente primaria del VPM es el dinoflagelado *Alexandrium catenella*, conocido desde 1972 para Magallanes y desde 1994 señalado también para Aysén, y desde 1998 para el extremo sur de la Isla de Chiloé (Lembeye, 1981; Lembeye et al., 1997, Uribe, 1988, Uribe et al., 1995, 1997, 1998, Guzmán et al., 1999, 2000, 2002a; datos no publicados). Este organismo ha sido citado como fuente del mismo complejo tóxico para otros sectores del planeta con una amplia distribución mundial, pero restringida a determinadas áreas geográficas. Es el caso de la costa Pacífica de Canadá y Estados Unidos entre Alaska y California, Corea, Japón, Hong Kong, Sudáfrica, Argentina (Canal Beagle) y Chile (Balech, 1995; Taylor et al., 1995) y en Nueva Gales del Sur (Hallegraeff et al., 1998). En años recientes se ha citado también para Cataluña (España) y desde su primera cita, en 1998, (Vila et al., 2001) aparece asociada cada año a episodios de VPM en esta región de la costa mediterránea. Para el norte de Chile se ha citado recientemente a *Alexandrium tamarense*, aunque es una cepa no tóxica (Álvarez et al., 2009a).

La información de los años noventa, muestra que la dinámica de las floraciones asociadas a VPM, es diferente en las regiones de Aysén y Magallanes, incluso ésta última muestra rasgos que impiden generalizar para toda la geografía de esta región. En el mar interior de Chiloé la situación, hasta ahora, ha sido de brotes ocasionales, un evento en los primeros meses de 2002, otro a fines de 2006 y un tercero, entre mediados de marzo y mediados de abril de 2009. Floraciones de esta naturaleza determinan efectos muy marcados por el desarrollo e importancia de la pesca, acuicultura y turismo en esta región, además de su impacto sobre la salud pública.

Una síntesis del número de intoxicaciones fatales asociados al VPM totalizan 22 casos para Magallanes, 11 para Aysén y 1 para Los Lagos, además de unos quinientos intoxicados. El límite de distribución norte de *A. catenella* y presencia de VPM está en el sector de Canal Dalcabue en la



regi3n de Los Lagos. Existe sin embargo una referencia reciente que cita a **A. catenella** en la boca del estero de Reloncaví y para el golfo de Ancud (Avaria et al., 2006), extendiendo hacia el norte la distribuci3n geogr3fica de esta especie, antecedentes que no han sido confirmados con los monitoreos realizado durante 2006-2007; 2007-2008 y 2008-2009 (Guzm3n et al., 2007, 2009, datos no publicados), pero es importante considerar que muestras de mariscos recogidas en el sector del estuario y analizadas mediante HPLC han permitido constatar la presencia de veneno paralizante (STX, neoSTX, dcSTX, GTX2-3 y 4), presentes en cantidades ($<5 \mu\text{g eq. STX } 100 \text{ g}^{-1}$ carne de marisco) que no son detectables mediante el bioensayo rat3n, cuyo l3mite est3 alrededor de los 30-40 $\mu\text{g eq. STX } 100 \text{ g}^{-1}$ carne de marisco; este perfil toxicol3gico sugiere como fuente primaria a **A. catenella** (Seguel et al., 2006). Recientemente para el norte de Chile (Bahía Mejillones, Bahía Tongoy y Bahía Guanaqueros) se ha señalado la presencia de veneno paralizante en mariscos confirmada mediante cromatograf3a líquida de alta eficacia, aunque en concentraciones bajo la norma (i.e. entre 27-34 $\mu\text{g STX eq. } 100 \text{ g}^{-1}$), no obstante que no se ha detectado en organismos del plancton o en cultivo que eventualmente pudieran ser fuente primaria de este complejo t3xico, adem3s los autores comunican una diferencia entre los perfiles toxicol3gicos de la primera con las otras dos bahía mencionadas (3lvarez et al., 2009a).

En cuanto al veneno diarreico de los mariscos, para Chile se supone que la especie fuente primaria de este complejo t3xico es el dinoflagelado **Dinophysis acuta**. Los recurrentes eventos de VDM en el Seno Reloncaví (1970, 1979, 1986), fiordo Jacaf (1980, 1984), Archipiélago Chonos (1991), estos dos últimos en la regi3n de Aysén, estuvieron asociados a la presencia de **D. acuta** y aunque no fue confirmada como el organismo causante de la toxina, éste ha sido el organismo m3s probable de producirla pues fue encontrado en 1991 en el tracto digestivo de mariscos contaminados con AO y dinofisistoxina-1 (DTX1) (COI, 2005; Zhao et al., 1991). En 1999 tambi3n fueron detectadas ambas toxinas en mariscos de Aysén pero en niveles trazas y en 2000 s3lo fue detectada DTX-1 en la misma regi3n. Recientemente se ha incorporado a **Dinophysis acuminata** a los monitoreos de fitoplancton nocivo del Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PSMB) que coordina el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), por su eventual vinculaci3n con el veneno diarreico, no obstante que la informaci3n objetiva que sustenta esta asociaci3n es a3n m3s escasa que aquella que vincula a **D. acuta** con este complejo t3xico en Chile. Uribe et al., (2001) reportan la presencia de veneno diarreico asociado a **D. acuminata** en muestras recolectadas en el Estrecho de Magallanes.

Las especies del g3nero **Dinophysis** constituyen un serio problema para la salud p3blica y la actividad econ3mica de recursos marinos de importancia comercial en el mundo, dado que est3n asociadas a la producci3n de toxinas como el 3cido okadaico (AO) y hepatot3xicas, como las pectenotoxinas. Otro grupo de toxinas de efectos cardiot3xicos son las yesotoxinas, producidas por los dinoflagelados **Protoceratium reticulatum**, presente en las regiones de Los Lagos y Aysén y **Lingulodinium polyedrum**. Tradicionalmente las toxinas diarreicas (OA y derivados), las pectenotoxinas y las yesotoxinas se incluían en un mismo complejo denominado veneno diarreico de los mariscos (VDM). Hoy d3a se excluyen estas dos últimas por no tener efectos diarreog3nicos y porque requieren m3todos anal3ticos espec3ficos para su determinaci3n. Recientemente se han presentado evidencias para el mar interior de Chiloé en que se confirman la presencia de DTX1,



además de la detección PTX2, trazas de AO y YTX, además de PTX seco ácido que corresponde a la transformación enzimática de la PTX; la detección de YTX se vincula con *P. reticulatum* (Pizarro et al., 2006). Goto et al. (2000) presentaron en una conferencia evidencias de PTX en muestras recolectadas en Chile. Asimismo, recientemente para Bahía Inglesa en la región de Atacama, se ha mostrado para muestras de plancton, filtradores y células aisladas de *D. acuminata* la presencia de pectenotoxinas (PTX2), no obstante que el ácido okadaico y sus derivados o análogos no fueron detectados (Blanco et al., 2007). Por otro lado se ha mostrado la intoxicación masiva luego del consumo de mariscos contaminados con DTX3 recolectados en la región de Aysén, no obstante que este compuesto no inhibe las proteínas fosfatasa (PP1 y PP2) y no es detectado por el bioensayo ratón usado para evaluar la calidad de los mariscos para consumo humano, pero encontrado como DTX1 en las fecas de pacientes que consumieron mariscos contaminados sólo con DTX3, pero al parecer es transformado en DTX1 por lipasas y esterasas que habitualmente digieren los nutrientes y xenobióticos, en mamíferos (García et al., 2005). Recientemente para el extremo norte del país, en la bahía de Arica ha sido señalada también la presencia de pectenotoxinas y yesotoxinas (Krock et al., 2009a).

El VDM ha estado asociado a varios cientos de intoxicados desde 1970 hasta la fecha, pero no ha habido ningún caso fatal vinculado con este complejo tóxico.

Respecto del ácido domoico, causante de las intoxicaciones con veneno amnésico de los mariscos (VAM), éste se detectó por primera vez en 1997, toxina que ha sido detectada en la zona norte del país, en Bahía Inglesa en la región de Atacama y en Bahía Tongoy en la región de Coquimbo y en la zona sur, en la región de Los Lagos, en la costa este de la Isla de Chiloé. Esta toxina hasta ahora no ha estado vinculada con intoxicaciones en seres humanos y se la asocia a la diatomea *Pseudo-nitzschia australis*. De las toxinas señaladas, ésta es la única que deja secuelas, en los casos de intoxicaciones graves. Esta toxina podría estar asociada también a *P. pseudodelicatissima*, pero no existen antecedentes confirmatorios para la situación chilena. Recientemente a mediados y fines de diciembre de 2008, en la región de Atacama se detectaron niveles de riesgo para las personas, 23,2 y 198,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ de ácido domoico, que obligaron a la autoridad a adoptar medidas de protección de la salud pública, las cuales fueron derogadas el día 8 de enero de 2009 (A. Vaquero, MINSAL com. pers.). Por otro lado recientemente se ha mostrado para las regiones de Atacama y Coquimbo, en las bahías Inglesa y La Herradura y Tongoy, respectivamente, que *P. australis* y *P. calliantha* son taxones productores de ácido domoico (Álvarez et al., 2009b).

1.3. Realidad geográfica de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes y su relación con el estudio

Se ha señalado de manera insistente en diferentes fuentes que la realidad geográfica de fiordos y canales determina no sólo la distribución de las ciudades y centros poblados, sino que también influye en las actividades económicas y sociales que en ellas se realizan. La planificación de las acciones en el corto, mediano y largo plazo, está fuertemente permeada por la realidad geográfica, que determina dificultades para las comunicaciones a través de redes viales expeditas, y en las que



el transporte marítimo y las actividades en el medio marino constituyen pilares importantes en la planificación del desarrollo. Justamente uno de los rasgos que tipifica este sector es la relevancia del medio marino, determinando que una parte importante del quehacer se realice y sea fuertemente dependiente de este medio. Por ello, las tres regiones consideradas en este estudio, Los Lagos, Aysén y Magallanes, incluyen dentro de su quehacer y en su planificación estratégica al medio marino, con sus ecosistemas, paisajes, bienes y servicios que otorgan, incluido el uso y desarrollo de los recursos hidrobiológicos y más recientemente se ha incorporado la salmonicultura y la mitilicultura, como otras fuentes de oportunidades para el desarrollo del extremo sur austral del país.

En este escenario geográfico, la planificación del desarrollo está fuertemente determinada por los fenómenos que allí ocurran, pero también es dependiente del nivel de comprensión y conocimiento que de él se tenga. En este contexto, las floraciones de algas nocivas y las toxinas marinas constituyen un reto importante para la salud pública, como también para el desarrollo de actividades productivas como la pesca, la acuicultura y el turismo de intereses especiales, tanto porque las floraciones las afectan directamente o bien, por que inhiben o dificultan el desarrollo de ellas, como consecuencia de los efectos que ocasionan la presencia permanente o esporádica de determinados compuestos naturales producidos por ciertas microalgas marinas y que pueden llegar a contaminar los tejidos de mariscos que son fuente de sustento para los seres humanos. Pero también pueden ocasionar mortalidades de organismos marinos criados mediante tecnologías de acuicultura.

En este contexto, este estudio apunta a contar con información oportuna y confiable acerca de la distribución y abundancia de los taxones conocidos como nocivos o sobre los cuales se cuenta con información que determina que sean considerados potencialmente de riesgo, ya sea por su capacidad de producir toxinas que al ser ingeridas por el ser humano pueda producir distintos síndromes, no existiendo por el momento otras herramientas, que las usadas en este estudio, que permitan predecir o anticipar con certeza el desarrollo de una floración o bien de la presencia y cuantificación de determinadas toxinas en mariscos que forman parte de la dieta de los seres humanos. Estos son los temas centrales de este estudio, el conocer la distribución y abundancia de las microalgas, particularmente las nocivas, y la detección y cuantificación de determinadas toxinas marinas, sin perjuicio del conocimiento del comportamiento de algunas variables ambientales y que constituyen parte de la matriz del entorno en el cual se desarrollan estas microalgas.

1.4. Caracterización de las actividades económicas afectadas por FAN

Además del impacto sobre la salud pública de los brotes tóxicos causados por floraciones nocivas, las actividades afectadas son la pesca, la acuicultura y el turismo. El mayor desarrollo de estas actividades, ocurre en la región de Los Lagos, y en las tres regiones son pilares de la estrategia de desarrollo regional.

Desde el punto de vista de la salud pública los impactos mayores (pérdidas de vidas humanas) han ocurrido en la región de Magallanes y los menores en la región de Los Lagos. Esto obedece a la



geografía de Aysén y Magallanes, tanto por la existencia de asentamientos humanos costeros como por la realización de pesca artesanal en sectores remotos.

En este sentido Aysén y Magallanes, presentan claras diferencias, pues en la primera existen varios asentamientos en el litoral, como Raul Marín Balmaceda, Santo Domingo (frente a Isla Refugio), Melimoyu, Repollal, Puerto Melinka, Seno Gala, Isla Toto, Puyuhuapi, Puerto Cisnes, Puerto Gaviota, Caleta Andrade, Puerto Aguirre, Puerto Chacabuco, Estero Quitralco, Estero Cupquellán y Caleta Tortel; en tanto que en Magallanes sólo es el caso de Puerto Edén.

En ambas regiones existen oportunidades para la pesca extractiva en sectores despoblados, y también en torno a los asentamientos costeros determinando que el consumo de mariscos no certificados sea más probable, y asociado fundamentalmente a conductas poco responsables de las personas. Esta realidad refleja una clara desvinculación entre la información del estado de condición de los mariscos para consumo humano y las conductas y actitudes de las personas de dichos sectores.

La administración, control y fiscalización en la región de Los Lagos es la de mayor complejidad, por el número de personas, desarrollo de las actividades, complejidad geográfica y por los desembarques de productos capturados en la región de Aysén. Además la región de Los Lagos es la fuente de origen o vía de paso obligada para los productos pesqueros que son consumidos en la región metropolitana, lo que obliga el establecimiento de estrictos controles y rigurosas barreras sanitarias.

La acuicultura, tanto la salmonicultura como la mitilicultura han sido afectadas por floraciones nocivas, particularmente en el año 2009, por la floración de *A. catenella* que afectó fuertemente las regiones de Aysén y el sur de Los Lagos entre los meses de marzo y abril, alterando particularmente las producciones de salmónidos en la región de Aysén. Sin embargo, no existen estimaciones económicas de los impactos producidos por esta floración, aunque hubo centros de salmonicultura que fueron fuertemente afectados según comunicaciones de prensa.

El desembarque pesquero durante 2008, considerando las tres regiones en conjunto, estuvo representada por 76 recursos, alcanzando 1.119.639 toneladas. De éstas, el 66,1% correspondió a desembarque de peces, el 20% a moluscos, el 9,6% a algas, el 3,3% a otras especies y el 0,9% a crustáceos.

El aporte conjunto de las tres regiones en relación al desembarque total es de 23, 3%, siendo la Región de los Lagos la de mayor participación con un 17,4%, seguido por la Región de Aysén con un 5% y la Región de Magallanes con 0,9%. (Sernapesca, 2008). Sin embargo es importante destacar que parte importante de los recursos pesqueros extraídos en la región de Aysén son desembarcados y procesados en la región de Los Lagos.

La acuicultura se desarrolla en las tres regiones consideradas en este estudio, aunque preferentemente en las regiones de Los Lagos y de Aysén. La mitilicultura sólo se desarrolla de



manera definida en la región de Los Lagos. Los recursos que son afectados por floraciones asociadas a toxinas marinas son tres especies de salmónidos y entre los moluscos bivalvos (chorito y choro zapato). Los salmónidos son afectados por diversas floraciones, pero aquellas asociadas a **A. catenella**, tienen una relevancia especial, pues ocasionan mortalidades en los peces. En tanto que la mitilicultura resulta afectada por las restricciones asociadas a la calidad de los mariscos para consumo humano. Debe tenerse presente además que tanto en Aysén como en Magallanes, existen condiciones naturales muy apropiadas para el desarrollo de la mitilicultura, actividad que ha mostrado un claro incremento en los últimos dos años en la región de Los Lagos.

En cuanto a los ingresos por exportaciones (sólo moluscos), considerando tanto la pesca como la acuicultura de las tres regiones, éstas representaron durante 2008 del orden de 168,3 millones de dólares correspondiente a 67.526 toneladas (IFOP, 2009).

Durante 2007 se registraron 679.471 pasajeros llegados a establecimientos de alojamiento turístico de la región de los Lagos, Aysén y Magallanes con 533.986, 38.924 y 106.561 turistas, respectivamente. Esta cifra representa el 13.8% del total nacional. Con respecto al origen, el 35.8% de las visitas corresponde a extranjeros (Sernatur, 2008). Las características geográficas de las tres regiones, así como la modalidad como se distribuye la población, determinan que existan muchos sectores de libre acceso en el borde costero, permitiendo una eventual recolección de orilla. Por tanto de no existir los resguardos pertinentes, es factible que se presenten intoxicaciones no deseadas, lo que representa un impacto negativo para la actividad.

La actividad turística en las tres regiones no se ha visto afectada por las FAN, y para su desarrollo es indispensable información fidedigna y confiable acerca de los niveles de toxinas en mariscos y áreas autorizadas para la extracción, además de contar con un control que proporcione seguridad a los turistas, a fin de mantener y potenciar la imagen en los mercados. La educación pública es clave para mantener a la comunidad y a los turistas informados constantemente. De este modo, la ocurrencia de FAN debe ser tenida en cuenta para el desarrollo económico de este sector, pero no es una barrera infranqueable.

1.5. Impactos económicos de las floraciones de algas nocivas.

Las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, que son afectadas por los complejos tóxicos señalados, poseen en su patrimonio natural extensas zonas marinas, caracterizadas por fiordos y canales, que proveen el entorno y una base de recursos apropiados para el desarrollo de actividades económicas como la pesca artesanal, la acuicultura y el turismo. Y en todas, no obstante las diferencias locales, éstas representan pilares importantes para el desarrollo regional.

Las FAN tienen a escala mundial un alto impacto económico y social en las zonas que afectan. Chile no es la excepción y desde los inicios de los años noventa, en que se ha apreciado un cambio en la temporalidad y distribución geográfica, particularmente del VPM, han determinado que amplias zonas entre los 43°-55° hayan sido vedadas a la extracción de mariscos susceptibles de acumular



toxinas marinas. La presencia de las FAN y consecuentemente de mariscos tóxicos significa no comercializar, dejar de explotar áreas con potencialidad y suspender las actividades de recolección y engorda en centros de cultivo, además de la reticencia natural por consumir productos del mar, lo que implica una disminución de la oferta de mariscos, riesgo que además se amplifica puesto que la actividad está altamente concentrada en determinados sectores geográficos.

De ocurrir una exportación de una partida tóxica, ello afectará a toda la industria nacional de mariscos. De allí que el análisis que se presenta a continuación considera al país como un todo, sin segregar los aportes de las tres regiones más australes del país. Actualmente se exportan del orden de 30 recursos susceptibles de contener toxinas marinas. Las exportaciones de estos mariscos potencialmente portadores de toxinas representan del orden de 100 millones de dólares anuales, además de unos 30 millones de dólares por consumo interno. La actividad es realizada por un poco más de una centena de empresas autorizadas y alrededor de 300 empresas que se dedican a la comercialización. El 70% de las exportaciones es controlada por alrededor de 20 empresas. Las exportaciones están dirigidas a un número cercano a los 60 países, pero sólo un 10% concentra alrededor del 80% de las ventas. Las principales empresas procesadoras dependen para la materia prima de un alto número de proveedores. Estos intermediarios contratan buzos y operadores, organizan las faenas de pesca o cosecha y trasladan la materia prima a los puntos de desembarque. Las consecuencias potenciales de la aparición de una FAN, son las siguientes:

- Efectos inmediatos: disminución de la oferta de mariscos y pérdida de ventas, debido a restricciones a la cosecha o extracción. Este efecto es inmediato a la detección de una FAN y resulta de las resoluciones que restringen la captura o cosecha, procesamiento y comercialización.
- Efectos a mediano plazo: como consecuencia de lo anterior, y dependiendo de lo prolongado de la restricción impuesta y de la ubicación del área, se puede producir a mediano plazo una disminución de la mano de obra.
- Efectos a más largo plazo: y si la situación se convierte en crónica, se puede producir un desincentivo a las inversiones en el sector productor de mariscos y, en el peor de los casos, cambios en los hábitos de los consumidores, lo que significa una disminución de la demanda en el largo plazo.

A estos impactos se suma el riesgo de que no se detecte una partida tóxica. Si se diere esta situación, lo más probable es que se suspendería una parte importante de las compras de mariscos chilenos desde los mercados externos, y además se produciría una marcada contracción en el consumo interno, por la reticencia natural de las personas por acceder a recursos que potencialmente serían peligrosos para la salud y en general, por desinformación, de todos los productos del mar. Por tanto la presencia no detectada de una FAN podría comprometer la continuidad productiva de una industria que exporta del orden de 100 millones de dólares anuales, y un consumo interno del orden de 30 millones de dólares. Por ello los impactos económicos iniciales son inseparables de los impactos o costos sociales directamente afectados en las regiones. Estos corresponden a productores, operadores de plantas de proceso, buzos mariscadores, pescadores artesanales, acuicultores de pequeña escala y sector de servicios asociados como las empresas y



operadores turísticos. En este contexto, los costos de los programas de monitoreo de las FAN, son varios órdenes de magnitud menores que el valor total de la producción en riesgo potencial. Estos representan menos del 1% del total de las ventas por concepto de exportación y consumo interno.

1.6. Programas de monitoreo

La situación en las tres regiones es diferente, pero en todas, las acciones de monitoreo y/o estudio comprometidas finalizaron durante 2006. Entre 1994 y 1998 se financiaron algunos estudios de diagnóstico orientados a conocer el estado de situación y financiados por el Fondo de Investigación Pesquera (FIP), que consideraron tanto en conjunto, como separadamente las tres regiones.

En la región de Los Lagos desde 1988 se desarrolla un programa de monitoreo de fitoplancton nocivo para la salmonicultura financiado por el sector privado, y no obstante su extensión temporal, sus objetivos y orientación están supeditados a la protección de floraciones nocivas que afectan la salmonicultura. La ubicación de los sitios de muestreo en sectores usados para la salmonicultura, no obstante que actualmente existen sitios en las tres regiones, y el hecho que no se midan toxinas marinas, inhabilitan este monitoreo para los objetivos de un programa orientado hacia toxinas marinas y fitoplancton nocivo, para proteger la salud pública y minimizar los impactos sobre las actividades productivas. Además los sitios de muestreos abarcan una distribución geográfica acotada a los intereses de este programa de monitoreo, lo cual restringe también esta información respecto de los requerimientos del reglamento de plagas, no obstante que tiene pertinencia como información complementaria.

No obstante y como consecuencia del brote tóxico de VPM ocurrido a inicios de 2002 determinaron un programa especial FONDEF-FDI (constituido por 5 estudios), uno de los cuales tiene una atingencia directa con el mar interior de Chiloé (que además contempla un estudio sobre efectos de variables físicas sobre la distribución y abundancia del fitoplancton nocivo). Este proyecto finalizó en abril de 2006 y por su formato, no considera continuidad, aunque dejó el diseño del muestreo y los procedimientos metodológicos para un programa de continuidad (monitoreo). Este trabajo estuvo a cargo del Instituto de Fomento Pesquero y en su desarrollo participó también la Universidad Austral de Chile, sede Puerto Montt.

Además en la región de Aysén desde mediados de los años 90, ya sea financiados por recursos de Salud, FNDR o FIP se han desarrollado programas de monitoreo orientados exclusivamente a toxinas del tipo VPM y VDM, en una vasta red de sitios de muestreo, y ocasionalmente se ha recolectado además información fitoplanctónica. Estas acciones han sido conducidas fundamentalmente por la SEREMI de Salud de la Región de Aysén. Asimismo se desarrolló un estudio financiado por el FNDR e iniciado en octubre de 2004 a cargo de la UACH y el Servicio de Salud Aysén, en un sector localizado de esta región y que finalizó en octubre de 2006.

En Magallanes, además de los estudios FIP precitados, desde 1997 hasta la fecha, con recursos FNDR y durante 2005 con aporte del FONDEMA, se ha desarrollado un programa que ha



considerado no solamente el monitoreo, sino que además una estrategia de difusión de la información, la capacitación de grupos selectos y la incorporación del tema en la educación parvularia, básica y media. Este programa desde sus inicios hasta su interrupción en 2005, estuvo a cargo del IFOP y del Servicio de Salud Magallanes (actividad que actualmente desempeña la Seremi de Salud Magallanes). Actualmente estas tres últimas acciones operacionales se han continuado desarrollando, pero separadamente de las actividades de monitoreo. La difusión es abordada por la Seremi de Salud Magallanes, en tanto que las acciones operacionales de capacitación y educación han sido asumidas por el Instituto de Fomento Pesquero.

Actualmente como consecuencia de este estudio, las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, cuentan con antecedentes recogidos desde mayo de 2006, que abarcan no sólo veneno paralizante, sino que además veneno diarreico y veneno amnésico, además de fitoplancton nocivo y variables ambientales de tipo hidrográfica y meteorológico que abarca desde Cochamó, Estuario de Reloncaví, en la región de Los Lagos, hasta Puerto Eugenia en el Canal Beagle en la región de Magallanes.

1.7. Definición y Caracterización de un programa de monitoreo

Un programa de monitoreo es una actividad sistemática en el espacio y tiempo, orientado a contar con información que permita conocer las tendencias naturales de determinadas variables que pueden ser utilizadas como indicadoras de cambio ambiental y eventualmente indicadoras de riesgo para la salud pública y las actividades productivas (Guzmán, datos no publicados).

Existen numerosas definiciones de monitoreo. A continuación un par de ellas:

- a) Monitoreo: es la vigilancia o prueba periódica o continua para determinar el nivel de cumplimiento de exigencias reglamentarias y/o determinar niveles de contaminantes en varios medios o en humanos, plantas y animales, (www.entrix.com/resources/glosarry.aspx#M).
- b) Monitoreo: es la observación repetida de condición, sobre todo para descubrir y dar advertencia de cambio, (www.people.virginia.edu/~sos-iwla/Stream-Study/StreamStudyHomePage/Glossary.HTML).

Para el caso particular del fitoplancton nocivo y toxinas marinas, un programa de monitoreo constituye un conjunto de acciones orientadas a conocer las variaciones naturales de la concentración de toxina(s) en organismos centinelas (vectores) y/o abundancia de las microalgas nocivas, a través de la obtención de información sistemática en el espacio y en el tiempo, con la finalidad de disponer de una alerta temprana. Según las necesidades y medios disponibles se pueden incluir además, registros de otras variables biológicas, además de variables físicas y químicas.

Las técnicas para recolectar información del ambiente son variadas e incluyen desde las sondas moleculares y celulares diseñadas para conocer cualitativa y cuantitativamente la presencia de



determinadas microalgas nocivas, hasta la teledetecci3n mediante el uso de sensores remotos, adem3s del registro in situ de informaci3n y toma de muestras en tiempo real, recogida con variados sensores oceanogr3ficos y meteorol3gicos para el registro continuo de informaci3n y recolecci3n de muestras mediante sistemas autom3ticos.

Las t3cnicas tradicionales incluyen toma de muestra de agua mediante redes de fitoplancton, botellas o mangueras y observaci3n y cuantificaci3n al microscopio. En cuanto a las t3cnicas de detecci3n de las toxinas, 3stas se aplican tambi3n en el laboratorio, e incluyen desde los tradicionales bioensayos que son espec3ficos para cada grupo de veneno (por ejemplo bioensayo para el veneno paralizante de los mariscos) hasta el uso de cromatograf3a l3quida de alta eficacia acoplada a espectrometr3a de masas (HPLC-MS) (Quilliam, 2004), no obstante que actualmente est3n apareciendo tecnolog3as para detectar toxinas en condiciones de terreno, pero que a3n no son aceptadas como t3cnicas oficiales para evaluar la inocuidad alimentaria de los mariscos o detectar la toxicidad de las microalgas.

En un programa de monitoreo de FAN y toxinas marinas, las variables a medir, t3cnicas de muestreo, frecuencia de medici3n y localizaci3n de los sitios de muestreo, entre otros aspectos, dependen de las caracter3sticas del 3rea en la cual se desarrollar3, particularmente la realidad geogr3fica, el desarrollo del sector productivo afectado (particularmente pesca y acuicultura), la existencia de grupos ribere3os, y el tipo o tipos de floraciones susceptibles de detectar. Esta consideraci3n es particularmente importante para la realidad geogr3fica de las regiones de Los Lagos, Ays3n y Magallanes, no obstante que en l3neas generales debieran contar con acciones de monitoreo con una estructura y organizaci3n similares. Estas regiones presentan singularidades que obligan a desarrollar estrategias con formatos diferentes, particularmente por la importancia diferencial de determinadas toxinas en cada regi3n, no obstante que los antecedentes que se logren por efecto del programa, estar3n orientados a contar con la informaci3n oportuna y confiable para la toma de decisiones para proteger la salud p3blica y minimizar los impactos sobre las actividades productivas, incluida la informaci3n pertinente desde la perspectiva del reglamento de plagas hidrobiol3gicas.

Por tanto entre las actividades relevantes a considerar se incluyen el monitoreo de la concentraci3n de toxinas en mariscos indicadores, distribuci3n y abundancia de las especies nocivas, y registro de las principales variables meteorol3gicas y oceanogr3ficas. La obtenci3n de esta informaci3n supone claridad respecto de la selecci3n y ubicaci3n de los sitios de muestreo, las metodolog3as de recolecci3n y preservaci3n de las muestras, t3cnicas de an3lisis y ordenamiento, interpretaci3n y presentaci3n de los resultados. Esta informaci3n es la que hace posible la toma de decisi3n en forma oportuna por parte de la autoridad y fortalece al mismo tiempo la prevenci3n seg3n la aceptaci3n previamente.

Un an3lisis de los criterios, t3cnicas, m3todos y otros aspectos que deben ser considerados en el dise3o de un programa de monitoreo (o vigilancia) han sido presentados por Smayda (1995, 2003); UNESCO (1996); Anderson et al. (2001); Reguera (2002), Andersen et al., (2003), Todd (2003), entre otros.



Anderson (2009) con relaci3n al monitoreo, control y manejo de las floraciones de algas nocivas, ha realizado un excelente resumen acerca del problema global, abarcando sus tendencias y causas, las nuevas tecnologías y aproximaciones para monitorearlas, como controlar y manejar estos fenómenos, resaltando el uso de sondas moleculares para la detecci3n de células específicas, el empleo de ensayos sensibles y rápidos para las toxinas, la detecci3n y el seguimiento de las floraciones mediante percepci3n remota, el control y las estrategias de mitigaci3n de las floraciones, y el uso de modelos físico/biológicos de gran escala para analizar floraciones pasadas y predecirlas.



2. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Disponer de un sistema de muestreo, detección y cuantificación periódico del VPM, VDM y VAM, además de las especies nocivas fuentes primarias de las toxinas (***Alexandrium catenella***, ***Dinophysis acuta***, ***D. acuminata***, y ***Pseudo-nitzschia cf. australis***, respectivamente) adecuado a la realidad geográfica de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes.

2. Objetivos específicos

1. Vigilar las variaciones espacio temporales del VPM, VDM y VAM en transvectores selectos en una red de estaciones que cubra representativamente el litoral de las áreas de estudio.
2. Conocer la distribución espacio temporal de ***Alexandrium catenella***, ***Dinophysis acuta***, ***Dinophysis acuminata*** y ***Pseudo-nitzschia cf. australis***.
3. Reunir antecedentes sobre la presencia de otras especies susceptibles de provocar floraciones nocivas como ***Protoceratium reticulatum*** y ***Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima***, sin perjuicio de incluir otras microalgas nocivas que se detecten como consecuencia de las acciones de monitoreo.
4. Monitorear y vigilar las variaciones espaciales y temporales de la forma vegetativa de *A. catenella*, en los sectores limítrofes de áreas de FAN según D. S. 345 (MINECOM).
5. Recolectar información oceanográfica y meteorológica orientada a lograr un mejor comprensión de las floraciones nocivas y adquirir capacidades de predicción de las distintas floraciones (objetivo a largo plazo).
6. Mantener un flujo de información desde los organismos responsables de la generación de la información (Instituto de Fomento Pesquero y Secretarías Regionales Ministeriales de Salud) hacia aquellos responsables de la toma de decisiones, con relación a mariscos tóxicos orientados al consumo interno, como en lo que se refiere a la generación de información vinculada con el reglamento de plagas hidrobiológicas.
7. Alimentar un sistema de información geográfico con la base de datos generada.



3. METODOLOGÍA

Objetivos específicos 1, 2 3 y 5

3.1. Área de trabajo

El área de trabajo abarca entre Cochamó, en la región de Los Lagos y Caleta Eugenia, en la región de Magallanes, la cual ha sido dividida considerando cada región administrativa. En la región de Los Lagos se efectuaron muestreos en el sector comprendido entre Cochamó (L02N2) y Tic Toc (L25), en la región de Aysén entre Laja Brazo Pillán 1 (A06) e I. Scout (A57) y en la región de Magallanes entre Canal Adalberto (M04) y Caleta Eugenia (M46) (Figs. 1-3).

La región de Los Lagos fue subdividida en cinco sectores, con un total de 42 estaciones de muestreo: área norte abarcando el Estuario y Seno Reloncaví (10 sitios de muestreo), Palena (9 sitios de muestreo), Chiloé Norte (2 sitios de muestreo), Chiloé Centro (8 sitios de muestreo) y Chiloé Sur (13 sitios de muestreo) (Tabla 1). La región de Aysén fue dividida en cinco sectores, con un total de 61 estaciones de muestreo: área norte ubicada en Melinka (6 sitios de muestreo), área norte ubicada en Raúl Marín Balmaceda (5 sitios de muestreo), área sur continental (19 sitios de muestreo), área sur insular (25 sitios de muestreo) y área Tortel (6 sitios de muestreo) (Tabla 2). Finalmente, la región de Magallanes fue dividida en tres sectores, con un total de 48 estaciones de muestreo: área norte que comprende la Provincia de Última Esperanza (25 sitios de muestreo), área centro ubicada en el Estrecho de Magallanes y sectores adyacentes incluyendo el Seno Otway (16 sitios de muestreo) y área sur que comprende el Canal Beagle (7 sitios de muestreo) (Tabla 3). En la región de Los Lagos, se realizaron dos muestreos adicionales, el primero de ellos definido como muestreo de emergencia, debido a la detección en los monitoreos regulares de la presencia de **A. catenella** en niveles de abundancia relativa iguales o superiores a 3, y se decidió evaluar la evolución de la distribución y abundancia de **A. catenella**, a la luz del Reglamento de Plagas. Este monitoreo abarcó 19 de los 42 sitios de muestreo de la región y tuvo una frecuencia semanal dentro del período 26 de marzo y 30 de abril (Tabla 4). Posteriormente, se realizó un nuevo muestreo complementario en la región de Los Lagos, a raíz de la aparición de **A. catenella** en bajos niveles en estaciones más allá del límite norte del Área FAN. Este monitoreo abarcó 27 sitios de muestreo, 4 de los cuales corresponden a sitios no monitoreados previamente por este programa, en dos ocasiones durante el período comprendido entre el 28 diciembre de 2009 y 19 enero de 2010 (Tabla 5). Las abreviaturas usadas en los topónimos se indican en la Tabla 6.

La localización de las estaciones de muestreo fue precisada mediante posicionamiento satelital usando GPS con el Datum WGS-84, sin perjuicio del uso de puntos notables en cartas náuticas del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA).



3.2. Actividades de terreno

El trabajo de terreno estuvo orientado a la recolección de muestras para el seguimiento en mariscos centinela respecto de la presencia y concentración de toxinas marinas, además de la recolección de muestras de agua y registro de información referida al fitoplancton, zooplancton, clorofila, transparencia, salinidad, temperatura del agua, concentración de oxígeno, nutrientes y variables meteorológicas en cada punto de muestreo. Adicionalmente, se recolectaron muestras de sedimento para determinar en esta matriz la composición granulométrica de los sedimentos, el contenido de materia orgánica y presencia y concentración de quistes de *A. catenella*. A continuación se presentan los criterios de muestreo y preservación de las muestras o tratamiento de la información según las distintas muestras y tipo de información registrada.

Muestras de mariscos centinela para toxinas marinas

Se evaluó la presencia de las toxinas paralizante, diarreica y amnésica. El muestreo estuvo orientado a especies centinelas en cada región (e.g. cholga, chorito o almeja), sin perjuicio de la recolección además, de culengue en la región de Aysén.

En la región de Los Lagos el muestreo estuvo orientado hacia ejemplares de cholga (*Aulacomya ater*) y chorito (*Mytilus chilensis*) en las áreas Estuario y Seno Reloncaví y área Isla de Chiloé Norte, mientras que en las áreas Chiloé Centro y Sur se recolectaron ejemplares de almeja (*Venus antiqua*) y cholga (*Aulacomya ater*). (Tablas 1, 4 y 5, Fig. 1).

En la región de Aysén el muestreo estuvo orientado hacia ejemplares de cholga en todas las estaciones de monitoreo, sin embargo, en las áreas de Melinka, Sur Continental e Insular, se incorporaron los recursos almeja, chorito y culengue (*Gari solida*), y en las áreas de Raúl Marín Balmaceda y Tortel se consideraron además almeja y chorito (Tablas 2, Fig. 2).

En Magallanes el muestreo estuvo orientado hacia ejemplares de cholga en el área norte y de chorito en las áreas centro y sur, manteniendo el mismo criterio aplicado desde 1994 (Tablas 3, Fig. 3).

En todos los casos se recolectaron especímenes de talla comercial mediante buceo semi-autónomo. Cada muestra fue de aproximadamente 3 kilogramos de marisco con concha. La selección de los transvectores (especies centinela) obedeció a la disponibilidad de éstos en cada punto de muestreo. Ello no significa que éstos no se encuentren en los sectores que son muestreados, sino que su abundancia determina la confiabilidad de poder contar con muestras reiteradas en muestreos sucesivos durante largos períodos (años).

El número total de muestras de mariscos para análisis de veneno paralizante, diarreico y amnésico durante el estudio, recolectado en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes fue de 6.893 de las cuales 3.439 corresponden a VPM, 1.967 a VDM y 1.487 a VAM (para detalles sobre el particular véase punto 4. Gestión).



El muestreo de transvectores consider3 dos r3plicas para el caso de las muestras para an3lisis de veneno paralizante de los mariscos y s3lo una r3plica en el caso de las muestras para an3lisis de veneno diarreico y veneno amn3sico de los mariscos. En el caso de muestras adicionales para an3lisis de veneno paralizante, 3stas no fueron replicadas. Las r3plicas correspondieron a dos muestras que se recogieron de una misma localidad de muestreo, manteniendo una distancia entre ellas de alrededor de 500 metros. Luego de recolectadas las muestras fueron etiquetadas y almacenadas en bolsas pl3sticas en recipientes con hielo y transportadas a bordo de embarcaciones, las que una vez llegadas a puerto, se congelaron a -20° C hasta el momento del an3lisis.

Dos de las estaciones de la regi3n de Los Lagos, Isla Chul3n (L10N1) y Bah3a Corcovado (L21), no fueron consideradas para la recolecci3n de mariscos debido a la inexistencia de estos organismos en estos sitios, sin embargo, se ha mantenido la estaci3n para efectos de registro de variables biol3gicas (fitoplancton), meteorol3gicas y oceanogr3ficas, dado lo relevante de su posici3n geogr3fica (v3ase Fig. 1).

Muestras de fitoplancton

El fitoplancton para el an3lisis cualitativo fue recolectado en todas las estaciones mediante arrastres verticales desde 20 m de profundidad como m3ximo hasta la superficie o seg3n profundidad del lugar, dependiendo en algunos casos de la marea, usando una red con trama de malla de 23 µm. Los arrastres fueron realizados en triplicado (3 r3plicas) en dos lugares para cada punto de muestreo de cada estaci3n, separados entre s3 por aproximadamente 500 m. Las muestras fueron fijadas con formalina neutralizada al 2% y de cada punto se conform3 una sola muestra (i.e. una muestra integrada de seis arrastres).

Las muestras de agua para el an3lisis cuantitativo del fitoplancton fueron recogidas entre los 20 m de profundidad y superficie, utilizando una manguera de 2,5 cm de di3metro. La columna de agua fue fraccionada en dos estratos, entre superficie - 10 m y entre 10 - 20 m de profundidad (una r3plica por estrato). Las muestras fueron preservadas con lugol.

Registro de informaci3n oceanogr3fica, muestreos de zooplancton, nutrientes y registro de informaci3n meteorol3gica

En cada sitio se realizaron mediciones de temperatura, salinidad, ox3geno y densidad de la columna de agua mediante sensores electr3nicos (CTD) hasta una profundidad m3xima de 50 m o hasta la profundidad que permite la topograf3a del lugar. Se utilizaron cuatro STD/CTD modelo 204 SAIV A/S y un CTD marca Seabird modelo SEACAT, ambos equipados con sensores de fluorescencia y ox3geno. Adicionalmente, a fin de disponer de registros continuos de temperatura en sitios selectos del 3rea se estudio, se instalaron siete registradores de temperatura del agua de mar autom3ticos en la regi3n de Los Lagos, nueve instrumentos en Ays3n y seis en Magallanes, sin embargo, debido a p3rdidas del equipamiento solo fue posible registrar datos de temperatura en 14 sitios (1 en Los Lagos, 7 en Ays3n y 6 en Magallanes). En Los Lagos, Ays3n y Magallanes, los equipos fueron instalados a 10m de profundidad excepto en C. Dalcahue (L11) en que se instal3 a 4m.



Se recolectaron además seis muestras mensuales de agua integradas, en las profundidades ya señaladas, para análisis de nutrientes (nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos) según la siguiente distribución; dos en la región de Los Lagos (I. San Pedro, L23 e I. Guapikilán, L24), dos en la región de Aysén (Repollal-Canal Puquitrín, A02 e I. Ovalada, A05) y dos en la región de Magallanes (B. Buena, M36 y P. Zenteno, M39). En estas mismas estaciones se recolectaron también muestras de zooplancton mediante arrastres oblicuos con una red tipo UNESCO WP-2, de 210 μm , dotada de flujómetro, desde una profundidad máxima de 15 m. Las muestras fueron preservadas con formalina al 3% neutralizada con bórax. La ubicación de los sitios de muestreo en este caso obedece a la ubicación de brotes de veneno paralizante. Ello es perfectamente evidente con los sitios de muestreo ubicados en las regiones de Los Lagos y Aysén, pues para la primera de éstas, existen antecedentes que muestran que las floraciones de *Alexandrium catenella*, se inician o se hacen evidentes inicialmente, en el extremo sur de la Isla de Chiloé según los antecedentes de los dos brotes ocurridos en tiempo recientes (2002 y 2006, véase Guzmán et al., 2007), en tanto que las estaciones establecidas en Melinka en la región de Aysén, pretenden también lograr información, desde este punto de vista, que pueda estar asociada a la iniciación o mantención de las floraciones de *A. catenella* en este sector del área de estudio. Las estaciones establecidas en el estrecho de Magallanes, obedecen tanto a la existencia de brotes de veneno paralizante, como también, al hecho que logísticamente tienen menos dificultades para ser muestreadas, con respecto al conjunto de las otras estaciones de muestreo establecidas en esta región.

En todas las estaciones (puntos de muestreo) se registraron las condiciones atmosféricas al momento de la toma de muestras e información. En cada oportunidad se consideraron mediciones de temperatura del aire y rapidez del viento mediante termo anemómetros digitales marca GFM modelo Master II, a resguardo de lluvia y radiación solar, para la temperatura y registrando 5 valores minuto a minuto para calcular un promedio de la rapidez del viento y el uso de un compás de navegación para registrar su dirección; la presión atmosférica se midió mediante GPS Garmin modelo Etrex Vista; la nubosidad, se estimó mediante la división de la bóveda celeste en octavos.

El registro continuo de variables meteorológicas se realizó mediante tres estaciones de registro automático: Ancud, Puerto Aguirre y Puerto Zenteno a 15 m.s.n.m., Sin embargo, en la estación ubicada en Ancud solo fue posible rescatar las series de datos generadas durante noviembre de 2009 por falla del instrumento. Las estaciones están dotadas de un registrador de datos electrónico ("datalogger") y sus respectivos sensores de temperatura y humedad relativa del aire, radiación solar, velocidad y dirección del viento y precipitación. La energía para su funcionamiento es proporcionada por una batería de 12 V, que se recarga automáticamente con un panel solar. La capacidad de almacenamiento de información del registrador, corresponde a la modalidad de promedios cada 10 minutos y con registros de todos los parámetros. De esta forma, se obtuvieron seis valores promedio por cada hora ($144 \text{ día}^{-1} - \text{c parámetro}^{-1}$), alcanzando a 4.464 datos en meses de 31 días. La recolección de esta información se realizó mediante tarjetas de memoria SRAM de 256 Kb de capacidad, que fueron conectadas directamente al "datalogger" y posteriormente traspasadas a un ordenador.



Recolección de muestras de sedimentos

Se recolectaron muestras de sedimento usando un toma muestras cilíndrico en todas las estaciones de muestreo que forman parte del muestreo regular (151 estaciones) y en las estaciones que forman parte del muestreo complementario (48 estaciones) con el propósito de determinar la granulometría de los sedimentos y el contenido de materia orgánica.

Adicionalmente, en 46 de las estaciones de muestreo, considerando muestreos regulares y complementarios, en las que se observó condiciones granulométricas adecuadas (mayor proporción de limo-arcilla), se recolectaron muestras de sedimento para determinar el contenido de quistes de *A. catenella*, en algunas de ellas en más de una ocasión.

3.3. Actividades de laboratorio

Análisis de toxinas marinas en mariscos transvectores

Las muestras de transvectores para determinar la toxicidad por Veneno Paralizante de los Mariscos (VPM) y Veneno Diarreico de los Mariscos (VDM) fueron entregadas a los laboratorios de las Secretarías Ministeriales de Salud de las regiones de Los Lagos (Puerto Montt), Aysén (Puerto Aysén) y Magallanes (Punta Arenas). Se mantuvieron registros de las entregas y recepciones mediante un formulario establecido para el efecto. Las muestras recolectadas en las regiones de Aysén y Magallanes para estimaciones de Veneno Amnésico de los Mariscos (VAM) fueron entregadas en el laboratorio de mareas rojas de IFOP Punta Arenas, en tanto que aquellas recogidas en la región de Los Lagos fueron remitidas por la SEREMI de Salud al Instituto de Salud Pública.

La determinación de VPM fue efectuada por los laboratorios de las SEREMIs de Salud de cada región, mediante la técnica del bioensayo del ratón, de amplio uso internacional, según norma A.O.A.C. 959.08 (1990) con determinación del Factor de Corrección (FC) y uso de saxitoxina estándar. La prueba consiste básicamente en la inyección intraperitoneal de 1 ml de sobrenadante, obtenido de un homogeneizado de 100 g de carne de marisco calentado en medio ácido (A.O.A.C., 1990). Los resultados son entregados en microgramos equivalentes de saxitoxina por 100 gramos de carne de marisco ($\mu\text{g eq. STX } 100 \text{ g}^{-1}$).

Las muestras para veneno diarreico de los mariscos (VDM) también fueron analizadas por los laboratorios de las SEREMI, mediante la técnica modificada de Yasumoto et al. (1984), y los resultados presentados en términos cualitativos según los tiempos de muerte de los ratones en un lapso de 24 horas, entendiendo por resultado positivo la muerte, de al menos dos de tres ratones, en un lapso inferior a 24 horas.

El análisis del veneno amnésico de los mariscos (VAM) fue abordado por el laboratorio de marea roja del IFOP ubicado en Punta Arenas para las muestras provenientes de las regiones de Aysén y Magallanes, mientras que el Instituto de Salud Pública analizó las muestras provenientes de la



regi3n de Los Lagos. Para evaluar esta toxina se aplic3 una t3cnica de cromatograf3a l3quida de alta eficacia (CLAE) seg3n la metodolog3a descrita por Quilliam et al. (1995).

An3lisis del fitoplancton cualitativo y cuantitativo

Para el an3lisis cualitativo del fitoplancton se utilizaron microscopios 3pticos de campo luminoso, a 100x y 400x, dotados con condensador de contraste de fase y equipo de epifluorescencia, en los laboratorios de IFOP de Puerto Montt, Ays3n y Punta Arenas.

Para estimar la abundancia relativa, se contabilizaron el n3mero de c3lulas de *Alexandrium catenella*, *A. ostenfeldii*, *Dinophysis acuta*, *D. acuminata*, *Protoceratium reticulatum*, *Pseudo-nitzschia cf. australis* y *P. cf. pseudodelicatissima* en una al3cuota de 0,1 ml tomada desde una muestra sedimentada, bajo un cubreobjeto de 18 x 18 mm (3 r3plicas) y un escalaf3n de abundancia de 10 rangos para *Alexandrium catenella* y de ocho rangos para el resto de las especies mencionadas, definido seg3n la abundancia que presentan estas especies en la naturaleza (Tabla 7).

Para la identificaci3n taxon3mica de diatomeas y dinoflagelados se usaron las claves y descripciones de Avaria (1965), Balech (1988) Dodge (1985), Guzm3n (1969), Hendey (1964), Hermosilla (1973), Mu3oz & Avaria (1980), Rivera (1969), Rines & Hargraves (1988), Sournia (1967), Sykes (1981), Taylor (1976), Tomas (1996).

Para resumir la informaci3n cualitativa de la taxocenosis fitoplanct3nica con respecto a las diatomeas y dinoflagelados presentes en las estaciones muestreadas, se utiliz3 el 3ndice G (Cl3ment & Guzm3n, 1989):

$$G = \frac{(A - B)}{(A + B)}$$

Donde A = n3mero de especies de diatomeas y B = n3mero de especies de dinoflagelados. El 3ndice var3a entre +1 y -1, tomando valores positivos cuando dominan las diatomeas y negativos cuando son m3s importantes los dinoflagelados, en n3mero de especies.

Asimismo para disponer de una apreciaci3n de las variaciones espacio temporales de la riqueza de especies y su relaci3n con la abundancia num3rica a nivel espec3fico por localidad estimaron los 3ndices de diversidad de Margalef, Menhinick y Shannon – Wiener, adem3s del 3ndice de uniformidad de Pielou. El 3ndice de Margalef covar3a con la riqueza de especies, en tanto que 3ndice Menhinick covar3a con la abundancia num3rica. El 3ndice Shannon – Wiener es err3tico con respecto a las variaciones de la riqueza de especie y la abundancia num3rica del fitoplancton, pero entrega una muy buena apreciaci3n de la distribuci3n de la abundancia num3rica entre los taxones, particularmente cuando es evaluado con el 3ndice de uniformidad. Este 3ltimo toma un valor de cero cuando la abundancia num3rica es distribuida de manera equifrecuente entre todos los taxones identificados y un valor de 1, cuando uno de las especies, monopoliza el 100% de la abundancia num3rica de la muestra.



Para el an3lisis cuantitativo del fitoplancton, las muestras fueron contabilizadas a nivel espec3fico en c3maras de sedimentaci3n HYDRO-BIOS KIEL, cuyo volumen fue seleccionado de acuerdo a la concentraci3n de la muestra. La c3mara m3s utilizada fue la de 10 ml. Para el recuento celular se aplic3 la t3cnica de Uterm3hl (1958), en microscopios invertidos, complementados con equipo de contraste de fase. Cuando las muestras se presentaron con una concentraci3n mayor a la usual, se aplic3 el m3todo de conteo de los taxa m3s abundantes por franjas o campos, aplicando el factor calculado para cada microscopio y objetivo empleado, pero recorriendo todo el fondo de la c3mara para las especies con densidades bajas.

Identificaci3n y cuantificaci3n de *A. catenella* mediante sonda molecular

Adicionalmente, durante el desarrollo del estudio se implement3 una t3cnica alternativa para la identificaci3n de *A. catenella* basada en la utilizaci3n de una sonda molecular marcada en el extremo 5' con flureceina-5-tionato, cuyo oligonucle3tido originalmente fue obtenido de una regi3n de consenso D2 del gen 28S rRNA com3n en 8 especies de *Alexandrium* (Scholin et al. 1994). La lectura se realiz3 usando microscop3a de fluorescencia con filtro FITC de excitaci3n a 495 nm (Hosoi-Tanabe et al. 2005a).

Los primeros ensayos se realizaron con *A. catenella* proveniente de cultivos clonales que previamente hab3an sido aislados de los sitios de muestreo que forman parte del 3rea de trabajo del estudio, b3asicamente orientados a evaluar la efectividad de esta sonda molecular. Posteriormente, se realizaron experiencias con muestras basadas en cultivos clonales de *A. catenella* pero enriquecidas con fitoplancton proveniente del 3rea Seno Reloncav3 en concentraciones que inclu3an los distintos niveles de abundancia relativa descritos para esta especie. Por 3ltimo, con esta t3cnica se estimaron las abundancias relativas de muestras provenientes de los monitoreos y los resultados fueron comparados con los obtenidos mediante las t3cnicas de an3lisis basadas en taxonom3a tradicional.

Clorofila, zooplancton, nutrientes e informaci3n meteorol3gica

Las determinaciones de clorofila-a se realizaron en cada una de las estaciones de monitoreo mediante registros de fluorescencia in vivo utilizando un sensor de fluorescencia modelo Seapoint con un rango de medici3n entre no detectables hasta 75 $\mu\text{g L}^{-1}$ y un l3mite de resoluci3n de 0,03 $\mu\text{g L}^{-1}$, distribuidos en cuatro rangos (2.5; 7.5; 25 y 75 $\mu\text{g L}^{-1}$), acoplado a una sonda de STD/CTD modelo 204 de la empresa SAIV A/S.

La cuantificaci3n de los grupos zooplanct3nicos se realizaron a partir de una fracci3n de la muestra original obtenida a trav3s de un submuestreador (caja de Motoda). Los recuentos se realizaron en una c3mara de 8 x16 cm usando un microscopio estereosc3pico.

Los nutrientes fosfatos, nitratos, nitritos y silicatos fueron determinados mediante espectrofotometr3a utilizando kit Spectroquant (MERCK) cuyos rangos de medici3n fueron 0,05 - 5,00 mg/l para el fosfato, 0,2 - 17,0 mg/l para el nitrato, 0,10 - 5,00 mg/l para el silicato y 0,02 - 1,00 mg/l para el nitrito. Todas las determinaciones fueron medidas en espectrof3t3metro NOVA 60.



La información meteorológica obtenida con las estaciones meteorológicas y los sensores de registro continuo de temperatura del agua fue registrada según ha sido señalado previamente.

Análisis de muestras de sedimentos

La caracterización granulométrica y el contenido de materia orgánica de los sedimentos se realizará siguiendo la metodología indicada por el Reglamento Ambiental para la Acuicultura, RAMA (DS 320-01), y su Resolución Acompañante (Res. Ex. 3411-06); mientras que para el estudio de quistes en las muestras, se seguirá la metodología propuesta por Matsuoka y Fukuyo (2000), modificada por Seguel (Vivanco y Seguel, 2009), lo cual será encargado al laboratorio CERAM de la Universidad Austral de Chile, en Puerto Montt.

Períodos de muestreo, información analizada y antecedentes presentados

Las fechas de muestreo se presentan por período de muestreo y región administrativa considerada (Tabla 8). En este informe final se procesa, analiza e interpreta toda la información obtenida entre diciembre de 2008 y diciembre de 2009 (en total diez cruceros por área de estudio), siguiendo las orientaciones incluidas en los términos técnicos de referencia.

3.4. Análisis de la información

3.4.1. Toxicidad

Veneno Paralizante de los Mariscos

Los resultados del nivel de toxina fueron tabulados y graficados considerando, en primera instancia, la información de cada región (i.e. Los Lagos, Aysén y Magallanes) y considerando segregadamente cada complejo tóxico. En anexos se entrega la información por sitio de muestreo (ambas réplicas), por crucero, para cada área de trabajo y cada complejo tóxico según sea el caso. Todos los análisis y las representaciones gráficas fueron efectuadas usando el promedio de ambas réplicas, haciendo equivalente a cero (0) todos los resultados consignados como no detectables (ND).

Los antecedentes fueron analizados según una escala, considerando la variación espacial y temporal, empleando el promedio señalado. El escalafón utilizado corresponde a una escala ordinal de toxicidad modificada de Uribe et al. (1995) por Guzmán et al., (2007), siguiendo una progresión geométrica, en que: <40 (nivel 0), 40-80 (nivel 1), 81-240 (nivel 2), 241-880 (nivel 3), 881-3440 (nivel 4), 3.441-13.680 (nivel 5), 13.681-54.460 (nivel 6) (datos en $\mu\text{g STX eq. } 100 \text{ g}^{-1}$). Además se presenta la toxicidad promedio acumulada de todas las estaciones en cada crucero, es decir, la sumatoria de la toxicidad promedio de las dos réplicas considerando la totalidad de las localidades muestreadas en cada área de estudio.

Asimismo, para sitios selectos según el comportamiento de la toxicidad (sitios con las toxicidades más altas), se graficaron y se estimaron medianas, cuartiles de 25 y 75% y rangos de la toxicidad en el tiempo para cada una de las estaciones del año. La información fue analizada considerando invierno = julio-agosto-septiembre; primavera = octubre-noviembre-diciembre; verano = enero-febrero-marzo; y otoño = abril-mayo-junio.



Para analizar la ordenación y clasificación de los sitios de muestreo según el nivel de toxicidad y la oportunidad en que ésta fue detectada en mariscos transvectores recolectados en cada uno de los sitios de muestreo, se aplicó un análisis de conglomerados ("cluster analysis") usando como medida de distancia el índice de similitud de Bray-Curtis, reduciendo la matriz mediante el método del grupo promedio no ponderado y representando los resultados en un dendrograma. La información analizada corresponde a la toxicidad promedio (estimaciones de veneno paralizante para dos réplicas) registrada en cada localidad de las tres regiones administrativas consideradas, a lo largo del período de muestreo. Los análisis se realizaron con el programa PRIMER ("Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research") (Carr, 1997). Los grupos representados en los dendrogramas significativamente diferentes, fueron identificados mediante el análisis SIMPROF ("SIMilarity PROFile" o perfiles de similaridad) (cf. Clarke & Gorley 2006, Clarke *et al.* 2008), el cual calcula rangos de los "perfiles de similaridad" entre muestras y determina la significancia estadística de cada conglomerado individual del dendrograma usando técnicas de permutaciones. El nivel de significancia empleado fue de $P = 0,05$. En los dendrogramas la significancia en la conformación y la unión de los conglomerados se muestra usando una coloración distinta, esto es, rojo para grupos homogéneos y negro para grupos significativamente distintos.

En síntesis para analizar el ordenamiento y clasificación espacio – temporal de la toxicidad, se aplicaron cuatro criterios de tratamiento de la información: análisis de dendrogramas (CLUSTER) y obtención de conglomerados significativos en un 0,05% a partir del método SIMPROF, y análisis de escalamiento multidimensional (MDS), representando los grupos obtenidos con la técnica mencionada anteriormente. De manera sintética el MDS permite visualizar patrones de ordenación mediante un índice de distancia o similitud (en este caso índice de similitud de Bray & Curtis), El análisis ANOSIM fue usado para evaluar significancia en las diferencias (o disimilitudes) entre diferentes grupos, como lo son entre diferentes regiones y los conglomerados generados por SIMPROF.

El MDS representa relaciones entre múltiples variables y puede representarse en 2 o más dimensiones, en una razón o proporción entre la realidad y la representación. Está especialmente diseñado para representar gráficamente relaciones entre objetos en un espacio multidimensional. La interpretación de estos gráficos depende de cuán buena es la representación de las similitudes reales; es decir el valor de stress indica la bondad de ajuste de ésta (Holland, 2008). Valores cercanos a cero son los que indican una mejor representación de los datos. Bates (2008) entrega la siguiente clasificación: 0.0 = ajuste ideal; 0.1 = buen ajuste; 0.2 = ajuste aceptable; 0.3 y más = mal ajuste.

El ANOSIM, es un análisis de varianza multivariado no paramétrico (MANOVA no paramétrico), basado en la matriz de similitud o distancias entre muestras. Se evalúa la significancia del estadístico R, que permite poner a prueba las diferencias entre los grupos de muestras, definidos *a priori*, variando entre -1 para mayores similitudes entre los grupos y 1, indicando mayor similitud dentro de los grupos. El valor 0 demuestra que no existen diferencias entre ni dentro de los grupos definidos. La significancia de este resultado se evalúa por permutaciones de grupos y se definen el



número de permutaciones con valores mayores que el R calculado, obteniendo así un valor de probabilidad (Hammer et al., 2007). Igualmente a un ANOVA, se realizan comparaciones pareadas *a posteriori* para detectar los grupos que generan las diferencias en un análisis con más de un factor. Dentro de las similitudes entre los grupos (valores positivos), se ha establecido que valores superiores a 0,75 son altamente diferentes y bien separados entre sí; los grupos que arrojan valores de R entre 0,5 y 0,75 son diferenciables, a pesar de que se puede observar cierta superposición entre ellos; valores inferiores a 0,25 son grupos que a pesar de presentar cierta disimilitud entre ellos, son difícilmente separables (Clarke y Gorley, 2006).

En esta oportunidad, los resultados de los conglomerados definidos fueron representados además en mapas de cada región administrativa, segregando cada conglomerado mediante un color diferente, incluyendo también los sitios que no presentaron toxicidad.

Por otro lado, la información de toxicidad registrada para cholga, chorito, almeja y culengue en las localidades de Punta Cálqueman (A18) Isla Orestes (A23) e Isla Julián (A30), todas ubicadas en la región de Aysén, fue analizada para evaluar el comportamiento de las tasas de incremento y de las tasas de eliminación de la toxicidad entre recursos dentro de una misma localidad, como entre localidades para un mismo recurso. Para ello se segregó la información respecto del incremento de la toxicidad en el tiempo, respecto de la tendencia de eliminación del veneno paralizante, usando como hito el registro más alto de toxicidad, punto que fue considerado tanto en las tendencias de incremento como en las tendencias de eliminación. Para los análisis se aplicaron regresiones usando los modelos potencial y exponencial linealizados. Las comparaciones entre las pendientes (tasas de incremento: toxificación, intoxicación o tasas de eliminación: detoxificación, desintoxicación) e interceptos (nivel de toxina en el momento 0, el momento del primero muestreo) fueron efectuadas mediante la aplicación de un análisis de covarianza.

Veneno Diarreico de los Mariscos

Dado que los resultados son sólo cualitativos, los antecedentes fueron ordenados en tablas que ponderan la distribución geográfica y la variable temporal, de tal forma que sean fácilmente identificables las muestras positivas, separando los antecedentes por regiones administrativas. Los resultados fueron dispuestos gráficamente en mapas de distribución considerando la ubicación geográfica de los sitios de muestreo y la frecuencia de muestras positivas durante el lapso de estudio, además de representar la proporción de muestras positivas por período de muestreo en cada región administrativa considerada. Adicionalmente, también se realizaron análisis multivariados similares a los del VPM; es decir, la matriz de muestras positivas/negativas fue transformada a una matriz presencia/ausencia (0/1), la cual fue analizada mediante el índice de Bray-Curtis, obtenido el dendrograma y los conglomerados significativos mediante SIMPROF, y representados los valores de similitud mediante MDS, y los conglomerados fueron representados en mapas para cada región administrativa.

Veneno Amnésico de los Mariscos

Puesto que los resultados sobre el veneno amnésico de los mariscos estuvieron en concentraciones bajo los límites de detección de la técnica analítica utilizada, éstos son presentados en tablas de



manera similar a la señalada para el veneno diarreico, entregando los datos por región administrativa y dentro de cada una de ellas, por localidad y período de muestreo.

3.4.2. Fitoplancton y clorofila a

Fitoplancton cualitativo

La composición específica para cada crucero y área de trabajo se presenta en tablas, ponderando la frecuencia de ocurrencia en el conjunto de localidades de muestreo, considerando separadamente los sectores de estudio y cada especie de microalga, incluyendo aquellas nocivas. El índice G se presenta gráficamente tratando de manera global la información recolectada por crucero y estación de muestreo para cada área de trabajo. En las situaciones en que el índice no esté definido (i.e. ausencia de fitoplancton), dichos puntos fueron excluidos. Se consideró significativa la presencia de algún grupo, cuando su representatividad fue exclusiva en el fitoplancton, no obstante que la riqueza de especies fuera baja (e.g. 3 especies). Un tratamiento similar se le otorgó a la información generada de la estimación de los índices de diversidad y uniformidad.

Con relación al reglamento de plagas (D.S. 345 MINECON), la información sobre abundancia relativa de *Alexandrium catenella* por sitio de muestreo y por crucero, en general y por región administrativa, ha sido remitida mensualmente a la Subsecretaría de Pesca en planillas Excel como también en un formato de Sistema de Información Geográfica (SIG). Estos antecedentes fueron enviados en formato digital directamente al Departamento de Acuicultura de la Subsecretaría vía correo electrónico. Los antecedentes fueron remitidos luego de 10 días de terminado el último crucero del período correspondiente para toda el área de estudio.

Los resultados del fitoplancton cualitativo (composición fitoplanctónica) fueron analizados considerando el número de taxa total como por grupos considerados por período de muestreo (e.g. diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados, entre otros), como a lo largo de todo el estudio, separando la información por regiones geográficas administrativas. Asimismo estos antecedentes fueron analizados con respecto a la frecuencia de aparición de cada taxón a lo largo del período de muestreo, a fin de segregar aquellos relevantes desde este punto de vista.

Fitoplancton cuantitativo

En cuanto al fitoplancton cuantitativo, los resultados fueron ordenados en tablas y analizados en porcentaje de diatomeas y dinoflagelados conforme a la importancia numérica de los taxones, tanto por período de muestreo como por taxón a lo largo del período de estudio, considerando separadamente los antecedentes según las regiones administrativas en las cuales fueron recolectados.

Además para analizar el ordenamiento y clasificación espacio – temporal del fitoplancton cuantitativo, se aplicaron los mismos cuatro criterios de tratamiento de la información señalados para la toxicidad (veneno paralizante de los mariscos).

Por otro lado, tuvieron una consideración especial en el análisis del fitoplancton cuantitativo



Alexandrium catenella, *A. ostenfeldii*, *Dinophysis acuta*, *D. acuminata*, *Protoceratium reticulatum*, *Pseudo-nitzschia cf. australis* y *P. cf. pseudodelicatissima*. Los datos de densidad para cada uno de estos taxones, al igual que el resto de los taxa enumerados, son presentados en anexos. Esta información fue analizada en función de las variaciones de la densidad en función del espacio y del tiempo, como respecto de su importancia en cada uno de los estratos en que fueron recogidas las muestras cuantitativas. La información se trató separadamente para los distintos sectores definidos.

Clorofila a

En cuanto a la clorofila a, la información disponible para cada sitio muestreo, incluyendo aquellos con perfiles hasta 100 m de profundidad, fue ordenada en tablas por región administrativa, localidad y período de muestreo. Fue representada en gráficos bidimensionales espacio – tiempo por región administrativa, además de isolíneas de los promedios en los primeros 10 m de la columna de agua, separando los antecedentes por sector geográfico en cada una de las regiones administrativas consideradas. En los perfiles profundos los antecedentes son presentados por localidad de cada región administrativa considerando el comportamiento temporal en función del tiempo. Los análisis consideraron la distribución espacial y temporal de la clorofila a promedio en los estratos de superficie – 10 m y 10 – 20 m de profundidad.

3.4.3. Índices, abundancia relativa de taxones nocivos y zooplancton

Índice G e índices de diversidad y uniformidad.

La información está ordenada en tablas por región, localidad y período de muestreo y representada en gráficos bidimensionales que enfatizan las variaciones de estos índices en el espacio y el tiempo, separando la información por región administrativa. La intención es disponer de una apreciación de macroescala del comportamiento temporal y espacial de estos índices.

Los análisis consideraron para el índice G la relevancia desde el punto de vista la predominancia de las diatomeas o los dinoflagelados. En tanto que los índices de diversidad y uniformidad fueron evaluados en el estrato superficie – 10 m, considerando las tres regiones administrativas consideradas y ponderando las tendencias de covariación de cada uno de ellos respecto de la riqueza de especies, abundancia numérica y distribución de la abundancia numérica entre los taxones cuantificados.

Abundancia relativa de taxones nocivos

Los taxones considerados fueron cinco especies de dinoflagelados y dos de diatomeas: *Alexandrium catenella*, *A. ostenfeldii*, *Dinophysis acuminata*, *D. acuta*, *Protoceratium reticulatum*, *Pseudo-nitzschia cf. australis* y *P. cf. pseudodelicatissima*.

Los datos de densidad para cada uno de estos taxones, al igual que el resto de los taxa enumerados, son presentados en anexos.



Los resultados son presentados en tablas por período de muestreo para cada uno de los taxones considerados junto con el mapa de la respectiva región administrativa incluyendo la ubicación geográfica de los sitios de muestreo y sus respectivos códigos. En cada región los datos fueron analizados en términos de sus respectivas sumatorias por período de muestreo entre localidades, como respecto de las sumatorias de esta variable para una misma localidad a lo largo de todo el período de muestreo (10 cruceros). Para fines de análisis se estimaron el promedio general de la abundancia relativa, además de ponderar los sitios que presentaron la totalidad de los muestreos con estimaciones de abundancia relativa o por el contrario, que no registraron al taxón nocivo. Asimismo, se consideró el rango de las estimaciones para cada situación analizada, además de una ordenación de los sitios de muestreo según las sumatorias de las abundancia relativas estimadas.

Además los antecedentes fueron presentados en gráficos bidimensionales (espacio – tiempo) acerca del comportamiento de la abundancia relativa por cada taxón por región administrativa. Asimismo se confeccionaron gráficos por región o sectores en que fue dividida cada región, las sumatorias de las abundancias relativas considerando las distintas localidades por cada período de muestreo. Se exceptúan las situaciones en que estas microalgas tuvieron estimadores ocasionales de abundancia relativa. La abundancia relativa de **A. catenella** se presenta gráficamente y también en estadísticas descriptivas, tales como rango, mediana y cuartiles de 25 y 75% por crucero para cada área de estudio.

Asimismo se analizó el ordenamiento y clasificación espacio – temporal de la abundancia relativa de **A. catenella**, **D. acuminata**, **D. acuta**, y **Protoceratium reticulatum**, usando los mismos cuatro criterios de tratamiento de la información señalados para la toxicidad (veneno paralizante de los mariscos, veneno diarreico de los mariscos) y fitoplancton cuantitativo.

Además sólo para **A. catenella**, a fin de remitir de manera periódica vía electrónica a la Subsecretaría de Pesca, se elaboraron en formato digital, dos archivos con información de la distribución y abundancia relativa de este taxón, para cada uno de los sitios de muestreo en las tres regiones administrativas que abarca el estudio. Uno de los archivos digitales es una planilla Excel que contiene en forma separada por región, las estimaciones de abundancia relativa para cada sitio de muestreo; estos antecedentes se presentan incorporando por columnas, el código del sitio de muestreo, el topónimo de la estación, la fecha de muestreo del sitio y la estimación de abundancia relativa para cada crucero presentando el estimador en la escala definida (véase Tabla 7. Cada planilla incorpora como referente la escala de abundancia relativa definida para este taxón.

El otro medio de información, es por la publicación y actualización periódica de un Sistema de Información Geográfica utilizando un Web-map, alojado en los servidores de IFOP Valparaíso, esta información esta almacenada para cada crucero, con información de apoyo y de ayuda para su visualización, dispuesto de manera que pueda desplegar el estado de condición de la abundancia relativa por estación de muestreo o según área geográfica de interés. Para cada punto de muestreo se incluye el código del sitio de muestreo, el topónimo, parámetros geodésicos estandarizados (coordenadas geográficas), todo normalizado en datum WGS-84.



A fin de facilitar la comprensión de la variable representada se incluye para cada área de muestreo un archivo vinculado, en formato flash de carácter descriptivo del análisis de cada área, que entrega una visión del panorama general. Para cada localidad se dispone de la misma información señalada previamente, pero se omite el estimador de abundancia relativa de ***A. catenella***.

Zooplankton

Esta información, al igual que las concentraciones de nutrientes, sólo está disponible para las localidades de I. San Pedro (L23), I. Guapikilán (L24), Repollal-C. Puquitrín (A02), I. Ovalada (A05), B. Buena (M36) y Pto. Zenteno (M39) según el diseño del estudio. Los datos son presentados en tablas y se contrastan las abundancias por grupos entre regiones y entre períodos para una misma región.

3.4.4. Toxicidad, abundancia relativa y densidad de microalgas nocivas

Veneno Paralizante y *Alexandrium catenella*

La toxicidad promedio y la abundancia relativa, fue representada gráficamente en forma bidimensional (variabilidad de cada sitio en el tiempo) segregando por región administrativa y además se presenta en un gráfico bidimensional como toxicidad acumulada y abundancia relativa acumulada (variabilidad espacial del área de muestreo en el tiempo), de manera de disponer de un patrón de la distribución espacial y temporal de los picos de toxicidad en transvectores y de la abundancia relativa de ***A. catenella***.

Se define como toxicidad acumulada o abundancia relativa acumulada a la sumatoria de la toxicidad promedio o abundancia relativa promedio de las réplicas por sitios de muestreo, respectivamente, registradas en todas las localidades muestreadas por área dentro de cada región de estudio, en cada crucero. Este estadístico permite evaluar el comportamiento de la toxicidad o de la abundancia relativa en un espacio geográfico amplio o un período específico del año, además de apreciar el aporte relativo a la toxicidad total de cada sitio de muestreo a través del tiempo.

Para las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, se representaron gráficamente el comportamiento de la toxicidad promedio para cada período de muestreo, para comparar entre regiones, como también fue graficada por localidad y transvector, considerando especialmente aquellos sectores que presentaron las toxicidades más altas, como aquellos que contaron con antecedentes para una misma localidad referida a distintos transvectores.

Para sitios selectos de las tres regiones, se representaron simultáneamente el comportamiento de la abundancia relativa de ***A. catenella*** y la toxicidad evaluada en transvectores, como también se representó esta información considerando períodos estacionales, incluyendo en las gráficas la mediana, cuartiles de 25 y 75% y el rango.

Dado que la correlación entre abundancia relativa de ***A. catenella*** y toxicidad en mariscos transvectores (e.g. cholga y chorito) ya ha sido confirmada estadísticamente en estudios previos, en



esta oportunidad no se orientaron esfuerzos en este sentido.

Veneno diarreico y *Dinophysis acuminata* ó *D. acuta*

La muestras positivas y la abundancia relativa es representada gráficamente en forma bidimensional (variabilidad de cada sitio en el tiempo) segregando por región administrativa, asimismo se muestra en un gráfico bidimensional como un escalafón de frecuencia de muestras positivas y abundancia relativa acumulada (variabilidad espacial del área de muestreo en el tiempo), de manera de disponer de un patrón de la distribución espacial y temporal de los sectores con muestras positivas y de la abundancia relativa de las dos especies de *Dinophysis*.

La frecuencia de muestras positivas por localidad en cada región a lo largo del período de muestreo (entre columnas) como aquella entre localidades para un mismo período de muestreo (entre filas) fue contrastada con las sumatorias de las abundancias relativas de *Dinophysis acuminata* o *D. acuta*, como también con respecto a las sumatorias de las densidades observadas para estos taxones en ambos estratos muestreados, usando para su estimación el mismo criterio señalado para las frecuencias de muestras positivas o sumatoria de las densidades de ambos dinoflagelados. Las correlaciones entre ambas variables, en cada caso, fueron evaluadas usando una prueba no paramétrica de Spearman (dos colas o una cola según se indica) bajo la hipótesis nula de independencia entre ambas variables, esto es, que las variables consideradas no están correlacionadas. El mismo tipo de análisis se aplicó también a la información recogida de *Protoceratium reticulatum*, dado que este taxón ha sido confirmado en otras áreas como fuente primaria de las yesotoxinas (Mackenzie et al., 1998; Paz, 2004, 2007; Satake et al., 1997, 1999), como una forma de disponer de una mejor base de sustentación respecto de la presencia de falsos positivos al aplicar el bioensayo ratón para VDM.

Veneno amnésico y *Pseudo-nitzschia cf. australis* ó *P. cf. pseudodelicatissima*

En esta oportunidad la relación entre la sumatoria de los registros trazas (considerados como muestras positivas) con las sumatorias de las abundancias relativas y las densidades por estratos muestreados para *Pseudo-nitzschia cf. australis* y *P. cf. pseudodelicatissima*, aplicando el mismo criterio señalado en el párrafo precedente, no fue considerado, dados los escasos registros trazas detectados sólo en la región de Aysén.

3.4.5. Datos oceanográficos y meteorológicos

Datos oceanográficos

Los datos de temperatura y salinidad se presentan en tablas, por localidad y período de muestreo, segregados por cada región administrativa considerada.

Las variaciones geográficas de ambas variables, por sectores de las regiones consideradas, fueron evaluadas con gráficos de isolíneas considerando promedios estacionales (primavera, verano, otoño e invierno) e integrando la información entre superficie y 10 m y entre 10 y 20 m de profundidad. Asimismo, para conocer las variaciones de ambas variables considerando en conjunto los sitios de



muestreo de cada región, los datos por localidad de cada región fueron graficados para cada período de muestreo considerando separadamente la información de superficie y las profundidades de 5, 10 y 20m.

Por otro lado, a fin de relacionar los resultados de concentraciones de veneno paralizante en mariscos centinela o resultados positivos al bioensayo ratón de los mariscos evaluados para veneno diarreico, los antecedentes fueron dispuestos en diagramas de Temperatura y Salinidad (diagramas T-S) para disponer de una aproximación de los rangos de temperatura y salinidad en que son detectadas muestras con veneno paralizante o veneno diarreico.

Además, para los sitios selectos establecidos en las tres regiones administrativas en que se realizaron perfiles profundos, se construyeron gráficos de temperatura y salinidad en función de la profundidad y del tiempo.

Los datos de los registradores continuos de temperatura establecidos en las distintas regiones del estudio, fueron graficados en forma separada para cada sitio de muestreo usando promedios diarios.

En cuanto a los nutrientes (nitritos, nitratos, fosfatos y silicatos), puesto que estos sólo fueron estimados por estratos (superficie – 10 m y 10 – 20 m) para sólo seis sitios de muestreo: I. San Pedro (L23), I. Guapiquilán (L24), Repollal-Canal Puquitín (A02), I. Ovalada (A05), B. Buena (M36) y Pto. Zenteno (M39), los resultados se presentan en tablas distinguiendo la región administrativa en que fue recolectada la muestra.

Datos meteorológicos

Los datos analizados tienen dos orígenes, las estaciones climáticas de registro continuo, una por región y los antecedentes generados en cada sitio de muestreo en cada una de las campañas de terreno. En ambos casos los meteoros registrados se presentan en tablas, además de estimar promedio, error estándar y rango de cada muestreo por sitios de muestreo, segregando la información para las áreas de muestreo definidas. Todos los meteoros fueron graficados mostrando las tendencias de los promedios y sus respectivos errores estándares, por región.

3.4.6. Análisis integrado de la información

Diagramas temperatura-salinidad (TS) y resultados de bioensayos para veneno paralizante de los mariscos (VPM) y veneno diarreico de los mariscos (VDM)

Para disponer de una descripción de los rangos de temperatura y salinidad asociados a los resultados $>80 \mu\text{g STX eq. } 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco o menores a esta norma para el veneno paralizante por una parte, y por otra, los resultados positivo o negativo del bioensayo para evaluar el veneno diarreico, se elaboraron para las tres regiones administrativas diagramas de temperatura versus salinidad (diagramas TS), según la relevancia de estos complejos tóxicos en cada región, representando con una coloración diferente los puntos según estuvieran asociados a sitios con resultados $>80 \mu\text{g STX eq. } 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco (puntos de color rojo) o menores a esta



cantidad (puntos de color azul) para el veneno paralizante y en el caso del veneno diarreico, resultados positivos (puntos de color rojo) y resultados negativos (puntos de color azul). Los datos de temperatura y salinidad correspondieron a las profundidades de 5, 10 y 20 m, que representan las profundidades en que son recolectados los mariscos transvectores (entre 5-10 m de profundidad).

Análisis multivariado

Se aplicó un análisis factorial multivariado usando como método de extracción un análisis de componentes principales y sin rotación de datos. Los resultados son presentados gráficamente.

Los resultados para el período 2008-2009, mostraron ser más apropiados para la información circunscrita a sectores regionales o áreas dentro de una región administrativa. En esta oportunidad se incluyeron 9 sectores cuya cercanía, aislamiento o condiciones relacionadas con la presencia de **A. catenella** o toxicidad en los mariscos permitieron su agrupamiento. Sin embargo, cabe destacar que el criterio de selección de las estaciones que conforman cada uno de los sectores definidos en el análisis multivariado de componentes principales está basado en los resultados emanados de los análisis de conglomerados, MDS y SIMPROF aplicados tanto a las estimaciones de abundancias relativas de **A. catenella**, **D. acuminata**, **D. acuta** y **P. reticulatum** como a las estimaciones de fitoplancton cuantitativo y toxicidades de VPM y VDM. (figs. 25-29; figs. 43-47; figs. 69-73; figs. 84-88; figs. 99-103; figs. 138-141; figs. 156-175).

En consecuencia el análisis se abordó en las áreas: sector Estuario y Seno Reloncaví, sector Golfo de Ancud e Islas Desertores, sector Golfo Corcovado y lugares adyacentes, sector sur del Canal Moraleda y lugares adyacentes, sector Caleta Tortel, sector Puerto Edén y Canal Trinidad, sector Puerto Natales, sector Estrecho de Magallanes y lugares adyacentes y sector Puerto Williams.

Para el análisis de ambas regiones se incluyeron 30 variables. Para el sector Estuario y Seno Reloncaví se incluyeron 9 estaciones ubicadas entre Cochamó (L02N2) e I. Calcula (L06N1), en el sector Golfo de Ancud e Islas Desertores se consideraron 13 estaciones localizadas entre Calbuco (L04) e I. Talcán (L14), en el sector Golfo Corcovado y lugares adyacentes se incluyeron 37 estaciones ubicadas entre I. Chaulín (L16N1) y Auchemó (L17) por el norte e I. Valverde (A05N1) e I. Gama Zañartu-C. Yacaf (A16) por el sur, en el sector sur del Canal Moraleda y lugares adyacentes se incluyeron 35 estaciones de muestreo distribuidas entre Punta Cálqueman (A18) y Pto. Bonito (A29), en el sector Caleta Tortel se consideraron las 6 estaciones que incluye el monitoreo en ese sector, en el sector Puerto Edén y Canal Trinidad se consideraron 14 estaciones de muestreo ubicadas entre C. Adalberto (M04) e I. Figueroa (M12), en el sector Puerto Natales se incluyeron 11 estaciones de muestreo ubicadas entre E. peel (M13) e I. Ballesteros (M23), en el sector Estrecho de Magallanes y lugares adyacentes se 16 sitios de muestreo distribuidas entre B. Fanny (M24) y Pto. Zenteno (M39) y en el sector Puerto Williams se consideraron las 7 estaciones que incluye el monitoreo en este sector. Las variables fueron las siguientes, incluyendo su código, tal como aparecen en la gráfica:



1. Abundancia relativa de ***A. catenella*** , (A)
2. Abun. Relativa de ***D. acuta*** (B)
3. Abun. Relativa de ***D. acuminata*** (C)
4. Abund. relativa de ***P. australis*** (D)
5. Abund. relativa de ***P. pseudodelicatissima*** (E)
6. Abund. relativa de ***A. ostenfeldii*** (F)
7. Abund. relativa de ***P. reticulatum*** (G)
8. Índice G (H)
9. Número de especies del fitoplancton (I)
10. Transparencia del agua (J)
11. Temperatura del aire (K)
12. Presi3n barométrica (L)
13. Velocidad del viento (M)
14. Nubosidad (N)
15. Direcci3n del viento (O)
16. Veneno paralizante de los mariscos, VPM (P)
17. Veneno diarreico de los mariscos, VDM (Q)
18. Temperatura del agua en superficie en superficie (S0)
19. Temperatura del agua en superficie a 5m (S5)
20. Temperatura del agua en superficie a 10m (S10)
21. Temperatura del agua en superficie a 20m (S20)
22. Salinidad del agua en superficie (T0)
23. Salinidad del agua a 5m (T5)
24. Salinidad del agua a 10m (T10)
25. Salinidad del agua a 20m (T20)
26. Concentraci3n de oxígeno en superficie (U0)
27. Concentraci3n de oxígeno en superficie (U5)
28. Concentraci3n de oxígeno en superficie (U10)
29. Concentraci3n de oxígeno en superficie (U20)
30. Número de organismos del fitoplancton (W)

El mismo análisis se aplicó a la informaci3n disponible para el período diciembre 2008 - diciembre 2009, en I. San Pedro (L23), I. Guapiquilán (L24), Repollal-Canal Puquitín (A02), I.Ovalada (A05), B. Buena (M36) y Pto. Zenteno (M39), para las cuales se dispone además de estimaciones de abundancia por grupos del zooplancton y estimaciones de las concentraciones de nutrientes (nitritos, nitratos, fosfatos y silicatos). Se analizaron las siguientes 36 variables (se incluye código tal como aparecen en la gráfica):

1. Abundancia relativa de ***A. catenella*** , (A)
2. Abun. Relativa de ***D. acuta*** (B)
3. Abun. Relativa de ***D. acuminata*** (C)
4. Abund. relativa de ***P. australis*** (D)



5. Abund. relativa de <i>P. pseudodelicatissima</i>	(E)
6. Abund. relativa de <i>A. ostenfeldii</i>	(F)
7. Abund. relativa de <i>P. reticulatum</i>	(G)
8. Índice G	(H)
9. Número de especies del fitoplancton	(I)
10. Transparencia del agua	(J)
11. Temperatura del aire	(K)
12. Presión barométrica	(L)
13. Velocidad del viento	(M)
14. Nubosidad	(N)
15. Dirección del viento	(O)
16. Veneno paralizante de los mariscos, VPM	(P)
17. Veneno diarreico de los mariscos, VDM	(Q)
18. Temperatura del agua en superficie en superficie	(S0)
19. Temperatura del agua en superficie a 5m	(S5)
20. Temperatura del agua en superficie a 10m	(S10)
21. Temperatura del agua en superficie a 20m	(S20)
22. Salinidad del agua en superficie	(T0)
23. Salinidad del agua a 5m	(T5)
24. Salinidad del agua a 10m	(T10)
25. Salinidad del agua a 20m	(T20)
26. Concentración de oxígeno en superficie	(U0)
27. Concentración de oxígeno en superficie	(U5)
28. Concentración de oxígeno en superficie	(U10)
29. Concentración de oxígeno en superficie	(U20)
30. Número de organismos del fitoplancton	(W)
31. Concentración de fosfatos	(X1)
32. Concentración de nitratos	(X2)
33. Concentración de nitritos	(X3)
34. Concentración de silicatos	(X4)
35. Número de grupos de zooplancton	(Y)
36. Número de organismos del zooplancton	(Z)

Objetivo específico 4

3.5. Muestreo complementario

Para satisfacer los requerimientos de información asociados al reglamento de plagas, en las regiones de Aysén y Magallanes se realizó un muestreo complementario orientado a levantar información sobre la presencia de *A. catenella* mediante la estimación de las abundancias relativas de este taxón nocivo en sectores apartados de los lugares habituales de monitoreo abordados con regularidad por este programa. Asimismo en las mismas estaciones se recolectaron muestras de



sedimentos en los primeros 3 cm de la superficie del sustrato para el análisis de quistes de dinoflagelados, particularmente de *A. catenella*. El material fue recolectado en el sitio de muestreo, transferido a una bolsa plástica y almacenada a 4 °C hasta su análisis.

En Aysén se incluyeron un total de 21 estaciones, 3 estuvieron distribuidas en el área Melinka 11 en el área insular y continental de Aysén, 5 en Caleta Tortel, dos de las cuales fueron reemplazadas en el segundo monitoreo (Tabla 9).

En Magallanes el muestreo se realizó en 29 estaciones, 4 de ellas ubicadas al norte de la estación Canal Adalberto (A04), 10 estaciones localizadas entre I. Larga (M20) y E. Nuñez (M28) y 15 estaciones ubicadas entre Seno Almirantazgo y sectores adyacentes, incluyendo el Canal Magdalena al sur del Estrecho de Magallanes, como también localidades al sur de Puerto Navarino (M44). Las fechas de muestreo en el área sur estuvieron entre el 14 y 16 de febrero, mientras que las demás estaciones fueron monitoreadas entre el 21 de marzo y 2 de abril de 2009 (Tabla 10). La distribución geográfica de las localidades visitadas para el muestreo complementario se presenta en las figuras 4 y 5.

Análisis de muestras de sedimentos

La metodología aplicada en el análisis de estas muestras es la misma indicada para las muestras de sedimento de estaciones de monitoreo regulares (ver punto 3.3).

Objetivo específico 6

3.6. Flujo de información hacia Subsecretaría de Pesca

Para que la autoridad disponga de antecedentes confiables y oportunos vinculados con el reglamento de plagas, mensualmente se remitió a la Subsecretaría de Pesca en formato digital vía correo electrónico, dos tipos de archivos con información de la distribución y abundancia relativa de *Alexandrium catenella*, para cada sitio de muestreo en las tres regiones administrativas que abarca este estudio. Estos datos son enviados, en un lapso no >10 días luego de finalizada cada campaña de terreno, abarcando todos los sitios de muestreo de cada región administrativa.

Se remitieron dos tipos de archivos: una planilla digital y un correo electrónico que da aviso de la actualización del SIG en la Web. El primero es una planilla que contiene en forma separada por región, las estimaciones de abundancia relativa para cada sitio de muestreo; estos antecedentes se presentan incorporando por columnas, el código del sitio de muestreo, el topónimo de la estación, la fecha de muestreo del sitio y la estimación de abundancia relativa para cada cruce presentando el estimador en la escala definida con los calificativos de: ausente (nivel 0), rara (nivel 1), escasa (nivel 2), regular (nivel 3), abundante (nivel 4), muy abundante (nivel 5), extremadamente abundante (nivel 6) e hiper abundante (nivel 7). Cada planilla incorpora como referente la escala de abundancia relativa definida para este taxón.



Estos mismos antecedentes fueron remitidos por medio de un correo electrónico que da aviso de la actualización del SIG on-line (segundo archivo digital), usando un programa de SIG con tecnología open-source, se generaron enlaces directos a toda la información gráfica (SIG), personalizado los datos de **A. catenella** de cada crucero, información de apoyo y de ayuda para su visualización., pero dispuesto de manera que se pueda desplegar el estado de condición de la abundancia relativa por localidad, área de trabajo, región administrativa y toda el área de muestreo y por período de muestreo. Para cada punto de muestreo se dispone del código del sitio de muestreo, el topónimo, las coordenadas geográficas del punto, el datum y la fecha de muestreo. La información puede ser desplegada, por cada período de muestreo. A fin de facilitar la comprensión gráfica de la distribución de los sitios de muestreo, es factible, representar también, sólo la ubicación geográfica de los sitios de muestreo en toda el área de estudio, o por región administrativa o incluso segregando un sector del área de estudio. Las localidades se despliegan incluyendo, si se desea el código para cada sitio de muestreo. Para cada localidad de muestreo es factible disponer de la información señalada previamente, esto es, código, topónimo, coordenadas geográficas y datum (en este caso se omite el estimador de abundancia relativa de **A. catenella**).

Es preciso señalar que esta publicación esta disponible en 2 niveles de información, una para usuarios restringidos a través de la Web: http://www.ifop.cl/Marea_Roja, la cual solicita al momento de querer ingresar a la web un nombre de usuario y una contraseña.

El segundo nivel de información es para “Publico en General” los cuales ingresan por el siguiente enlace: http://www.ifop.cl/Marea_Roja_Publico/.

La diferencia de establecer estos dos niveles de información, radica en que el público general solo podrá visualizar el crucero en curso finalizado, concluido el crucero siguiente este es actualizado y borrado el histórico. Para los usuarios restringidos se actualiza cada crucero a medida que las zonas son analizadas en laboratorio, de esta forma el usuario recibe información de manera progresiva hasta completar el crucero y además se conserva el histórico para sus consultas y análisis.

Objetivo específico 7

3.7. Sistema de Información Geográfico

Éste se ha desarrollado para contar con un sistema que ordena espacio temporalmente los antecedentes generados por el estudio que posibilita la visualización directa en pantalla de las concentraciones o resultados (positivo o negativo) de las diferentes toxinas asociadas a los mariscos, las abundancias relativas de los taxones del fitoplancton asociados a las toxinas marinas, las densidades a nivel específico del fitoplancton en general y las condiciones oceanográficas y meteorológicas asociadas. Asimismo se emplea para remitir mensualmente, en formato digital, la abundancia relativa de **Alexandrium catenella** según los requerimientos del reglamento de plagas. Detalles sobre el particular se han entregado en un punto previo: Abundancia relativa de taxones nocivos.



En la primera etapa de este estudio (período 2006-2007) se desarrolló un Sistema de Informaci3n Geogr3fico (SIG) (Guzmán et al., 2007) cuyos atributos permiten representar la informaci3n espacialmente, conformada en una plataforma GIS ArcView 3.2. Aunque este soporte debe sustentar el sistema desarrollado, presenta limitaciones operativas para la difusi3n, transporte y actualizaci3n de los datos a los organismos demandantes de la informaci3n, pues éstos deben contar con el software licenciado en la misma versi3n o superior para observar la data representada, adem3s de aplicar rutinas específcas para la instalaci3n y visualizaci3n de los antecedentes, ya que las rutas de acceso a los archivos ("path") deben ser coincidentes entre el computador donde se genera el archivo de proyecto y aquel donde se carga.

Bajo estas consideraciones estructurales se optó por representar la informaci3n espacialmente sistematizada en un SIG con una nueva plataforma, en la cual se manipulen y visualicen todos los datos espaciales y mediciones obtenidas en los muestreos. Esta opci3n es una soluci3n temporal y consta de las características siguientes: c3digos abiertos, de rápida difusi3n, que sean transportables, de actualizaci3n eficiente, con requerimientos computacionales mínimos para los usuarios y que el archivo nativo sea exportable a otros soportes l3gicos ("softwares").

El software para implementar el SIG, es TimeMap™, creado por el Archaeological Computing Laboratory, The University of Sydney, Australia, desarrollado en Java, para la generaci3n de mapas interactivos, mapas de espacio-temporales (Jonson, I. et al. 2006). Este est3 basado en tecnología Open Source, funciona en lenguaje Java (lenguaje de programaci3n orientado a objetos) y xml (Extensible Markup Language) sustentado todo en html (Hyper Text Markup Language). Esto entrega la posibilidad de personalizar sus aplicaciones y lo m3s importante, generar mapas dinámicos de consulta, con la ventaja de ser transportable como SIG en medios magnéticos (CD o "pendrive"), permitiendo su despliegue en cualquier computador con requerimientos mínimos.

La informaci3n cartogr3fica y la generada en los muestreos se georreferenci3 con parámetros geodésicos estandarizados (coordenadas geogr3ficas) y normalizados (datum WGS 84), adem3s se generaron bases de datos relacionales para establecer las relaciones entre la informaci3n y las entidades gr3ficas representadas en el mapa. Toda la informaci3n cartogr3fica y de muestreos fue trabajada en ArcMap (ArcGis 9.3) con la finalidad de contar con archivos de extensi3n .shp los que son interpretados y aceptados por una amplia gama de softwares incluyendo TimeMap™.

La manipulaci3n de la informaci3n se dividi3 para su procesamiento y representaci3n en dos grupos, a) cartografía base y b) cartografía temática

a) La cartografía base proviene de cartografía digital IGM (Instituto Geogr3fico Militar), correspondiente a las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Para lo cual fueron definidas 8 capas de informaci3n; "estaciones de muestreo" (151 puntos de muestreo), "Centros Poblados" (ciudades menores), "Casco Urbano" (grandes ciudades), "Red Vial" (Carretera, Camino principal, Camino secundario, Camino de tierra), "Hidrografía", "Lagos", "Glaciares" y "Regi3n". Esta fue editada gr3ficamente para disponer de un solo producto normalizado y estandarizado, adem3s para



cada capa de informaci3n se gener3 su respectiva tabla de atributos para la representaci3n gr1fica, consulta e interpretaci3n de 3sta.

b) La cartograf1a tem1tica proviene de la informaci3n recogida en cada crucero del programa de monitoreo. Se identificaron los temas con los cuales se generara la cartograf1a tem1tica: Abundancia relativa, Densidades, Toxinas, Meteorolog1a (temperatura ambiental, nubosidades, presi3n del aire, direcci3n y velocidad del viento) y Oceanograf1a (condici3n de agua en t3rminos de temperatura, salinidad, sigma-t, clorofila y transparencia).

Posteriormente se definieron subgrupos para representar los datos, para cada 1rea de tem1ticas informaci3n. Para la abundancia relativa y densidad, la informaci3n se clasific3 por especies de microalgas; Las toxinas fueron clasificadas por tipo de veneno; y la meteorolog1a y Oceanograf1a se clasificaron por variables medidas in situ en cada crucero.

La base cartograf1a y la cartograf1a tem1tica se represent3 en sistema de coordenadas geogr1fica, datum WGS-84. Aunque TimeMap™ es compatible con archivos shapefile compuestos por los tres b1sicos (.dbf, .shx y .shp), es decir, no rectificadas (no "georreferenciadas"), se consideraron los archivos de georreferenciaci3n (.sbn, .sbx y .prj) en el SIG como apoyo cartogr1fico de los metadatos.

Luego se defini3 la estructura del SIG para la implementaci3n. Se generaron dos carpetas, una que contiene la informaci3n relacionada con el inicio autom1tico de CD (AutoRunSource) y otra que contiene el SIG (HTML).

Posteriormente se crearon 4 subcarpetas que almacenan la informaci3n: **Cartograf1a** (contiene los Shapefiles de la base de cartograf1a y estaciones de muestreo), **DBF** (contiene shapefiles de la informaci3n tem1tica) y **TMJavaResources** (contiene toda la arquitectura y algoritmos para el despliegue del SIG).

El siguiente paso fue personalizar el layout de TimeMap™, programado en XML (Extensible Markup Language) con lo cual se intervino el algoritmo de origen, por medio de este procedimiento se eliminan herramientas que no se utilizar1an y se agregaron otras funcionalidades.

Con el Layout modificado, se generaron en el software TMWin de TimeMap™ las 1reas tem1ticas para la informaci3n. Por 1ltimo se ingresaron las diferentes capas de informaci3n: Cartograf1a base, Estaciones de Muestreo e Informaci3n Tem1tica. Toda la informaci3n ingresada por medio de este software es estructurada, simbolizada y representada por algoritmos en un archivo extensi3n TMS.

La informaci3n representada en el SIG est1 estructurada tem1ticamente de modo que el usuario puede consultar informaci3n geoespacial, seg1n el tema de inter3s, analizar las tendencias y series cronol3gicas de variables que se registran en cada punto de muestreo (Espinoza, C. 2009), visualizando la distribuci3n geogr1fica de las estaciones de monitoreo o los mapas tem1ticos de



abundancias relativas de los taxones nocivos, concentración de las toxinas evaluadas en este estudio, densidades específicas del fitoplancton, variables meteorológicas y oceanográficas.

Este SIG funciona en un ambiente Web, por lo que es una aplicación totalmente intuitiva para el usuario, además su actualización se realiza reemplazando los archivos temáticos en los directorios respectivos en el caso que sea cargado en un computador o actualizando los CD en su totalidad.



4. GESTION

Desde la toma de razón el 30/12/08 del contrato suscrito entre la Subsecretaría de Pesca y el Instituto de Fomento Pesquero el 17/11/08 por parte de la Contraloría Regional de Valparaíso, en la gestión del proyecto se abordaron ocho tópicos de relevancia para la ejecución de las acciones comprometidas en los términos técnicos de referencia.

- a. Suscripción de convenio con el Ministerio de Salud (Subsecretaría de Salud) y el Instituto de Fomento Pesquero. El objetivo de este convenio es la formalización de las relaciones entre IFOP con las Secretarías Regionales Ministeriales de Salud para el análisis de mariscos mediante los métodos oficiales para la evaluación de las toxinas marinas consideradas en este estudio. El convenio fue aprobado el 23 de enero de 2009. Desde el punto de vista operativo, no hubo obstáculos ni dificultades para el desarrollo de las actividades comprometidas entre el IFOP y las respectivas Secretarías Regionales Ministeriales. Como tampoco hubo dificultades con la Subsecretaría de Salud.
- b. Solicitud de resolución al Servicio Hidrográfico de la Armada en cumplimiento del Decreto Supremo N° 711 del 22 de agosto de 1974 relativo al “Reglamento de Control de las Investigaciones Científicas y Tecnológicas Marinas afectadas en la Zona Marina de Jurisdicción Nacional”. La autorización fue aprobada el 23 de enero de 2009.
- c. Solicitud de Pesca de Investigación a la Subsecretaría de Pesca para la recolección de muestras de mariscos para los análisis de toxinas marinas según se compromete en los términos técnicos de referencia de acuerdo a los requerimientos de la Ley General de Pesca y Acuicultura. La autorización fue aprobada el 27 de enero de 2009.
- d. Suscripción de contratos con armadores de embarcaciones menores para la toma de muestras y registro de información en las áreas de estudio. Oportunamente diferentes armadores de las tres regiones administrativas fueron invitados a participar en una licitación privada a fin de contar con el apoyo pertinente para acceder a los sitios de muestreo. En total se suscribieron contratos con ocho Armadores de las tres regiones, dos en Los Lagos, tres en Aysén y tres en Magallanes.
- e. Adquisiciones y mantenciones de equipos. Durante los primeros días de iniciado el proyecto se realizaron las adquisiciones de equipos, entre los más importantes figuran dos microscopios dotados con epifluorescencia, un CDT con los sensores de fluorescencia y oxígeno además de la adquisición de otros sensores de oxígenos para los demás CTD repartidos en las regiones administrativas consideradas en el estudio y finalmente dos fotómetros para mejorar el análisis de nutrientes en las regiones de Aysén y Magallanes. Durante este periodo, los CTD de Los Lagos, Aysén y Magallanes fueron remitidos para calibración y reparaciones a los servicios técnicos especializados para cada marca, tres en Noruega y el otro a Estados Unidos. Adicionalmente, se realizaron las adquisiciones de



materiales fungibles relacionados con reactivos para análisis, soluciones para la fijación de muestras, estándares de toxinas marinas y materiales de muestreo como envases plásticos y mallas de zooplancton y fitoplancton.

- f. Fortalecimiento de las competencias ligadas a las capacidades técnicas de los profesionales asociados al estudio.

1. Fecha: 5-14 de enero de 2009.

Nombre del curso: Hidrodinámica de fiordos

Encargado del curso: Dr. Arnoldo Valle-Levinson (Civil and Coastal Engineering Department, University of Florida, EEUU. Austral Summer Institute (2009)

Lugar: Universidad de Concepción

Participante: Luis Iriarte

2. Fecha: 18-29 de mayo de 2009.

Nombre del curso: Organization of training activities on EU food standards in third countries. In Chile "Phytoplankton in the detection of toxins in live bivalve mollusks.

Encargado del curso: Dra. Yolanda Pazos.

Lugar: Universidad Austral de Chile – Sede Puerto Montt

Participante: Victoria Arenas

3. Fecha: 6-17 de julio de 2009.

Nombre del curso: Marine Phytoplankton Taxonomy Course

Encargado del curso: Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science (SAHFOS) and Marine Biological Association (MBA)

Lugar: Plymouth, Inglaterra

Participante: Ximena Vivanco

4. Fecha: 9-25 de septiembre de 2009

Nombre del curso: Programa de Seguimiento de biotoxinas marinas según reglamentación europea. COI – AECID – IEO

Encargado del curso: Centro oceanográfico de Vigo

Lugar: Vigo, España

Participante: Paola Hinojosa

5. Fecha: 18-23 de enero de 2010

Nombre del curso: Interacciones físico-biológica y flujos de carbono en fiordos y estuarios. Austral Summer Institute (2010)

Encargado del curso: Dr. Humberto González y Dr. José Luis Iriarte

Lugar: Universidad de Concepción

Participante: Patricio Mejías y Javier Monsalve



También durante el año se realizaron las gestiones para que dos profesionales que forman parte del programa pudieran participar al décimo primer curso COI – AECID – IEO denominado Taxonomía de fitoplancton nocivo que tendrá lugar durante junio del 2010 en el Centro oceanográfico ubicado en la ciudad de Vigo, España. Las personas identificadas para participar en este curso son Victoria Arenas y Susana Mercado.

g. Participación en reuniones científicas

Fecha: 15-21 de noviembre de 2009

Nombre del trabajo: Portable geographic information system of Red Tide (GISRETI) as an aid in the analysis of data and decision-making.

Congreso: 24th Internacional Cartographic Conference. Santiago. 2009.

Lugar: Santiago – Chile

Participante: Christian Espinoza

h. Participación en reuniones técnicas internacionales y nacionales

1. Fecha: 20-27 de abril de 2009

Evento: Novena Reunión del Panel Intergubernamental sobre FANs (IPHAB)

Organizador: COI UNESCO

Lugar: París – Francia

Participante: Leonardo Guzmán

2. Fecha: 6 de mayo de 2009

Evento: Evaluación de la metodología y eventuales modificaciones al programa de monitoreo de mareas rojas.

Organizador: Subsecretaría de Pesca

Lugar: Valparaíso

Participante: Leonardo Guzmán, Gastón Vidal y Gemita Pizarro

3. Fecha: 7 de mayo de 2009

Evento: Análisis de presencia de *A. catenella* al norte del límite del área FAN.

Organizador: Comité de Marea roja

Lugar: Valparaíso

Participante: Leonardo Guzmán y Gemita Pizarro

4. Fecha: 8-14 de junio de 2009

Evento: Reunión anual GEOHAB

Organizador: IOC

Lugar: Galway, Irlanda

Participante: Leonardo Guzmán

5. Fecha: 16-25 de junio de 2009



Evento: 25 th sesión de la Asamblea General de la IOC (Presentación panel IPHAB)

Organizador: IOC

Lugar: París, Francia

Participante: Leonardo Guzmán

6. Fecha: 21 de octubre de 2009

Evento: Reunión técnica y presentación de resultados programa de vigilancia de fitoplancton

Organizador: Subsecretaría de Pesca

Lugar: Valparaíso

Participante: Leonardo Guzmán

7. Fecha: 18 de noviembre de 2009

Evento: Reunión Agencia de inocuidad alimentaria; Proyecto acuicultura 2010

Organizador: Comité Agencia de inocuidad alimentaria

Lugar: Servicio Nacional de Pesca, Valparaíso

Participante: Leonardo Guzmán

8. Fecha: 21 de enero de 2010

Evento: Presentación Política Nacional Mareas Rojas y Toxinas Marinas

Organizador: Agencia de Inocuidad Alimentaria de Chile

Lugar: Santiago

Participante: Leonardo Guzmán

8. Fecha: 22-24 de enero de 2010

Evento: Taller marea roja. Plagas y Muestreos de emergencia

Organizador: Subsecretaría de Pesca

Lugar: Valparaíso

Participante: Leonardo Guzmán

Cumplimiento de objetivos y actividades del estudio

Durante el desarrollo del estudio dio cumplimiento a todas las materias planteadas en el objetivo general del proyecto y de igual manera se abordaron los siete objetivos específicos.

- Se realizaron 10 cruceros del monitoreo regular en las 9 sub-áreas definidas en este programa, Estuario y Seno de Reloncaví; Golfo Ancud e Islas Desertoires; Quellón y alrededores hasta Guapiquilán y Tictac; Melinka; Litoral insular y continental de Aysén; Tortel; Sector comprendido entre Puerto Edén y Puerto Natales; Estrecho de Magallanes y Puerto Williams.
- Se realizaron 2 cruceros complementarios en 5 sub-áreas definidas en el programa, Sur de Melinka; Litoral sur insular y continental de Aysén distintos de los cubiertos por los cruceros regulares; Tortel; Sector comprendido entre Isla Larga y Estero Nuñez en Magallanes y



entre Puerto Natales y Península Barros Arana y Sector Seno Almirantazgo y sectores adyacentes incluyendo el Canal Magdalena y sur de Puerto Navarino.

A continuación, se describe el grado de cumplimiento de cada una de las actividades comprometidas en los diversos muestreos realizados durante el estudio. Se excluyen de este análisis las variables comprometidas en el muestreo complementario de las estaciones ubicadas en el Golfo de Penas, debido que este muestreo solo fue posible realizarlo en una embarcación de la Marina de Chile durante una expedición vinculada a un estudio CIMAR, principalmente debido a que no existen en el área embarcaciones disponibles y que estén equipadas para este tipo de monitoreo, en un sector que tiene por característica las dificultades para navegación, como consecuencia de condiciones meteorológicas e hidrográficas.

- En lo que concierne al número de muestras de mariscos, de un total de 800 muestras comprometidas para análisis de VPM en Los Lagos (en I. Chulín y B. Corcovado no se recolectan mariscos) se recolectaron 780 muestras, pero 4 de ellas no fueron informados los resultados por el laboratorio. Para análisis de VDM se recolectaron 398 muestras de un total de 400 muestras comprometidas y para VAM se recolectaron 397 muestras de tan solo 6 muestras comprometidas en esta región. En Aysén se recolectaron 1699 muestras de mariscos para VPM de un total comprometido de 1710 muestras considerando los muestreos regulares y complementarios. Para el análisis de VDM se recolectaron 1089 muestras de un total comprometido de 1100 muestras y para VAM se recolectaron 610 muestras de tan solo 15 muestras comprometidas en el estudio para esta región. En cuanto a las muestras no recolectadas, 10 corresponden a VPM y 10 a VDM de la especie secundaria almeja de la estación Melimoyu (A11), recurso que actualmente no está disponible en ese sector geográfico y es inviable continuar comprometiendo su recolección. En Magallanes se recolectó la totalidad de las muestras comprometidas para análisis de VPM (960 muestras) y se recolectaron 480 muestras para análisis de VDM y 480 muestras para análisis de VAM de un total de 10 muestras comprometidas para VDM y VAM, respectivamente en el estudio.
- Se recolectaron todas las muestras de agua para análisis del fitoplancton cualitativo y cuantitativo comprometidas en el estudio y se analizaron en su totalidad.
- Se registraron 7.495 datos de un total de 7.550 datos meteorológicos puntuales comprometidos en la propuesta técnica del estudio referidos a las variables temperatura ambiente, cubierta nubosa, presión barométrica, dirección del viento y velocidad promedio del viento. Los 55 datos no recolectados corresponden a la región de Los Lagos y esta carencia estuvo relacionada con fallas del equipamiento utilizado para registrar estas variables. En tanto que los datos meteorológicos registrados con estaciones meteorológicas fijas instaladas en cada región, solo se pudo obtener las series de tiempo completa en las regiones de Aysén; en Magallanes se logró obtener la serie completa a excepción de los datos de dirección de viento, radiación solar y pluviometría; mientras que en Los Lagos sólo se registró la serie de datos del mes de diciembre de 2009, básicamente por desperfectos en la estación meteorológica que ocasionaron reiterados defectos en el registro de datos.



- Se analizaron 141 muestras de sedimento (33 en Los Lagos, 60 en Aysén y 48 en Magallanes) de los sitios de muestreo regulares y 29 muestras de sedimento (19 en Aysén y 10 en Magallanes) en las estaciones complementarias. Esto representa el 100% de los sitios de muestreo cuya superficie marina estaba conformada por fondos blandos. Esto permitió definir los 46 sitios de muestreo (9 en Los Lagos, 22 en Aysén y 15 en Magallanes) para quistes de *A. catenella*, de los cuales se obtuvieron 62 muestras para análisis.
- Se analizaron 58 muestras de un total de 60 muestras para análisis de zooplancton comprometidas en el estudio. Las dos muestras que faltaron fueron extraviadas durante el transporte utilizado desde el lugar de la toma de muestra hasta el laboratorio de IFOP utilizado para el análisis.
- Se analizaron 59 muestras de nutrientes para determinaciones de fosfato, nitrato, nitrito y silicato de un total de 60 muestras comprometidas en el estudio. La muestra que no fue analizada fue extraviada en el transporte utilizado desde el lugar de la toma de muestra hasta el lugar de análisis.
- Se registraron 1495 datos de transparencia del agua de los 1510 datos comprometidos en el estudio.
- En lo que se refiere a los datos oceanográficos, en Los Lagos se registraron 269 perfiles de temperatura, 269 perfiles de salinidad, 288 perfiles de densidad del fitoplancton y 277 perfiles de oxígeno de un total de 400 perfiles por cada variable. Al menos 126 perfiles no registrados de cada variable (504 perfiles en total) se deben a que el CTD asignado a esta región se encontraba en reparaciones en Noruega, mientras que el resto de los perfiles que faltan (73 en total) fueron debidos a desperfectos electrónicos, de calibración y agotamiento de baterías. En Aysén se registraron 600 perfiles de temperatura, 600 perfiles de salinidad, 601 perfiles de densidad del fitoplancton y 502 perfiles de oxígeno de un total de 610 perfiles por cada variable comprometida en los muestreos regulares. Al menos 61 de los perfiles que faltan de esta región se debe a que durante el primer crucero no estaban instalados por sensores de oxígeno debido a compraron después de la toma de razón del estudio fecha que coincidió con la primera salida a terreno, el resto de los datos que faltaron se relacionan a fallas en los sensores, particularmente el de oxígeno. En Magallanes se registraron 461 perfiles de temperatura, 461 perfiles de salinidad, 407 perfiles de densidad del fitoplancton y 405 perfiles de oxígeno de un total de 480 perfiles por cada variable comprometidos en el estudio. Gran parte de esta deficiencia en el registro de información igual que lo sucedido en Aysén, se debe a la llegada tardía de los sensores de fluorescencia y oxígeno adquiridos para los muestreos de Magallanes.
- Se registraron 14 series de temperatura del agua de un total de 22 series comprometidas en estaciones distribuidas en las tres regiones que considera el estudio. De estos 14 registros, 9 presentan una serie completa del periodo de monitoreo y 5 solo tienen registros a partir de julio y agosto del 2009 hasta el final del estudio. Ha habido una mejora sustancial respecto del registro de esta información respecto de años anteriores, pero la carencia de datos aún es notable, las razones son múltiples, por un lado, se generan desperfectos del instrumental debido a fallas del material que recubre los termocrones hecho que facilita el contacto con el agua de mar y finalmente su deterioro con la pérdida de datos almacenados y por otro lado,



existen áreas en las cuales los instrumentos son sustraídos por fuentes desconocidas, particularmente en áreas de mucho tráfico marítimo y esfuerzo de pesca.



5. RESULTADOS

Objetivos específicos 1, 2, 3 y 5

5.1. Distribución geográfica y temporal del Veneno Paralizante de los Mariscos, abundancia relativa y densidad de *Alexandrium catenella*.

Los resultados corresponden al lapso comprendido entre inicios de diciembre de 2008 y mediados de enero de 2010, período en el que se realizaron diez cruceros, correspondientes a la tercera etapa de este estudio (período 2008-2009). La mayor parte de los antecedentes fueron recogidos durante 2009. La información que se presenta corresponde a la distribución de macroescala de las concentraciones de toxina paralizante evaluada en mariscos transvectores primarios (cholga, chorito y almeja), tranvectores secundarios (chorito, almeja y culengue) y a la distribución y abundancia de la microalga *Alexandrium catenella* entre Cochamó (L02N1) en el Estuario de Reloncaví en la región de Los Lagos hasta Puerto Eugenia (M46) en el Canal Beagle en la región de Magallanes (Figs. 1-3).

5.1.1. Veneno Paralizante de los Mariscos (VPM)

Análisis descriptivo

Los resultados se presentan en las figuras 6-29, tabla 11 y anexos 1-4. Para la región de Los Lagos se presentan en las figuras 6, 9-11, 24-27, tabla 11, además del anexo 1; para la región de Aysén en las figuras 7, 9-10, 12-19, 24-26, 28, tabla 11, además de los anexos 2 y 3; y para la región de Magallanes en las figuras 8-10 y 17-19, 23-26, 29, tabla 11, además del anexo 4.

Al analizar la información toxicológica considerando las distintas especies transvectoras primarias (cholga, chorito y almeja) y las tres regiones administrativas en conjunto, se observan muestras positivas al bioensayo ratón en toda el área de estudio. La toxicidad media por periodo de muestreo, fue notoriamente más baja en la región de Lagos y la mayor en la región de Aysén, siendo distintos también los periodos en que se registraron estos picos de toxicidad, abril en Los Lagos, marzo en Aysén y diciembre 2009 en Magallanes, con ojivas claramente definidas en las dos primeras regiones, puesto que en la región de Magallanes durante primavera 2009 sólo se alcanzó a registrar la tendencia de incremento de la toxicidad media (Figs. 6-10).

En la región de Aysén, si bien no se registraron los niveles más altos del área de estudio, la amplia cobertura geográfica y la persistencia temporal, abarcando la mayor parte del área monitoreada y del periodo de muestreo, determinaron que esta región mostrara como rasgo característico una alta proporción de muestras tóxicas con veneno paralizante no aptas para consumo humano (Fig. 7, Anexos 2 y 3). Por el otro lado, en la región de Lagos se observaron sólo un reducido número de sitios con muestras positivas al bioensayo ratón y bajas concentraciones de veneno paralizante en mariscos transvectores (Fig. 6, Anexo 1). En la región de Magallanes, también se presentaron



muestras positivas con niveles significantes, con los registros m1s altos del per3odo estudiado, pero la toxicidad no alcanz3 la cobertura geogr1fica y temporal observada en la regi3n de Ays3n, siendo claramente m1s acotada. Estas diferencias se aprecian en la media y el error est1ndar estimados para cada regi3n, tanto en lo que se refiere a la informaci3n global, como a la referida a cada uno de los transvectores usados como organismos centinela: almeja, cholga y chorito. La 3nica regi3n que s3lo dispone de antecedentes para cholga y chorito es Magallanes (Figs. 8-10, Tabla 11, Anexo 4).

Estadísticas VPM	LOS LAGOS	AYSEN	MAGALLANES
	estimaciones en $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco		
Global			
Media	2	1.135	466
Error est1ndar	0,9	125,0	91,7
N	400	610	480
Almeja			
Media	4	512	----
Error est1ndar	1,6	165,1	----
N	205	500	----
Cholga			
Media	0	1.140	422
Error est1ndar	0,0	146,4	110,6
N	87	500	250
Chorito			
Media	1	1456	513
Error est1ndar	0,6	218,8	151,0
N	99	70	230

En la regi3n de Los Lagos, las muestras positivas al veneno paralizante s3lo fueron un 4,85% ($n=391$), representadas por muestras de almejas principalmente y una de chorito, variando las concentraciones entre 31 y 111 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco. S3lo tres muestras presentaron estimaciones que superaron la norma de 80 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, que fueron recolectadas en el 1rea sur de la Isla de Chilo3, en Isla San Pedro 2 (L23N2) e Isla Guapiquil1n (L24) con estimaciones entre 88 – 111 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, observadas en los muestreos de oto3o entre mediados de abril – inicios de mayo (cuarto crucero) y mediados de mayo – fines de junio (quinto crucero) para la primera localidad y s3lo para el cuarto crucero en la segunda de ellas. Hubo un par de registros bajo la norma en primavera en el muestreo de octubre (octavo crucero) observados en Isla Guapiquilan (L24) e Isla Guapiquil1n 2 (L24N1).

Finalmente cabe se1alar que las muestras positivas a este complejo t3xico fueron registradas en un quinto de los sitios de muestreo establecidos en esta regi3n ($n=40$) y todas quedan ubicadas principalmente en el sector sur del 1rea de muestreo, en la costa sur y este de la Isla de Chilo3, en las localidades de Isla San Pedro 2 (L23N2), Isla Guapiquil1n (L24), Isla Guapiquil1n 2 (L24N1), Canal Guamblad (L23N1), Ensenada Quilanlar (L22N1), Isla San Pedro (L23), Bah3a Asasao (L22) e Isla Laitec (L20) (Fig. 6, Tabla 11, Anexo 1).



En la región de Aysén, la situación es diametralmente opuesta, tanto por los niveles de toxicidad registrados, como por la cobertura geográfica mostrada por el veneno paralizante, abarcando casi la totalidad de los sectores monitoreados. Ello determina que en promedio, ya sea en forma global, o considerada para cada recurso transvector evaluado, las concentraciones más altas registradas durante el lapso estudiado se observaron en la región de Aysén, en comparación con las otras dos regiones monitoreadas. Sólo tres localidades del área de Raúl Marín Balmaceda, presentaron muestras con niveles no detectables mediante el bioensayo ratón a lo largo de todo el período de muestreo, ellas fueron Laja Brazo Pillan 1 (A06), Canal (A07) y Repollal – Estero Las Islas (A08). Asimismo los sitios de muestreo del área de Tortel (desde A55 a A60), durante los seis primeros muestreos, no presentaron niveles detectables de veneno paralizante.

El registro más alto observado (promedio de dos réplicas) ocurrió en Puerto Lampazo (A39) ubicada en Aysén insular, con $16.052 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, valor estimado en cholga. Al analizar los resultados de las otras dos especies de transvectores recolectadas en esta región, se aprecia que en el caso de la almeja, el registro mayor ocurrió en Isla Valverde (A05N1) del área de Melinka, con una estimación de $3.454 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco y en el caso del chorito, la mayor estimación fue de $11.162 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, valor observado en Isla Vergara (A32) del área de Aysén continental. Estas diferencias en el nivel de toxicidad entre estos tres recursos, se aprecia también en los promedios estimados para el período de muestreo para cada localidad, observándose las estimaciones promedio mayores para la cholga (hasta $3.676 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco), luego chorito (hasta $1.892 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco) y finalmente almeja (hasta $954 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco).

De manera global se aprecia que el 17,2% de las muestras analizadas en esta región ($n=610$) presentaron estimaciones no detectables con el bioensayo ratón (i.e. muestras con $< 30 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco). Un 6,6% de las estimaciones estuvieron en el rango $30-40 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco. La mayor parte de las muestras (67,6%) presentó estimaciones $> 80 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, i.e. no aptas para consumo humano, que fueron recolectadas en un amplio sector de la geografía de esta región, incluyendo Melinka, Aysén continental e insular, además de Tortel. Desde la perspectiva temporal, los sitios de muestreo de Melinka y Aysén continental e insular, presentaron un marcado incremento de la toxicidad, durante el período fines de enero – inicios de marzo (segundo crucero), valores que se mantuvieron, incrementaron o disminuyeron durante mediados de marzo – inicios de abril (tercer crucero), estimaciones que desde mediados de abril – inicio de mayo (cuarto crucero), si bien aún se mantenían muy altos, comenzaron a disminuir, mostrando niveles de riesgo para consumo humano, hasta el diciembre de 2009 (décimo crucero) (véase Anexos 2). Una situación distinta se observó en el área de Tortel, pues el incremento de toxicidad se observó a partir de septiembre (séptimo crucero), si bien la toxicidad no fue observada en otoño en las otras localidades establecidas en esta región, pues éstos no sobrepasaron los $280 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, valor registrado en Isla Orlebar (A55), y que en general, mostraron una tendencia de disminución hacia finales del período de muestreo (diciembre 2009). En los sitios que se presentaron los niveles más altos de toxicidad (cholga), desde el punto de vista temporal, es característica la ojiva, con un máximo en marzo, diferencial entre sitios de muestreo y



alrededor de 100 días de iniciado el estudio, para luego mostrar una clara tendencia de declinación hacia finales del período de estudio (Fig. 17, Anexo 2).

En la región de Magallanes, la situación general estuvo caracterizada por niveles no detectables o más bien bajos de toxicidad en gran parte del período estudiado y de la región, situación que cambió radicalmente a partir de octubre 2009 en que se apreció un claro incremento de la toxicidad, la cual se mantuvo hasta el final del período de muestreo, alcanzándose los registros puntuales más altos para el período de estudio. Este aumento de la toxicidad ocurrido en la primavera, si bien determinó un incremento en la estimación media de la toxicidad, ésta no alcanzó a superar aquella estimada para la región de Aysén, tanto a nivel global, considerando los transvectores en conjunto, o en forma separada (en este caso sólo cholga y chorito).

Sólo dos localidades del área centro de esta región, ubicadas en el Seno Otway, Estero Silva Palma (M25) y Estero Wickham (M26) no presentaron muestras con niveles detectables de veneno paralizante a lo largo de todo el período de muestreo, pero hubo seis localidades que presentaron niveles detectables desde el primero al último crucero (i.e. diciembre 2008 – diciembre 2009), éstas fueron las localidades de Bahía Ensenada (M18), Isla Piazzzi (M16), I. Larga (M20), Bahía Isthmus (M19), Caleta Williams (M17) y Cabo San Isidro (M35), todas ubicadas en el área norte, con la excepción de la última que está en el Estrecho de Magallanes, en el área centro. Hubo también un grupo de siete sitios de muestreo, que si bien no presentaron muestras con niveles de toxina detectables a lo largo de todo el período de muestreo, mostraron una alta persistencia de muestras positivas, éstas fueron Bahía Liberta (M05), Canal Adalberto (M04) Isla Vancouver (M15), Puerto Fontaine (M21), Estero Peel (M13), Isla Figueroa (M12) e Isla Topar (M11), todas ubicadas en la provincia de Última Esperanza en el área norte de esta región. En general todos estos sitios presentaron niveles de toxicidad más altos durante el primer crucero (diciembre 2008), para luego declinar y mostrar un claro incremento a partir de octubre 2009.

Los registros elevados durante diciembre 2008 (primer crucero) en algunos casos fueron estimaciones significativas, es el caso por ejemplo de Isla Piazzzi (M16) y Cabo San Isidro con estimaciones de 1.566 y 513 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, respectivamente. Una situación distinta mostraron Isla Ballesteros (M23) y Estero de las Montañas (M22), ambas del sector meridional y este del sector de muestreo del área norte de Magallanes, puesto que la primera presentó una estimación elevada sólo durante diciembre 2008 (634 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco), pero luego no experimentó el incremento de primavera 2009, que caracterizó a una proporción importante de los sitios de muestreo de esta región; la segunda de estas localidades sólo presentó niveles no detectables hasta la primavera 2009, período que presentó un leve incremento con toxicidades que estuvieron cercanos al límite de detección del bioensayo y por debajo de la norma de 80 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco.

La estimación más alta observada (promedio de dos réplicas) ocurrió en diciembre 2009 en Bahía Mussel (M30), ubicada en el Estrecho de Magallanes, con un registro de 27.159 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, valor estimado en chorito. Pero hubo también, en el mismo período un grupo de tres localidades que presentaron estimaciones en chorito que estuvieron por sobre los 10.000 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, como es el caso de Cabo San Isidro (M35), Bahía Buena



(M36) y Bahía Agua Fresca (M37), todas ubicadas en el estrecho, con registros de 18.247; 14.004 y 12.861 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, respectivamente. También se registraron valores altos en las estimaciones efectuadas con cholga, pero éstas no fueron de la magnitud presentada para choritos. En Bahía Ensenada (M18), ubicada en el área meridional del área norte de esta región, se alcanzó una estimación de 10.484 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, como también hubo otras tres localidades que presentaron registros por sobre 5.000 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, es el caso de Isla Piazzzi (M16), Isla Larga (M20) y Bahía Isthmus (M19), con estimaciones de 5.087; 7.783 y 5.728 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, respectivamente. Todos estos registros ocurrieron en noviembre 2009, con un mes de anticipación y en un área distinta a la presentada respecto a la toxicidad en chorito (Fig. 23, Anexo 4)

Al considerar todas las muestras recogidas en la totalidad de los sitios de muestreo a lo largo de todo el período de muestreo, un 49,4% ($n=480$) correspondió a niveles no detectables mediante el bioensayo (i.e. $<30 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco). Un 10% estuvo comprendido en el rango 30-40 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, mostrando, en comparación con los resultados observados para la región de Aysén, que para esta región, la proporción de muestras con estimaciones $<40 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, es claramente superior. Consecuentemente la proporción de muestras no aptas para consumo humano ($<80 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco), a lo largo de todo el período estudiado es más bajo que en la región de Aysén, alcanzando a un 25,6%, cifra que incrementa marcadamente si se consideran sólo los últimos tres períodos de muestreo, i.e. desde octubre a diciembre 2009, en que esta estimación asciende a un 59,7% (Tabla 11, Anexos 1-4).

Desde la perspectiva temporal, se aprecia que en la región de Magallanes, las variaciones de toxicidad ocurrieron en un lapso distinto a aquel mostrado para la región de Aysén, la excepción la constituye el área de Tortel, puesto que en esta región el incremento ocurre en la primavera, especialmente en noviembre y diciembre 2009, mostrando un desfase entre lo observado en el área norte, que ocurrió el incremento mayor en noviembre, con respecto a lo observado en el área centro que aconteció en diciembre, pero que también fue registrado en el área sur, aunque no con la misma intensidad mostrada en el área centro. Por esta razón los registros promedio por crucero más altos se apreciaron desde octubre ($241 \pm 68,1 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco; promedio $\pm$ error estándar; $n=48$) en adelante, especialmente en los dos últimos meses del año ($1.081 \pm 302,7$ y $3.049 \pm 772,6 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, respectivamente). Las altas estimaciones apreciadas durante diciembre 2008 (primer crucero), en un conjunto importante de localidades, mostraron en los muestreos sucesivos una tendencia de declinación de los niveles de toxicidad, a lo largo de todo el conjunto de sitios de muestreo establecidos en esta región, lo cual se refleja en las estimaciones promedio obtenidas para los distintos períodos de muestreo, desde $134 \pm 37,3$ en diciembre 2008 hasta $24 \pm 7,0 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, en septiembre de 2009 (Figs. 9-10, 12-15, 17-19, 23).

Al analizar la información ordenada en la escala ordinal propuesta para estos efectos, se aprecia de manera global que la proporción más alta de muestras apta para consumo humano (i.e. $< 80 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco) se observó en la región de Los Lagos y, la más baja en la región de



Aysén (Tabla 11). La poca relevancia del veneno paralizante en la región de Los Lagos se aprecia claramente, por los niveles alcanzados por las muestras positivas en la escala usada para estos efectos, registrándose valores hasta el nivel 81 – 240 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco entre mediados de abril y fines de junio (cuarto y quinto cruceros), pues en las restantes oportunidades en que se detectaron muestras positivas, éstas quedaron en el nivel 40 -80 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco. La mayor preponderancia de los niveles de toxicidad alcanzados en la región de Aysén, en especial durante fines de enero – inicios de marzo (segundo crucero), período que estuvo caracterizado por una importante relevancia de la toxicidad, en dos niveles de la escala, ubicados entre 881 y 13.680 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, lo cual fue muy evidente hasta el muestreo de mediados de abril – mediados de mayo (cuarto crucero), dado que en los muestreos sucesivos no se apreciaron estimaciones en los niveles más altos de la escala, quedando concentradas las muestras tóxicas en los cuatro primeros niveles hasta fines del muestreo en diciembre 2009 de la escala ordinal propuesta. La región de Magallanes, tal como se ha señalado previamente, no presentó en términos globales, una proporción tan alta de muestras tóxicas, en comparación con la región de Aysén, pero se aprecian las diferencias, entre ambas regiones, en los períodos en que se registraron muestras tóxicas, alcanzándose durante el último muestreo de diciembre 2009 (10 crucero) los registros más altos observados a lo largo de todo el período que se informa. Dada la amplitud, del último nivel de la escala utilizada (13.681 – 54.460 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco) tanto la región de Aysén, como al región de Magallanes presentaron estimaciones en dicho rango, pero las estimaciones más altas de la primera de esta regiones estuvieron más cercanas al piso del nivel más alto, a diferencia de lo observado para la región de Magallanes (Tabla 11).

Estadísticas descriptivas

Las estadísticas descriptivas de la toxicidad (mediana, rango, cuartiles de 25 y 75%) permiten apreciar las diferencias entre las regiones administrativas estudiadas, particularmente para Aysén y Magallanes puesto que para Los Lagos la toxicidad fueron notoriamente más baja, con sólo unas pocas oportunidades con estimaciones $>80 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne, éstas fueron puntuales y poco relevantes, muchas de ellas en el límite de detección del bioensayo ratón. Las estadísticas estimadas para la región de Aysén son diferentes a aquellas registradas para la región de Magallanes. Aysén muestra una mayor cantidad de sitios con niveles de toxina de riesgo para consumo humano y éstos se distribuyen en un amplio sector geográfico. La región de Magallanes, presentó el registro más alto y la mediana mayor en Bahía Mussel (M30), en los sitios de muestreo con registros elevados de toxicidad, el rango y los cuartiles de 25 y 75% fueron notablemente más amplios en Aysén que aquellos observados en Magallanes. En ambas regiones, hubo varios sitios que presentaron un rango amplio de toxicidad, particularmente en Aysén (Fig. 24). Asimismo para esta región se aprecia claramente el incremento de la toxicidad experimentado durante verano 2009, puesto que en la región de Magallanes, el incremento ocurrió más tarde, durante la primavera 2009.

Transvectores secundarios

En cuanto a los transvectores secundarios muestreados en la región de Aysén (almeja, chorito, culengue), hubo una mayor disponibilidad de localidades con antecedentes para almeja y chorito (Anexo 3). Entre diciembre 2008 y diciembre 2009, las concentraciones más altas y más



homog3neas fueron aquellas observadas en culengue, en tanto que las estimadas en chorito y almeja, si bien mostraron toxicidades medias m3s bajas, la dispersi3n en torno a esta estadística fueron notoriamente mayores, reflejando la amplia dispersi3n en la concentraci3n de veneno paralizante entre per3odos de muestreo y entre localidades, para estos recursos (Fig. 16).

Transvectores secundarios, regi3n de Ays3n				
Recurso	Media	Error est3ndar	Coef. de determinaci3n	N
Almeja	180	37,2	292,5	20
Chorito	370	77,7	318,9	23
Culengue	2.231	269,8	85,5	5

Para el recurso almeja, hubo seis sitios de muestreo que presentaron toxicidades bajas y ocasionales: Santo Domingo (A09), Isla Alert Roca Lobo (A56), Isla Orlebar (A55), Isla Scout (A57), Isla Manuel (A15) e Isla Gama Zañartu-Canal Yacaf (A16), ubicadas en Raúl Marín Balmaceda (A09), 3rea de Tortel (A56, A55, A57) y Ays3n continental (A15, A16). Adem3s hubo tres localidades que no presentaron niveles detectables de veneno paralizante a lo largo de todo el per3odo monitoreado, todas del 3rea de Raúl Marín Balmaceda: Laja Brazo Pillan 1 (A06), Repollal – Estero Las Islas (A08) y Añihu3 (A10). El registro mayor fue observado en Isla Ovalada (A05) en Melinka, con $5.321 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, en el muestreo realizado entre mediados de marzo e inicios de abril, localidad que adem3s present3 la mayor toxicidad promedio entre diciembre 2008 y diciembre 2009, esto es, $698 \pm 515,7 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco (media $\pm$ error est3ndar, $n=10$). Pero tambi3n hubo varias localidades que presentaron puntualmente en el mismo per3odo, toxicidades mayores a los $1.000 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, como Isla Julia - Grupo Peligroso (A04), Punta C3lqueman (A18), Isla Julia (A30), Repollal – Canal Puquit3n (A02), Isla San Andr3s (A22) e Isla Toto (A13), s3lo la localidad A04 present3 tambi3n un registro $>1.000 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco en otro per3odo (i.e. mediados de abril – mediados de mayo, cuarto crucero). En las localidades en que se muestre3 secundariamente al recurso almeja, en ning3n caso se super3 la toxicidad media registrada en Isla Ovalada (A05), como tambi3n se aprecia un claro incremento de la toxicidad en el tercer crucero (mediados de marzo – inicios de abril) en un conjunto de sitios en que se muestre3 este recurso, para luego experimentar una clara declinaci3n hacia el 3ltimo muestreo en diciembre 2009, aunque en primavera se apreci3 un leve repunte de la toxicidad en algunas localidades. Ello se aprecia claramente en las toxicidades promedio por crucero, cuyos valores m3s altos se registraron durante el lapso fines de enero - inicios de abril (segundo y tercer cruceros), para luego experimentar una clara declinaci3n (Figs. 17-18).

Para el chorito, el comportamiento espacial y temporal es similar al se3alado para el recurso almeja, pero los niveles de toxina puntual y promedio a lo largo del periodo muestreado, fueron claramente m3s altos. Las variaci3n temporal de las estimaciones promedio por per3odo de muestreo, muestran la misma tendencia que aquella se3alada para la almeja, con la salvedad que las estimaciones hacia finales del per3odo tendieron a ser levemente m3s bajas. El registro puntual m3s alto fue registrado tambi3n en Isla Ovalada (A05) con $11.761 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco registrado en el muestreo realizado entre mediados de marzo – inicios de abril (tercer crucero), localidad que tambi3n present3 el promedio m3s alto del periodo diciembre 2008 – diciembre 2009 con $1.287 \pm$



1.164,4 $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco. En cuanto a las toxicidades medias a lo largo del período, hubo ocho localidades que presentaron concentraciones $>500 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, pero sólo hubo dos que presentaron estimaciones $>1.000 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, una la ya señalada Isla Ovalada e Isla Orestes (A23) con $1.069 \pm 690,2 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco. De manera similar a lo señalado para el recurso almeja, hubo ocho localidades que presentaron toxicidades relativamente bajas y ocasionales, aunque con estimaciones más altas, lo cual fue observado en Seno Magdalena (A19), Añihué (A10), Isla Manuel (A15), Isla Zealous (A59), Isla Bobadilla – Seno Soto (A17), Isla Gama Zañartu – Canal Yacaf (A16), Isla Porcia (A58) y Punta Baker (A60). El leve incremento observado en las tres localidades del área de Tortel (A58, A59, A60) se experimentó a fines de invierno (septiembre, séptimo crucero) e inicios de primavera (octubre, octavo crucero). Las localidades restantes quedan ubicadas en el sector septentrional de Aysén continental. Por otro lado, las mismas tres localidades que no presentaron niveles detectables de veneno paralizante para el recurso almeja, tampoco lo hicieron para el chorito (A06, A08, A10) (Figs. 16-18).

Aunque el número de localidades para las cuales se dispuso de estimaciones de toxicidad para el recurso culengue fue de sólo cinco, al igual que para la almeja y el chorito, se apreció un claro incremento por localidad y en promedio por crucero para el segundo y tercer cruceros, para luego disminuir paulatinamente hacia finales del período de muestreo. Sin embargo, las altas concentraciones registradas en este recurso determinaron que las estimaciones medias fueran siempre las más altas de los tres transvectores secundarios considerados. Es importante también precisar que estas localidades están distribuidas en un amplio sector de la geografía de la región de Aysén, ya que dos sitios se ubican en el área de Melinka (Puerto Barrientos, A03 e Isla Virginia – Bahía Low, A01) y tres sitios en el sector sur de Aysén continental (Punta Caúqueman, A18, Isla Orestes, A23 e Isla Julián, A30). El registro más alto se presentó en Puerto Barrientos (A03) con una toxicidad de $7.413 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco durante el lapso mediados de marzo – inicios de abril (tercer crucero), pero las toxicidades registradas fueron tan altas a lo largo de todo el período de estudio, que los promedio por localidad variaron entre $3.333 \pm 725,5$ y $1.455 \pm 438,1 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, estimados para Puerto Barrientos e Isla Virginia – Bahía Low, respectivamente. Asimismo, las toxicidades medias estimadas por crucero estuvieron siempre por sobre los $1.000 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco (rango $1.122 - 5.023 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco), con la excepción de diciembre 2008 y diciembre 2009, en que se apreciaron toxicidades medias de $85 \pm 54,9$ y $968 \pm 373,9 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, respectivamente (Fig. 16).

Al comparar el comportamiento temporal de la toxicidad promedio en cholga, almeja, chorito y culengue registrados por crucero en la región de Aysén, se aprecia claramente, en todos los recursos, un incremento de la toxicidad durante los primeros meses de muestreo, para alcanzar un máximo durante marzo (tercer crucero), pero diferente entre estos cuatro recursos, siendo el mayor para el culengue y el menor para la almeja (Fig. 16). Luego del máximo registro, ocurre una bien definida declinación, aunque con tendencias diferenciales entre recursos, siendo el culengue el único que presentó una tasa de declinación menos marcada en los primeros meses, lo que en definitiva determinó que este recurso presentara al final del estudio, la toxicidad media más alta de los cuatro



recursos analizados. Ello es más evidente al analizar las tendencias de intoxicación (toxificación) y desintoxicación (detoxificación) observados para cada recurso en diferentes localidades, destacándose las diferencias en el período de máxima toxicidad entre localidades para un mismo recurso y la distinta tasa de eliminación de toxina paralizante mostrada por el culengue entre localidades y también respecto de los otros recursos (Figs. 16-19).

Sólo se dispone de información simultánea en una misma localidad de los niveles de toxina para cholga (transvector primario), almeja, chorito y culengue (transvectores secundarios) para tres localidades de la región de Aysén: Punta Cálqueman (A18), Isla Orestes (A23) e Isla Julián (A30). En las tres localidades las estimaciones mostraron un comportamiento temporal similar con un pico de toxicidad alrededor de los 100 días (verano, fines de febrero – inicios de marzo) contados desde el primer crucero efectuado en diciembre de 2008, siendo este incremento más marcado en los tres primeros recursos, dado que la almeja presentó un pico de toxicidad más bajo, no obstante que también las estimaciones fueron significativas (Fig. 19; Anexo 3). En promedio, para el lapso estudiado, las toxicidades más bajas las presentó la almeja, en tanto que la más alta fue el culengue, aunque con una excepción en Isla Julián (A30) en que la mayor toxicidad promedio la presentó la cholga, recurso que en general estuvo por debajo del culengue. La toxicidad durante diciembre 2008 (primer crucero) estuvo caracterizada por niveles muy bajos o no detectable mediante el bioensayo, el incremento marcado de la toxicidad ocurrió durante febrero 2009 (segundo crucero, fines de enero – inicios de marzo). En todos los casos la tendencia de eliminación es similar en cuanto al comportamiento temporal de la toxicidad, si bien es distinta entre recursos, pero muestra una clara declinación luego de alcanzado el pico de toxicidad, para luego experimentar una tasa de disminución más lenta.

A fin de contrastar las tendencias de incremento (tasas de incremento) como también las de disminución de la toxicidad (tasas de eliminación del complejo tóxico, VPM), entre los cuatro recursos evaluados para cada localidad (véase metodología), no siempre los modelos de regresión aplicados (potencial y exponencial linealizados) muestran un ajuste significativo.

En las tendencias de incremento (intoxicación o “toxificación”), el modelo que da cuenta de la relación de las variaciones temporales de la toxicidad es sólo el modelo potencial, aunque hubo dos situaciones en que la relación no fue significativa, cholga en Isla Julián (A30) y chorito en Punta Cálqueman (A18) ($P > 0,05$). Los valores tomados por las pendientes muestran una tasa de intoxicación o de toxificación rápida. Por otro lado, los valores tomados por el coeficiente de determinación muestran que una altísima proporción de las variaciones de la variable dependiente (toxicidad) es explicada por cambios de la variable independiente (tiempo). En cambio en las tendencias de disminución (desintoxicación o “detoxificación”), ambos modelos muestran un ajuste significativo, con la excepción de la almeja en que sólo se ajustaron a los datos recogidos de Punta Cálqueman, pero la proporción de la varianza explicada por variaciones de la variable independiente es sólo de grado intermedia, lo que contrasta con todas las otras situaciones evaluadas. En las situaciones restantes, el modelo exponencial decreciente explica de una mejor manera para el culengue las variaciones de la toxicidad en función del tiempo, según los valores tomados por el coeficiente de determinación (r^2) en las tres localidades consideradas, en tanto que para la cholga y



el chorito, los valores tomados por este coeficiente, determinan que ambos modelos puedan ser utilizados para describir el comportamiento de la toxicidad en el tiempo. Independiente del modelo que sea escogido para explicar la detoxificación, los valores tomados por las pendientes reflejan una baja tasa de detoxificación, lo cual se expresa en un lapso prolongado para alcanzar niveles no detectables o bajo la norma de toxicidad en los recursos evaluados. A continuación se presenta un resumen de las estadísticas estimadas al aplicar ambos modelos, tanto para las tendencias de incremento como las de disminución.

Ajuste lineal. Tendencia de incremento: $n=3$ en todos los casos

Modelo potencial linealizado ($\ln Y = \ln a - b \cdot \ln X$)					Modelo exponencial linealizado ($\ln Y = \ln a - b \cdot X$)			
ALMEJA	$\ln a \pm e.s.$	$b \pm e.s.$	r^2	P	$\ln a \pm e.s.$	$b \pm e.s.$	r^2	P
P. Cálqueman	$0,01 \pm 0,240$	$1,50 \pm 0,066$	0,998	0,0281 sig.	$0,17 \pm 1,230$	$0,074 \pm 0,0173$	0,948	0,1459 n.s.
I. Orestes	$3,49 \pm 0,164$	$0,85 \pm 0,043$	0,997	0,0328 sig.	$3,52 \pm 0,366$	$0,038 \pm 0,0044$	0,987	0,0737 n.s.
I. Julian	$3,55 \pm 0,015$	$0,73 \pm 0,004$	0,999	0,0035 sig.	$3,60 \pm 0,438$	$0,039 \pm 0,0055$	0,974	0,1032 n.s.
CHOLGA								
P. Cálqueman	$3,85 \pm 0,084$	$0,99 \pm 0,023$	0,999	0,0149 sig.	$3,91 \pm 0,574$	$0,050 \pm 0,0081$	0,974	0,1029 n.s.
I. Orestes	$3,81 \pm 0,080$	$1,05 \pm 0,021$	0,999	0,0129 sig.	$3,89 \pm 0,734$	$0,047 \pm 0,0090$	0,965	0,1194 n.s.
I. Julian	$0,03 \pm 0,068$	$1,95 \pm 0,182$	0,991	0,0593 n.s.	$0,24 \pm 1,874$	$0,009 \pm 0,0237$	0,933	0,1661 n.s.
CHORITO								
P. Cálqueman	$0,06 \pm 1,365$	$1,82 \pm 0,376$	0,959	0,1300 n.s.	$0,41 \pm 2,538$	$0,087 \pm 0,0358$	0,855	0,2479 n.s.
I. Orestes	$0,0004 \pm 0,011$	$1,78 \pm 0,003$	0,999	0,0010 sig.	$0,12 \pm 1,118$	$0,079 \pm 0,0013$	0,972	0,1075 n.s.
I. Julian	$0,01 \pm 0,260$	$1,80 \pm 0,070$	0,998	0,0247 sig.	$0,16 \pm 1,367$	$0,083 \pm 0,0173$	0,958	0,1315 n.s.
CULENGUE								
P. Cálqueman	$5,00 \pm 0,196$	$0,72 \pm 0,054$	0,994	0,0476 sig.	$5,09 \pm 0,671$	$0,036 \pm 0,0095$	0,934	0,1654 n.s.
I. Orestes	$4,18 \pm 0,101$	$0,99 \pm 0,026$	0,999	0,0173 sig.	$4,26 \pm 0,716$	$0,044 \pm 0,0087$	0,963	0,1237 n.s.
I. Julian	$3,55 \pm 0,023$	$0,97 \pm 0,006$	0,999	0,0041 sig.	$3,61 \pm 0,578$	$0,045 \pm 0,0074$	0,974	0,1026 n.s.

Ajuste lineal decreciente. $n=8$ en todos los casos

Modelo potencial linealizado ($\ln Y = \ln a - b \cdot \ln X$)					Modelo exponencial linealizado ($\ln Y = \ln a - b \cdot X$)			
ALMEJA	$\ln a \pm e.s.$	$B \pm e.s.$	r^2	P	$\ln a \pm e.s.$	$b \pm e.s.$	r^2	P
P. Cálqueman	$7,41 \pm 0,929$	$-0,56 \pm 0,194$	0,623	0,0348 sig.	$5,92 \pm 0,372$	$-0,007 \pm 0,0024$	0,597	0,0245 sig.
I. Orestes	$6,64 \pm 1,185$	$-0,28 \pm 0,250$	0,203	0,3106 n.s.	$6,30 \pm 0,517$	$-0,005 \pm 0,0034$	0,314	0,1484 n.s.
I. Julia	$7,11 \pm 0,998$	$-0,52 \pm 0,209$	0,556	0,0543 n.s.	$5,86 \pm 0,461$	$-0,007 \pm 0,0029$	0,506	0,0480 n.s.
CHOLGA								
P. Cálqueman	$10,84 \pm 0,706$	$-1,11 \pm 0,148$	0,918	0,0070 sig.	$7,62 \pm 0,350$	$-0,012 \pm 0,0022$	0,846	0,0012 sig.
I. Orestes	$11,55 \pm 0,893$	$-1,16 \pm 0,189$	0,823	0,0016 sig.	$8,17 \pm 0,256$	$-0,014 \pm 0,0017$	0,920	0,0002 sig.
I. Julia	$11,81 \pm 0,628$	$-1,21 \pm 0,131$	0,944	0,0003 sig.	$8,15 \pm 0,226$	$-0,013 \pm 0,0014$	0,937	0,0001 sig.
CHORITO								
P. Cálqueman	$9,28 \pm 1,100$	$-0,86 \pm 0,230$	0,735	0,0136 sig.	$6,74 \pm 0,371$	$-0,010 \pm 0,0023$	0,750	0,0054 sig.
I. Orestes	$8,56 \pm 1,021$	$-0,69 \pm 0,216$	0,673	0,0238 sig.	$7,03 \pm 0,519$	$-0,011 \pm 0,0034$	0,618	0,0207 sig.
I. Julia	$8,27 \pm 0,621$	$-0,55 \pm 0,130$	0,783	0,0080 sig.	$7,07 \pm 0,404$	$-0,009 \pm 0,0026$	0,648	0,0161 sig.
CULENGUE								
P. Cálqueman	$9,10 \pm 0,576$	$-0,41 \pm 0,121$	0,694	0,0199 sig.	$7,97 \pm 0,107$	$-0,005 \pm 0,0006$	0,905	0,0003 sig.
I. Orestes	$10,50 \pm 0,749$	$-0,60 \pm 0,158$	0,744	0,0124 sig.	$8,71 \pm 0,112$	$-0,007 \pm 0,0007$	0,940	0,0001 sig.
I. Julia	$8,58 \pm 0,461$	$-0,31 \pm 0,097$	0,679	0,0226 sig.	$7,77 \pm 0,154$	$-0,004 \pm 0,0009$	0,753	0,0052 sig.

Se aplicó un análisis de covarianza para evaluar las diferencias entre las pendientes y los interceptos de las líneas de regresión estimadas (por localidad entre recursos y por recurso entre localidades), tanto a las tendencias de incremento como de aquellas de decremento. Los resultados



entre recursos por localidad (incremento) muestra que aunque hubo dos situaciones en que no se apreciaron diferencias significativas, pendientes para Punta Cálqueman e interceptos para Isla Julián, la situación en general es muy heterogénea, reflejando tasas de incremento e interceptos muy disímiles entre recursos, dado que las situaciones que no fueron significativas la probabilidad de la razón de varianza (F) fue cercana a $P=0,05$. Para la misma tendencia, pero entre localidades por recurso, se apreciaron claras diferencias para la almeja y culengue (pendiente e intercepto) y cholga (pendiente), pero en el chorito no hubo diferencias significativas, reflejando tasas de incremento de la toxicidad (pendientes) muy homogéneas.

Para las tendencias de decremento, el análisis de covarianza se aplicó a ambos modelos, dado lo similares de los ajustes. Para el caso entre recursos por localidad, las estimaciones de pendientes e interceptos son muy disímiles con ambos modelos, para los cuatro recursos, la excepción la constituyen las pendientes entre recursos para Punta Cálqueman (exponencial) y para Isla Orestes (potencial), puesto que las diferencias no significativas para la pendiente (exponencial) la probabilidad fue de $p=0,1333$. Al contrastar por recurso entre localidades, sólo hubo tres situaciones con diferencias significativas, reflejando homogeneidad por recurso entre localidades, respecto de las tasas de detoxificación (pendientes) y niveles de toxicidad al iniciarse el proceso (interceptos). Las excepciones fueron tres interceptos (dos potenciales y uno exponencial) para almeja y culengue, respectivamente. Una síntesis de estos resultados se entrega a continuación:

Tendencia de incremento Modelo potencial Comparación entre recursos por localidad				
	g.l.	F	p	
Punta Cálqueman				
intercepto	3	9,37	0,0279	sig.
pendiente	3	6,50	0,0511	n.s.
Isla Orestes				
intercepto	3	188,18	0,0001	sig.
pendiente	3	224,56	0,0001	sig.
Isla Julián				
intercepto	3	4,29	0,0968	n.s.
pendiente	3	37,94	0,0021	sig.

Tendencia de incremento Modelo potencial Comparación entre localidades por recurso				
	g.l.	F	p	
Almeja				
intercepto	2	70,14	0,0030	sig.
pendiente	2	81,52	0,0024	sig.
Cholga				
intercepto	2	6,10	0,0876	n.s.
pendiente	2	25,54	0,0133	sig.
Chorito				
intercepto	2	0,03	0,9661	n.s.
pendiente	2	0,01	0,9927	n.s.
Culengue				
intercepto	2	29,28	0,0108	sig.
pendiente	2	18,45	0,0206	sig.



Tendencia de decremento					
Comparación entre recursos por localidad					
Modelo y Localidad		g.l.	F	p	
Punta Cálqueman					
potencial	intercepto	3	36,99	0,0000	sig.
	pendiente	3	4,11	0,0173	sig.
exponencial	intercepto	3	26,85	0,0000	sig.
	pendiente	3	2,70	0,0683	n.s
Isla Orestes					
potencial	Intercepto	3	30,79	0,0000	sig
	Pendiente	3	2,83	0,0599	n.s..
exponencial	Intercepto	3	19,29	0,0000	sig.
	Pendiente	3	2,05	0,1333	n.s.
Isla Julián					
Potencial	intercepto	3	44,72	0,0000	sig.
	pendiente	3	5,31	0,0060	sig.
exponencial	intercepto	3	23,02	0,0000	sig.
	pendiente	3	3,32	0,0367	sig.

Tendencia de incremento					
Comparación por recurso entre localidades					
Modelo y Recurso		g.l.	F	P	
Almeja					
potencial	intercepto	2	1,53	0,2443	n.s.
	pendiente	2	0,00	0,9953	n.s.
exponencial	intercepto	2	2,18	0,1517	n.s.
	pendiente	2	0,11	0,8968	n.s.
Cholga					
potencial	intercepto	2	2,32	0,1273	n.s.
	pendiente	2	0,53	0,5970	n.s.
exponencial	intercepto	2	0,86	0,4384	n.s.
	pendiente	2	0,15	0,8585	n.s.
Chorito					
potencial	intercepto	2	4,75	0,0221	sig.
	pendiente	2	0,13	0,8755	n.s.
exponencial	intercepto	2	1,68	0,2149	n.s.
	pendiente	2	0,09	0,9179	n.s.
Culengue					
Potencial	intercepto	2	7,32	0,0047	sig.
	pendiente	2	0,39	0,6850	n.s.
exponencial	intercepto	2	16,53	0,0001	sig.
	pendiente	2	3,53	0,0510	n.s.

El comportamiento temporal de la toxicidad para las especies secundarias, en todas las situaciones (Figs. 16 y 18-19) el valor máximo se alcanzó durante fines de febrero – inicios de marzo alrededor de 100 días de iniciado el muestreo. En los tres recursos evaluados, almeja, chorito y culengue, este comportamiento es similar como también en las diferencias entre sitios respecto del nivel más alto de toxina alcanzado en cada localidad. El registro mayor se observó en chorito, seguido de culengue y almeja, siendo la tendencia de eliminación de toxina, notoriamente inferior en el culengue.



Análisis de conglomerados y MDS

Al aplicar un análisis de conglomerados, MDS y prueba SIMPROF a la toxicidad promedio por localidad por crucero durante el lapso diciembre 2008 – diciembre 2009, al considerar en conjunto las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, se aprecia que segregan claramente las tres regiones administrativas y dentro de cada una, es posible sectorizar el ordenamiento de los sitios de muestreo, todo lo cual se expresa en un conjunto de 21 conglomerados que segregan en forma significativa (Fig.25), tres de los cuales corresponden a sitios de muestreo únicos, uno en Aysén (Isla Julián, A30) y dos en Magallanes (San Isidro, M35 y Isla Piazzzi, M16), todos caracterizados por los altos registros presentados. Las diferencias entre regiones, como dentro de cada región, definidas mediante el análisis de conglomerados son también evidentes al aplicar un análisis MDS y una prueba SIMPROF (Figs. 26), haciéndose además más fácil advertir las diferencias entre sectores dentro de cada región (Figs 27-29). Las diferencias se originan, en el caso de la región de Los Lagos, por la ausencia de muestras tóxicas o por los bajos niveles de toxicidad detectados y el período en que éstas fueron evidentes, lo cual además estuvo caracterizado por una presencia claramente sectorizada, en el extremo sur este de la Isla de Chiloé. En Aysén se aprecia un grupo numeroso y compacto de sitios de muestreo, no obstante que las localidades del área de Tortel segregaron en un grupo diferente, básicamente por cuanto los niveles de toxicidad detectados, fueron más bajos y que el período en que se produjo el incremento de la toxicidad ocurrió hacia los meses finales de muestreo, desde septiembre en adelante (fines de invierno y primavera); como también hubo otras localidades, como Isla Gama Zañartu – Canal Yacaf (A16), Isla Bobadilla – Seno Soto (A17) y Añihué (A10) de Aysén y Puerto Zenteno (M39) de Magallanes, que segregaron, ya sea por que presentaron valores detectables en una sola oportunidad, o un par de ocasiones o valores no detectables. En Magallanes, hubo distintos grupos, uno característico del área centro, establecidos en el Estrecho de Magallanes o sectores conectados con éste y Seno Otway, tales como Bahía Fanny (M24), Bahía Bell (M33), Seno Pedro (M34), Bahía Buena (M36) y Bahía Agua Fresca (M37) que presentaron toxicidades ocasionales o ausencia de toxicidad, la excepción en este grupo desde el punto de vista de su posición geográfica, la constituye Isla Ballesteros (M23) que se ubica en el sur este del área norte de esta región, a diferencia de otros grupos, propios de las áreas centro y sur, ubicados en el Estrecho y el Canal Beagle, que presentaron niveles muy altos a partir de la primavera 2009 (Fig. 29). Un mismo análisis efectuado en forma separada para las regiones de Aysén y Magallanes, permiten mostrar con mayor claridad los sectores que caracterizan cada región según la oportunidad en que registra la toxicidad, el nivel alcanzado y el área en que se ubica el sitio de muestreo, siendo claramente más compactos los grupos definidos para la región de Aysén (Figs. 25 y 26). Adicionalmente estos conglomerados y grupos sectorizados de sitios de muestreo, por región administrativa, se presentan en las figuras 27-29.

5.1.2. *Alexandrium catenella*: abundancia relativa, densidad y relaciones con toxicidad (VPM)

Abundancia relativa de *Alexandrium catenella*

Los resultados se presentan en las figuras 30-42. Estuvo presente en las tres regiones administrativas, siendo más importante en la región de Aysén por la cobertura espacial, persistencia



temporal y altos niveles de las estimaciones de abundancia relativa, lo cual se refleja en las estimaciones medias que fueron las más altas de las tres regiones monitoreadas. Los niveles fueron tan altos que hubo que incorporar dos niveles en la escala de abundancia relativa para dar cuenta del número de células presentes en las muestras de fitoplancton cualitativo. Luego le sigue la región de Magallanes, pero principalmente por el incremento que mostró en su cobertura espacial y en el incremento de las estimaciones de abundancia relativa, en especial durante los últimos meses de muestreo de primavera (desde octubre hasta diciembre 2009), pero con una estimación media que casi alcanza la mitad de aquella estimada para la región de Aysén. Finalmente la región de Los Lagos, fue la que presentó las menores estimaciones promedio de abundancia relativa, pero 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 de otoño, invierno y primavera e incrementando su distribución espacial hacia el norte en esta última estación del año; cabe señalar que en esta oportunidad presentó una persistencia espacial y temporal distinta a la observada en años previos (Figs. 33-34).

Estadísticas abundancia relativa	Los Lagos	Aysén	Magallanes
Media	0,6	2,1	1,1
Error estándar	0,06	0,08	0,09
n	420	610	480

En la región de Los Lagos estuvo ausente en los dos primeros muestreos de diciembre de 2008 y enero-febrero de 2009, por tanto estuvo presente desde marzo hasta diciembre de 2009, aunque con una presencia más bien restringida a los sitios ubicados en las cercanías de la costa este y sur de la Isla de Chiloé, particularmente desde Isla Acui (L16) hacia el sur. Sin embargo, durante el muestreo de octubre-noviembre (octavo crucero) mostró un incremento hacia el norte en la cobertura espacial, abarcando hasta Isla Mechuque (L08), Dalcahue (L11) y Calbuco (Paso Quenu, L04), aunque con una abundancia relativa de rara (nivel 1), pero también extendiéndose hacia el este hasta Bahía Pumalín (L10N3) y Estero Palvidad (L17N1), ambas en la costa de la provincia de Palena, abarcando en el mar interior de Chiloé, los sitios de Isla Talcán (L14), Isla Talcan 2 (L10N2), Isla Chaulinec (L13) e Isla Quehui (L12) (Fig. 35).

Durante el período que se informa estuvo presente en 27 sitios de muestreo de esta región (64% de los puntos de muestreo establecidos), alcanzando estimaciones de abundancia relativa de muy abundante (nivel 6), pero en general, presentó estimaciones de rara (nivel 1; 10,0%) y escasa (nivel 2; 9,3%), pues en los restantes cuatro niveles en que fue registrada, sólo alcanzó un 7,1% de las observaciones (n=420). Aproximadamente las tres cuartas partes de las observaciones registradas en esta región (73,6%) correspondieron a ausencia de este taxón. Hubo nueve sitios en que fue registrada en una oportunidad, que de norte a sur, corresponden con los sitios de Calbuco (L04), Isla Mechuque (L08), Dalcahue (L11), Isla Quehui (L12), Isla Chulin (L10N1), Isla Talcan (L14), Isla Talcan 2 (L10N2), Bahía Pumalín (L10N3) y Estero Palvidad (L17N1) (Figs. 30 y 35).

Excluyendo los meses en que estuvo ausente, las estimaciones promedio por período de muestreo, variaron entre $0,3 \pm 0,10$ (media $\pm$ error estándar, n=42) y $1,4 \pm 0,27$ en los muestreos de diciembre



2008 – enero 2009 y octubre – noviembre 2009, respectivamente. En los sitios en que estuvo presente, alcanzó la estimación media más alta en Isla Guapikilán (L24) ($2,5 \pm 0,56$, $n=10$) y la más baja fue de $0,1 \pm 0,10$, que se observó en las localidades en que estuvo presente en una sola oportunidad y con una abundancia relativa de rara (nivel1), registrada en Calbuco (L04), Isla Mechuque (L08), Isla Chulín (L10N1), Bahía Pumalín (L10N3), Canal Dalcahue (L11), Isla Talcán (L14) y Estero Palvitad (L17N1). Los sitios en que estuvo siempre ausente fueron 15 localidades: Metri (L01), Yates (L02), Sotomó (L02N1), Cochamó (L02N2), Marimeli (L02N3), Pocihuén (L02N4), Caleta La Arena (L03), Potrerillos (L03N1), Quetalmahue (L05), Hueihue (L06), Isla Caicura (L06N1), Canal Caucahué (L07), Isla Butachauques (L09), Ayacara (L10) y Bahía Corcovado (L21), ubicadas en el sector septentrional de esta región y en la costa de la provincia de Palena, en el sector este del área de muestreo.

En la región de Aysén la situación fue totalmente diferente, la frecuencia de aparición y los niveles de abundancia relativa fueron sensiblemente más altos y con una cobertura espacial que abarcó casi toda la región. Sólo en Canal (A07) ubicada en Raúl Marín Balmaceda en el sector norte de esta región, esta microalga estuvo ausente durante todo el período de muestreo, pero otras localidades de la misma área mostraron una frecuencia de aparición y estimaciones de abundancia relativa bajas, como Añihué (A10), Repollal – Estero Las Islas (A08) y Laja Brazo Pillan 1 (A06) en que fue rara o escasa en algunos o los tres primeros períodos de muestreo, vale decir diciembre de 2008, fines de enero – inicios de marzo de 2009 y fines de marzo – inicios de abril de 2009, respectivamente (Figs. 31, 33-34, 36-39).

No obstante la relevancia de esta microalga durante el período que se informa, hubo un período en que disminuyó su frecuencia de aparición que abarca desde fines de marzo – inicios de abril (tercer crucero) hasta mediados de junio – fines de julio (sexto crucero), en que el 44,6; 32,8; 52,4 y 54,1% de los sitios de muestreo, mostraron la presencia de esta especie ($n=61$). En el resto de los períodos de muestreo estuvo entre el 75,4 y 95,1% de los sitios de muestreo de esta región.

Desde el punto de vista de los períodos en que hubo una mayor cobertura geográfica, ello ocurrió en diciembre de 2008 y octubre de 2009 (primero y octavo cruceros, respectivamente), particularmente en el primero de ellos. El nivel medio más alto de la abundancia relativa se observó en verano entre fines de enero e inicios de marzo ($5,5 \pm 0,42$; media $\pm$ error estándar, $n=61$) (segundo crucero), en tanto que el más bajo fue registrado (cuarto crucero) en otoño entre mediados de abril y mediados de mayo (cuarto crucero). Llamaron la atención los altos niveles de abundancia relativa estimados, observándose estimaciones de ultra abundante (nivel 8) y mega abundante (nivel 9), que representaron un 3,9 y 1,1%, respectivamente del total de las observaciones realizadas ($n=610$), lo que ocurrió sólo entre fines de enero e inicios de marzo (segundo crucero).

No obstante los altos niveles observados, la proporción más alta de estimaciones de abundancia relativa quedaron comprendidas en los niveles de rara (nivel 1; 12,1%), escasa (nivel 2; 21,5%) y regular (nivel 3; 18,9%) que representaron un 52,5% de los registros de esta región ($n=610$). Las estimaciones promedio más altas estuvieron en Puerto Bonito (A29) y Canal Chacabuco (A53) con $4,0 \pm 0,61$ y $4,0 \pm 0,63$, respectivamente, ambas ubicadas en el extremo sur de Aysén continental e



insular. De los 61 sitios de esta región, en estos sectores geográficos hubo 5 sitios que mostraron la presencia de *A. catenella*, a lo largo de todo el período de muestreo, ellas son, Puerto Bonito (A29), Canal Chacabuco (A53), Isla Rojas – Paso Tres Cruces (A54), Isla Canquenes (A26) y Punta Lynch (A28). En tanto que las estimaciones más bajas fueron registradas en cinco localidades establecidas en el área de Raúl Marín Balmaceda, como son Gama Zañartu – Canal Yacaf (A16): $0,9 \pm 0,35$; Melimoyu (A11): $0,8 \pm 0,61$; Añihue (A10) $0,4 \pm 0,22$; Repollal – Estero Las Islas (A08): $0,2 \pm 0,13$ y Laja Brazo Pillán 1 (A06): $0,1 \pm 0,10$. Ya se ha señalado que en Canal (A07) estuvo ausente.

En la región de Magallanes (Figs. 32, 33-34, 40-42), si bien un 66,8% ($n=480$) de los registros mostraron ausencia, las altas estimaciones registradas y la alta cobertura espacial entre octubre de 2009 y mediados de enero de 2010 (octavo a décimo cruceros), determinaron que en promedio las estimaciones de abundancia relativa quedaran entre aquellas estimadas para la región de Los Lagos y la región de Aysén. Sólo hubo un par de sitios que no mostraron la presencia de esta microalga: Estero de Las Montañas (M22) e Isla Ballesteros (M23), ambas ubicadas en el extremo sur este del área norte de esta región. Desde el punto de vista temporal, sólo el período entre fines de abril – inicios de mayo (cuarto crucero) estuvo ausente en todos los sitios de muestreo, pero entre de mayo – mediados de junio y fines de julio – mediados de agosto (quinto y sexto cruceros, respectivamente) estuvo presente en sólo una localidad en cada período, Bahía Isthmus (M19) y Caleta Williams (M17) con una abundancia de rara (nivel 1), lo que determinó una estimación media muy baja de $0,00 \pm 0,02$ en ambos casos. Por otro lado los valores promedio más altos fueron observados en los tres últimos cruceros en los meses de octubre, noviembre y diciembre (primavera), con estimaciones de $2,6 \pm 0,28$; $3,8 \pm 0,27$ y $3,6 \pm 0,37$, respectivamente. Los demás períodos de muestreo mostraron estimaciones muy bajas, siendo la mayor aquella observada en septiembre (séptimo crucero) con $0,5 \pm 0,13$, puesto que diciembre 2008, fines de enero- inicios de marzo y mediados de marzo – inicios de abril, las estimaciones fueron de $0,4 \pm 0,10$; $0,2 \pm 0,07$ y $0,1 \pm 0,05$, respectivamente.

Las estimaciones más altas, se registraron en el área meridional del área norte, en Caleta Williams (M17) ($1,9 \pm 0,77$) y Bahía Ensenada (M18) ($1,9 \pm 0,91$), en tanto que las más bajas ocurrieron en el área centro en Estero Silva Palma (M25) ($0,2 \pm 0,13$) y Estero Wickham (M26) ($0,2 \pm 0,20$). En general, las estimaciones de abundancia, si bien tendieron a mostrar una mayor proporción de las estimaciones (17,92%), distribuidas como en los tres primeros niveles de rara (7,71%), escasa (5,21%) y regular (5,00%), éstas fueron ligeramente más bajas (13,55%) en los tres siguientes niveles de abundante (5,63%), muy abundante (4,17%) y extremadamente abundante (3,75%). En el nivel de mega-abundante no hubo registros en esta región y en los niveles de hiper-abundante (1,04%) y ultra-abundante (0,63%), sólo representaron el 1,67% de las estimaciones.

Análisis de conglomerados y MDS

Los resultados de un análisis de conglomerados, MDS y prueba SIMPROF a los datos de las estimaciones de abundancia relativa obtenidos para cada región administrativa se presentan en las figuras 43-47. Los colores muestran aspectos similares, como también se aprecian las diferencias entre regiones, según los colores con que éstos han sido representados y también las escasas similitudes entre regiones, cuando se aprecian los mismos colores entre regiones. Por ejemplo el color amarillo refleja ausencia de *A. catenella* en toda el área de estudio. En la región de Los Lagos



(Fig. 45), se aprecia un conjunto de sitios de muestreo en el extremo sur de la Isla de Chiloé (verde claro) que corresponde a los sitios que presentaron la microalga con mayor constancia y con los niveles más altos de esta región; en el sur este de la isla (color blanco) se identifican los sitios que también presentaron constancia en la presencia de este dinoflagelado, pero con niveles más bajos que aquellos registrados en los sitios ubicados al sur de la isla; se segregó también un conjunto de sitios en que la microalga se presentó en forma ocasional (color lila), los dos sitios restantes (color rojo) corresponden a aquellos que presentaron en niveles ocasionales y bajos. En la región de Aysén se aprecia un conjunto importante de sitios de muestreo que presentaron constancia y niveles altos de abundancia relativa (color azul), en Aysén continental y Aysén insular como también aquellos que presentaron niveles altos (color marrón), pero no tan marcado como el grupo señalado en el área de Melinka, es evidente también que la poca importancia de los sitios que no presentaron a esta microalga (amarillo) (Fig. 46). En la región de Magallanes, se observan claramente sitios que presentaron niveles importantes de abundancia relativa, como todos aquellos ubicados en el área norte de esta región (color celeste) y un conjunto pequeño que presentaron ocasionalmente esta microalga, con una constancia y magnitud similar a la observada en unos pocos sitios de muestreo de Los Lagos (color verde oscuro). Se aprecia claramente la ausencia de *A. catenella* en Estero de las Montañas (M22) e Isla Ballesteros (M23) (color amarillo) (Fig. 47).

Densidad de *Alexandrium catenella*

Considerando las tres regiones administrativas en conjunto, se aprecia que las densidades más altas y la mayor cobertura geográfica se registraron en la región de Aysén y las más bajas y presencia geográfica ocasional en la región de Los Lagos, siendo el estrato de superficie – 10 m de profundidad el que presentó la densidades mayores, no obstante que durante la primavera 2009 la región de Magallanes presentó un notorio aumento de la densidad y de la cobertura geográfica de esta microalga (Anexos 42-71, Fig. 48).

La densidad de *A. catenella* en la región de Los Lagos fue ocasional, en sólo unos pocos sitios de muestreo; en el estrato superficie – 10 m de profundidad alcanzó las 800 cél $\cdot$ L⁻¹ en Canal Guamblad (L23N1) entre mediados de abril – mediados de mayo (cuarto crucero), pero entre los 10 – 20 m alcanzó en primavera los 1.000 cél $\cdot$ L⁻¹ en Bahía Asasao (L22) y 200 cél $\cdot$ L⁻¹ en Isla Guapiquilán (L24) entre inicios de octubre a inicios de noviembre (octavo crucero).

En la región de Aysén, en el estrato superficial estuvo en todos los cruceros, pero hubo cinco localidades en que no se registró esta microalga en las muestras cuantitativas, la mayoría en Raúl Marín Balmaceda, como Laja Brazo Pillán (A06), Canal (A07), Repollal – Estero las Islas (A08), Añihué (A10) y una del área de Tortel, Isla Porcia (A58). En esta región se registró la densidad más alta, 1.132.200 cél $\cdot$ L⁻¹ en el estrato superior en la localidad de Puerto Barrientos (A03) entre mediados de marzo e inicios de abril (tercer crucero). Las densidades mayores se registraron en febrero (segundo crucero) con valores entre 100 – 538.000 cél $\cdot$ L⁻¹ en que estuvo presente en 46 de 61 localidades y el tercero crucero con registros entre 200 y 1.132.000 cél $\cdot$ L⁻¹ en que sólo estuvo en 16 sitios de muestreo. Hubo seis localidades que presentaron una densidad promedio, a lo largo del período de estudio, superior a los 40.000 cél $\cdot$ L⁻¹, como Puerto Barrientos (A03) 115.350 $\pm$ 113.003,0 cél $\cdot$ L⁻¹ (media $\pm$ error estándar), Canal Chacabuco (A53) 54.580 $\pm$ 53.716,5 cél $\cdot$ L⁻¹, Tronador (A50)



46.310 $\pm$ 40.032,4 cél·L⁻¹, Punta Cálqueman (A18) 45.700 $\pm$ 45.588,9 cél·L⁻¹, Playas Largas (A43) 41.980 $\pm$ 41.946,7 cél·L⁻¹ y Canal Darwin (A49) 41.590 $\pm$ 41.490,0 cél·L⁻¹. En la primavera 2009 la cobertura geográfica aumentó a 36 localidades, pero las densidades fueron más bajas que las registradas durante el verano previo, la más alta 211 $\pm$ 38,9 cél·L⁻¹, durante octubre las densidades variaron entre 100 – 1.600 cél·L⁻¹. Desde el punto de vista temporal, hubo cinco sitios que presentaron en las muestras cuantitativas a esta microalga en seis de los diez cruceros realizados, ellas fueron Isla Palumbo (A48), Islas Huichas (A31), Isla Orestes (A23), Isla Castillo (A47) e Isla Canquenes (A26). Considerando a todos los sitios en conjunto por crucero, la mayor densidad promedio se alcanzó en el mes de febrero (segundo crucero) con una estimaci3n de 131.490 $\pm$ 21.008,2 y la más baja se registró entre fines de otoño e inicios de invierno (sexto crucero) con una densidad de 21 $\pm$ 11,7 cél·L⁻¹. En el estrato de 10 – 20 m de profundidad, en las muestras cuantitativas estuvo ausente en seis localidades, cuatro de Raul Marín Balmaceda: Laja Brazo Pillán1 (A06), Canal (A07), Repollal – Estero de las Islas (A08) y Añihué (A10), y dos del área de Tortel, Isla Orlebar (A55) e Isla Scout (A57). Desde el punto de vista temporal, las densidades más altas se registraron en febrero (segundo crucero; 47.011 $\pm$ 13.591,5) y mediados de marzo – inicios de abril (tercer crucero; 3.577 $\pm$ 1.971,3). Las densidades promedio más bajas fueron registradas entre mediados de mayo hasta fines de septiembre (quinto al séptimo cruceros) con un promedio de 2 $\pm$ 1,6, meses en que estuvo presente sólo en Isla Vergara (A32) e Isla Silachilu (A40) no superando las 100 cél·L⁻¹. En febrero (segundo crucero) se registraron densidades en 43 sitios de muestreo de 61 localidades, con un rango, cuando estuvo presente entre 100 y 529.000 cél·L⁻¹, en tanto que entre mediados de marzo e inicios de abril (tercer crucero), las densidades disminuyeron, no obstante que aún se mantenían altas, pero estuvo sólo en 15 localidades con un rango entre 100 – 111.700 cél·L⁻¹.

En la regi3n de Magallanes las densidades fueron más bajas que aquellas registradas para la regi3n de Aysén. En el estrato superficial, estuvo presente sólo en primavera a partir de octubre. Cinco localidades no presentaron estimaciones de densidad, Estero de las Montañas (M22), Isla Ballesteros (M23), Estero Silva Palma (M25), Estero Wickham (M26) y Puerto Zenteno (M39). Durante el primer crucero de diciembre de 2008 sólo estuvo en siete localidades con densidades entre 100 y 2.000 cél·L⁻¹, mientras que estuvo ausente entre mediados de marzo y fines de agosto (tercero al sexto cruceros). En diciembre 2009 se alcanzó la mayor cobertura geográfica, con densidades estimadas en 43 de 48 sitios de muestreo, período en que se registró una densidad de 2.094 $\pm$ 63,7 cél·L⁻¹; en este estrato hubo cinco localidades que presentaron densidades mayores que 2.000 cél·L⁻¹, ellas fueron Isla Piazzzi (M19, 2.080 $\pm$ 1.838,7 cél·L⁻¹), Caleta Williams (M20, 2.207 $\pm$ 1.131,7 cél·L⁻¹), Cabo San Isidro (M35, 2.426 $\pm$ 2.077,0 cél·L⁻¹), Isla Larga (M20, 3.720 $\pm$ 2.498,9 cél·L⁻¹) y Bahía Isthmus (M19, 5.447 $\pm$ 4.178,8 cél·L⁻¹), localidades que con la excepci3n de Cabo San Isidro, ubicada en el Estrecho de Magallanes, corresponden al núcleo de toxicidad de Última Esperanza meridional en el área norte de esta regi3n. En el estrato profundo entre los 10 y 20 m de profundidad, las densidades son mayores que aquellas registradas en el primer estrato en esta regi3n. Hubo dos localidades que presentaron densidad promedio, a lo largo del período de estudio, mayor que 2.000 cél·L⁻¹, en Bahía Isthmus (M19, 6.329 $\pm$ 5.343,8 cél·L⁻¹) e Isla Larga (M20, 5.173 $\pm$ 4.413,7 cél·L⁻¹). La cobertura geográfica fue más alta en los meses de noviembre y diciembre (noveno y décimo cruceros) en que estuvo en 25 y 43 sitios de muestreo de un total de 48, cuyas



densidades medias fueron de $3.896 \pm 209,4$ cél L^{-1} y $1.163 \pm 37,5$ cél L^{-1} , respectivamente, oportunidades que presentó un rango de densidades entre 100 – 53.800 cél L^{-1} y entre 20 y 8.690 en cada uno de estos meses. Considerando todos los sitios en conjunto, hubo cuatro sitios que presentaron una densidad promedio mayor a 30.000 cél L^{-1} , como Punta Cálqueman (A18, $52.930 \pm 52.896,7$), Isla San Andrés (A22, $38.760 \pm 38.760,0$), Isla Teresa (A37, $36.280 \pm 36.246,7$) e Isla Sierra (A35, $35.110 \pm 35.110,0$).

Relación abundancia relativa de *Alexandrium catenella* y toxicidad (VPM) en mariscos centinela

En general, hubo concordancia entre las tendencias de variación de las estimaciones de abundancia relativa de esta microalga y de los niveles de toxicidad detectados en los transvectores muestreados en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, pero particularmente en estas dos últimas regiones en que los niveles de toxicidad de veneno paralizante estuvieron por sobre los 200 μg STX eq. $\cdot 100 g^{-1}$ de carne de marisco en que los incrementos de toxicidad fueron concordantes con los incrementos en las estimaciones de abundancia relativa (Figs. 49-54). En estas regiones las estimaciones de las estadísticas representadas mostraron las medianas mayores, el rango más amplio y los mayores cuartiles de 25 y 75%.

En la región de Los Lagos, si bien las estadísticas de las estimaciones de abundancia relativa tomaron valores relativamente altos, éstos no fueron seguidos por incrementos importantes de la toxicidad y consecuentemente la mayor variabilidad la presentó la abundancia relativa, en verano, otoño e invierno (Figs. 49-50). De hecho en esta región hubo escasas situaciones en que se apreciaran niveles detectables mediante el bioensayo ratón e incluso que estuvieran por sobre los 80 μg STX eq. $\cdot 100 g^{-1}$ de carne de marisco.

En la región de Aysén se aprecia el notorio incremento de la abundancia relativa durante el verano, que estuvo correspondida por un incremento de la toxicidad en la misma estación del año, siendo estas variaciones apreciables en la mayor parte de los sitios de muestreo de esta región, pero con diferencias entre sitios de muestreo (Figs. 51-52). La excepción la constituyen los sitios del área de Tortel, en que el incremento de la abundancia relativa y de la toxicidad ocurrió en invierno y primavera, entendiendo que la variación en la abundancia relativa ocurrida en invierno obedece al incremento registrado en septiembre, pero con niveles más bien bajos, pero que lograron reflejarse en incrementos detectables de la toxicidad mediante el bioensayo, pero con concentraciones mas bien bajas (Figs. 51e-52f). Es claro también de la información presentada, que con la excepción de los sitios del área de Tortel, las estimaciones de las estadísticas son claramente mayores en el resto de los sitios de muestreo de esta región.

En la región de Magallanes, la correspondencia entre abundancia relativa y toxicidad es similar a la señalada para las otras regiones, pero el incremento de ambas variables ocurrió en forma desfasada con respecto a Aysén, pues fue registrada en primavera, rasgo que también mostró diferencias entre sitios de muestreo (Figs. 53-54), reflejando las distintas dinámicas entre regiones de la abundancia relativa de *Alexandrium catenella* y de las concentraciones de veneno paralizante en mariscos.



Al representar en forma conjunta sitios selectos de las tres regiones administrativas, las variaciones temporales de la abundancia relativa de *A. catenella* y de los niveles de veneno paralizante en mariscos transvectores, se aprecia que, en general, los incrementos y los picos de abundancia relativa de esta microalga son correspondidos simultáneamente o con un retardo de aproximadamente un mes por los incrementos de las concentraciones de veneno paralizante. Estas variaciones son independientes de los niveles que alcance la toxicidad, pues en la región de Los Lagos, es posible apreciar nítidamente las variaciones de la abundancia relativa y las consecuentes correspondencias de incremento de la toxicidad, incluso en dos períodos del año, verano y primavera (Figs. 50, 52, 54) En Aysén y Magallanes, esta correspondencia es muy clara, aunque en muchos sitios, el incremento de la abundancia relativa antecedió el incremento y pico de la toxicidad, mostrando además los distintos períodos del año, en que ocurrieron las floraciones y detección importante de veneno paralizante, verano en Aysén y primavera en la región de Magallanes.

5.1.3. Muestreos adicionales de toxicidad en mariscos transvectores (VPM) y abundancia relativa de *Alexandrium catenella* en sitios selectos de la región de Los Lagos.

Muestreo de emergencia

Toxicidad

Los resultados se presentan en la figura 55 y tabla 12. Las muestras fueron recolectadas en 19 sitios fijos de muestreo, desde Isla Acui (L16) hasta Isla Guapiquilán (L24) en la costa sur este de la Isla de Chiloé y desde Estero Palvitad (L17N1) hasta Bahía Tic Toc (L25) en la costa de Palena. Hubo dos localidades que no presentaron transvector, por lo que fueron eliminadas de este análisis, ellas fueron Bahía Corcovado (L21) y Bahía Tic Toc (L25). Por ello la cantidad de sitios considerados ascendió a 17. La frecuencia de muestreo fue semanal. Hubo un 9,4% de sitios en que no se recolectaron muestras para análisis de veneno paralizante ($n=85$). Las muestras positivas fueron recolectadas de 10 localidades: Yelcho (L19N1), Canal Coldita (L19N2), Isla Laitec (L20), Banco Velahue (L20N1), Bahía Asasao (L22), Ensenada Quilanlar (L22N1), Inio (L22N2), Isla San Pedro (L23), Canal Guamblad (L23N1), Isla San Pedro 2 (L23N2), Isla Guapiquilán (L24) e Isla Guapiquilán 2 (L24N1). Las concentraciones de veneno paralizante variaron entre no detectable y 1.419 STX eq. $\cdot 100\text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, valor este último registrado en Canal Coldita (L19N2), localidad que presentó durante el período de emergencia (marzo - abril) la toxicidad promedio más alta, $348 \pm 270,5$ STX eq. $\cdot 100\text{ g}^{-1}$ de carne de marisco. Este pico de toxicidad en el conjunto de sitios de muestreo se presentó a fines de marzo (26 – 31 de marzo), período a partir del cual ocurre en todos los sitios que presentaron toxicidad, una declinación, que alcanzó en promedio a $32 \pm 7,4$ STX eq. $\cdot 100\text{ g}^{-1}$ de carne de marisco, a fines de abril, considerando todos los sitios en conjunto. No obstante los altos valores registrados, un 72,9% de las muestras analizadas presentaron valores no detectables o <80 STX eq. $\cdot 100\text{ g}^{-1}$ de carne de marisco. Hubo un conjunto de cinco sitios que no presentaron toxicidad detectable a lo largo del período de emergencia: Isla Acui (L16), Isla Chaullín (L16N1), Auchemó (L17), Estero Palvitad (L17N1) y Punta Chiguao (L19), todos ubicados en el sector norte del área de emergencia y en la costa de Palena.



Abundancia relativa de *A. catenella*

Los resultados se presentan en la figura 56 y tabla 13. No fueron considerados en este muestreo los sitios al norte de Canal Caucahué (L07), que son habitualmente visitados con el muestreo regular y que representan otros 12 sitios de muestreo, que determinan el total de 42 establecidos en la regi3n de Los Lagos. En consecuencia para estimar la abundancia relativa de *A. catenella*, se consideraron 30 sitios. Esta microalga estuvo presente desde mediados de marzo, con estimaciones entre niveles de 1 (raro) a 6 (extremadamente abundante), haciéndose presente en el área sureste y sur de la Isla de Chiloé, en 12 de los 30 sitios considerados para el período de emergencia.

El muestreo efectuado a fines de enero muestra la ausencia de *A. catenella*. Desde mediados de marzo mostr3 un incremento en la abundancia relativa promedio, para luego declinar y estar ausente en los muestreos de red de fines de abril. Esta tendencia de declinaci3n estuvo marcada en sus inicios por una mayor dispersi3n, reflejada en el rango y en el error estandar, estimadores que fueron decreciendo en la medida que la abundancia relativa fue disminuyendo tanto en su nivel, como en la cantidad de sitios de muestreo en que esta especie estuvo presente. Seg3n estos antecedentes la floraci3n tuvo una duraci3n de a los menos 4 semanas, desde mediados de marzo hasta mediados de abril, no obstante que con posterioridad se continu3 registrando a esta microalga, pero con estimaciones de rara (nivel 1).

El comportamiento de la abundancia relativa de *A. catenella*, durante este lapso, puede resumirse como sigue:

- Período 21 – 29 de enero (segundo crucero regular): estuvo ausente en los 30 sitios de muestreo considerados.
- Período 11 - 20 de marzo (tercer crucero regular): hubo 18 localidades del sector septentrional del área de muestreo en que estuvo ausente, todas ubicadas al norte, al noreste o al este de I. Acui (L16). En los sitios en que esta microalga estuvo presente, la abundancia relativa vari3 entre 1 (rara) y 6 (extremadamente abundante), estuvo en el 40% de las estaciones (12 localidades), todas ubicadas en el sector m3s meridional del área de muestreo, entre I. Acui (L16) y B. Tic Toc (L25), respectivamente. El promedio de la abundancia relativa fue de $1,3 \pm 0,34$ (promedio $\pm$ error estandar), cifra que incrementa a $2,0 \pm 0,46$ si se consideran s3lo los sitios al sur de I. Acui, cantidad que asciende a $2,4 \pm 0,49$ si se excluyen Auchem3 (L17), E. Palvidad (L17N1) y B. Corcovado (L21), que est3n ubicadas al este del área afectada por la floraci3n en la costa de la provincia de Palena y que tampoco presentaron a *A. catenella* durante todo el periodo de emergencia.
- Período 26-31 de marzo (primer crucero emergencia): niveles de abundancia relativa de *A. catenella* entre 1 y 6 (cubriendo el 89% de las estaciones m3s meridionales).
- Período 3-8 de abril (segundo crucero emergencia): niveles de abundancia relativa de *A. catenella* entre 2 y 5 (cubriendo el 89% de las estaciones m3s meridionales).
- Período 14-17 abril (tercer crucero emergencia, pero correspondiente al cuarto crucero regular): niveles de abundancia relativa de *A. catenella* entre 1 y 3 (cubriendo el 66 % de las estaciones m3s meridionales).



- Período 23-26 abril (cuarto crucero emergencia); **A. catenella** fue detectada como rara (nivel 1) en 9 sitios de muestreo, y persistió en las muestras durante los meses sucesivos, pero con el mismo nivel de abundancia relativa.

Muestreo complementario asociado a plaga FAN: *Alexandrium catenella*

Adicionalmente, a fin de delimitar el área de distribución de esta microalga, con relación a esta microalga como plaga FAN, se efectuaron dos muestreos adicionales en un total de 27 sitios de muestreo, ubicados en el sector central y septentrional del mar interior de Chiloé, entre Cochamó (L02N2) por el norte e Isla Talcán (L14) por el sur, considerando los sitios regulares del monitoreo, además de cuatro localidades: Piedra Azul (L04N1), Ilque (L04N2), Chayahué (L04N3) y Puluqui (L04N4). Se efectuaron dos muestreos, el primero entre el 28 de diciembre de 2009 – 9 de enero de 2010 y el segundo entre el 13 de enero – 19 de enero de 2010 (ver tabla 5). En ambas oportunidades **A. catenella** estuvo ausente de las muestras de fitoplancton cualitativo.

5.1.4. Aplicación de una sonda molecular para *A. catenella*

El oligonucleótido marcado con flureceína-5-tionato descrita por Scholin (Scholin et al. 1994) no fue capaz de hibridar el material genético de diferentes clones de **A. catenella** aislados del áreas del estudio, ya sea en Los Lagos, Aysén y Magallanes, ni tampoco de células vegetativas presentes en muestras de agua. Probablemente, la secuencia de nucleótidos que conforma el oligonucleótido utilizado en el ensayo no es complementaria con el material genético blanco de las cepas locales, cuyo clado filogenético difiere del que ha sido descrito por Sholin (Lilly et al. 1997).

Los primeros ensayos hicieron suponer que la sonda ingresaba en la célula y se hibridaba en el material genético blanco, debido a que la fluorescencia se hacía más intensa cuando se aplicaba la sonda. De esta manera se prepararon curvas de calibración en los diferentes niveles de abundancias relativas de **A. catenella** (nivel 1 a 9) utilizando muestras de red de fitoplancton (23 um) enriquecido con clones de **A. catenella** provenientes del cepario que ha generado IFOP. Los resultados conducían a resultados ambiguos cuya interpretación inicial basado en la mayor fluorescencia de cuerpos intracelulares en las células que fueron tratadas con la sonda versus el control negativo (células sin sonda) permitían deducir que la sonda mejoraba la resolución del análisis y que era altamente específica ya que no se observan otras células con marcas atribuibles a fluoresceína-5-tionato, todo ello, porque se estaba utilizando un único control negativo para todos los ensayos (Fotomicrografía 1). En una tercera etapa se utilizaron muestras de campo provenientes de Aysén con controles negativo para cada uno de los ensayos y los resultados fueron completamente irregulares respecto de los resultados generados con el método convencional para estimar las abundancias relativas.

Los resultados vinculados con la eficiencia de detección cuya definición fue células que hibridan con la sonda fluorescente / células antes de la hibridación. Para ello se utilizó un microscopio de epifluorescencia Olympus BX41 con un filtro U-N31001 de emisión en 480 nm y emisión en 535 nm) y cámara Fuchs Rosenthal para el conteo.



- Conteo 1: Microscopía 3ptica: 44 c3lulas en 3,2 uL
Microscopía de fluorescencia: 35 c3lulas en 3,2 uL
Eficiencia de detecci3n= 0,795
- Conteo 2: Microscopía 3ptica: 61 c3lulas en 3,2 uL
Microscopía de fluorescencia: 35 c3lulas en 3,2 uL
Eficiencia de detecci3n= 0,573
- Conteo 3: Microscopía 3ptica: 45 c3lulas en 3,2 uL
Microscopía de fluorescencia: 40 c3lulas en 3,2 uL
Eficiencia de detecci3n= 0,889

Escala de abundancia relativa en muestras de Estuario Reloncaví enriquecidas con *A.catenella*.

Tubo N°	Abundancia Relativa	Volumen Agua de mar filtrada	Volumen de stock celular (5.437 c3l/mL)	N° de c3lulas por mL final estimadas
0	AUSENTE	1 mL	0 mL	0
1	ESCASA	997 uL	3 uL	15
2	RARA	988 uL	12 uL	65
3	REGULAR	951 uL	49 uL	265
4	ABUNDANTE	804 uL	196 uL	1.065
5	MUY ABUNDANTE	215 uL	785 uL	4.265
6	EXTREMADAMENTE ABUNDANTE	Resuspender luego de centrifugar el Volumen celular	2,5 mL	13.593
7	HIPER ABUNDANTE	Resuspender luego de centrifugar el Volumen celular	9 mL	48.933

Al analizar las muestras enriquecidas con *A. catenella* cepa IFOP AC50 e incubadas con la sonda para la regi3n D2 del RNA ribosomal de la subunidad mayor marcada con AlexaFluor488, bajo el microscopio de epifluorescencia, los resultados fueron los siguientes:

N° Tubo	C3lulas en 6,4 uL	C3lulas por mL estimadas (extrapolaci3n)	C3lulas por mL esperadas
0	0	0	0
1	0	0	15



2	1	156	65
3	2	312	265
4	6	937	1.065
5	21	3.281	4.265
6	57	8.906	13.593
7	139	21.719	48.933

Aparentemente, dependiendo del estado metabólico o la fase del ciclo celular que tiene la célula se visualizan cuerpos intracelulares capaces de generar fluorescencia en las mismas longitudes de onda en que lo hace la fluoresceína-5-tionato. Esto fue menos evidente cuando los ensayos utilizaban células de cultivo ya que estaban probablemente en una misma fase del ciclo celular y se utilizaba un solo control negativo generado al inicio de los experimentos con los cuales se comparaba cada vez que se realizaba algún ensayo. En muestras de campo, es posible encontrar células en diferentes estados y por lo tanto fue necesario aplicar control negativo en cada ensayo, cuestión que permitió deducir la ineficiencia de la sonda molecular.

En una fase posterior, se aplicaron métodos de PCR tiempo real usando una sonda FRET específica para *A. catenella* y se observó que los partidores amplificaban sin inconvenientes la región blanco, pero la sonda nuevamente no se hibrida en la región esperada. Pruebas posteriores como electroforesis de los productos de amplificación delataban la presencia de amplicones y ensayos de PCR tiempo real usando un fluoróforo inespecífico SYBR Green que se introduce en la estructura secundaria de la doble hélice del ADN señala que existe amplificación.

En todos los casos, parece ser que el oligonucleótido descrito por Scholin cuya estructura posee un número cercano a 20 nucleótidos usados para este ensayo FISH y PCR Tiempo Real no es suficientemente compatible con la secuencia de las cepas locales para producir los “mismatches” necesarios que favorezcan la hibridación.

Con el propósito de confeccionar una sonda complementaria para la región D2 del RNA ribosomal de la subunidad mayor que pueda ser efectiva para cuantificar *A. catenella* mediante diagnóstico FISH, se ha utilizado la secuencia descrita por Lilly et al. (1997) de una cepa local obtenida de Aysén para confeccionar partidores de transcripción y aplicarlos sobre el material genético de los diferentes clones aislados por IFOP mediante ensayos de PCR. Los productos de PCR han sido secuenciados y sobre esa estructura de nucleótidos se están confeccionando las sondas moleculares específicas para ensayos FISH.

5.1.5. Caracterización de sedimentos y quistes de *Alexandrium catenella* en los sitios de muestreo regulares.

Fracciones de sedimentos finos y contenido de materia orgánica en sedimentos

La caracterización granulométrica y estimación de la proporción de materia orgánica en los sedimentos de los sitios de muestreo está orientada a pesquisar la presencia de quistes de *A.*



catenella. De un total de 151 sitios de muestreo establecidos en el área de estudio, hubo 10 sitios en que no fue posible recolectar muestras, ya sea por que fueron muy profundos o corresponden a fondo rocoso. De estos 10 sitios, 9 corresponden a la región de los Lagos, establecidos en el Estero de Reloncaví (ocho sitios) más Isla Caicura (L06N1) y uno a la región de Aysén, Isla Ovalada (A05).

La granulometría y proporción de materia orgánica en las distintas estaciones son muy variables. De manera general se aprecia que en los 141 sitios de muestreo evaluados en las tres regiones administrativas, que la región de Los Lagos es la que presenta una mayor proporción de sitios con sedimentos finos, tales como arenas finas, arenas muy finas y limo arcillas, presentando la región de Aysén una situación intermedia y la más pobre en este tipo de sedimentos fue la región de Magallanes. En cuanto a la materia orgánica, ésta presentó un rango comparable en las regiones de Los Lagos y Aysén, siendo más amplio y con estimaciones más altas en la región de Magallanes. En promedio la proporción de materia orgánica incrementa con la latitud, $1,2 \pm 0,16$, $1,7 \pm 0,09$ y $2,2 \pm 0,20$ (media $\pm$ error estándar) en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, respectivamente (Tablas 14 – 16).

En Los Lagos las estaciones con mayor proporción de arena muy fina (0,125 – 0,063 mm) y limo-arcilla ($< 0,063$ mm) fueron Sotomó (L02N1) con 56,9%, I. Chulín (L10N1) con 68,7%, B. Pumalín (L10N3) con 47,7%, Yelcho (L19N1) con 63,9%, C. Coldita (L19N2) con 93,6%, I. San Pedro (L23) con 86,5% e I. Guapiquilán (L24) con 99,4%. La materia orgánica asociada a estos sedimentos estuvo en el rango 0,2 y 4,1%, este último en la estación Marimeli (L02N3). También es notable el contenido de materia orgánica observada en E. Palvita (L17N1), 3,5% (Tabla 14).

En Aysén, las estaciones monitoreadas fueron menos abundantes en arenas muy finas que las encontradas en Los Lagos, de manera que la descripción que considera la sumatoria de las fracciones arena fina (0,25 – 0,125) y limo-arcilla ($< 0,063$ mm), está representada en una mayor proporción por estos últimos. En este sentido, las estaciones con una mayor proporción con este tipo de sedimentos fueron Isla Julia – Grupo Peligroso (A04) con 46,1%, Añihué (A10) con 58,4%, Isla Canquenes (A26) con 38,1%, Puerto Bonito (A29) con 80,9%, Grupo Enjambre (A36) con 29,5%, Playas Largas (A43) con 94,5% y Canal Chacabuco (A53) con 62,9%. La materia orgánica asociada a los sedimentos estuvo en el rango 0,5 y 4,7%, este último en Puerto Bonito (A29). También es notable el contenido de materia orgánica observada en Melimoyu (A11) e Isla Gama Zañartu - Canal Yacaf (A16), con 4,2% y 3,2%, respectivamente (Tabla 15).

La región de Magallanes presentaron los niveles más bajos de la fracción sedimentaria conformada por arenas muy finas y limo-arcilla. Las estaciones más sobresalientes en contenido de arena fina (0,25 – 0,125) y limo-arcilla ($< 0,063$ mm) fueron Estero de las Montañas (M22) con 25,1%, Canal Adalberto (M04) con 22,1%, Bahía Libertad (M05) con 18,7% e Isla Larga (M20) con 15,5%. En lo que respecta al contenido de materia orgánica, estuvo en el rango 0,37 a 6,71%, este último fue observado en I. Piazzi (M16). Sin embargo, son notables los contenidos de materia orgánica en las estaciones complementarias del monitoreo cuyos niveles fueron 19,9% en Canal Bárbara (MC14) y 17% en Seno Ballena (MC13) (Tabla 16).



Abundancia de quistes de *Alexandrium catenella* en sedimentos

Durante el desarrollo del estudio en dos oportunidades se recolectaron muestras de sedimento para realizar análisis de quistes del dinoflagelado. La primera se efectuó en verano e inicios de otoño del 2009 (11 de marzo a 2 de abril) mientras que la segunda se realizó en primavera de 2009 (5 de octubre a 22 de noviembre). El muestreo en la región de Los Lagos se realizó en los períodos de verano-otoño (11-14 de marzo) y primavera (18-22 de noviembre), en Aysén durante el período de verano-otoño (20 de marzo a 2 de abril), y en Magallanes se realizó en período de primavera (5-10 de octubre). Las estaciones de muestreo fueron seleccionadas de acuerdo al contenido de fango que presentaba cada lugar y a la presencia de FAN, por ello en Los Lagos fueron muestreadas 9 estaciones ubicadas en los alrededores de Quellón, Guapikilán y Tic Toc, mientras que en Aysén se muestrearon 16 estaciones ubicadas en las inmediaciones del Canal Moraleda y una ubicada en el área Tortel. Finalmente, en Magallanes se muestrearon 3 estaciones debido al pobre predominio de sedimentos finos, correspondiendo estos sitios al área norte de la región.

En Los Lagos, solo se registraron quistes de *A. catenella* en I. Coldita (L19N2) y en I. San Pedro (L23), ambas con concentraciones de 1,3 quistes / mL durante el muestreo realizado en verano-otoño, mientras que durante la primavera solo se observaron quistes en I. Coldita (L19N2) con similares concentraciones: 1,3 quistes / mL.

En Aysén, se encontraron quistes de *A. catenella* en 6 de las 16 estaciones monitoreadas durante el periodo verano-otoño. Las estaciones fueron I. Manuel (A15) con 1,3 quistes / mL, S. Magdalena (A19) con 2,7 quistes / mL, Pto. Bonito (A29) con 1,3 quistes / mL, G. Enjambre (A36) con 2,7 quistes / mL, Pto. Lampazo (A39) con 2,7 quistes / mL y Playas Largas (A47) con 5,3 quistes / mL.

En general se aprecia que en las localidades consideradas la presencia de quistes es muy baja o estuvieron ausentes. En la región de Los Lagos, considerando muestras recolectadas en nueve sitios todos establecidos en el área con mayores probabilidades de floración de esta microalga, desde Punta Chiguao (L19) hacia el sur hasta Isla Guapikilán (L24), sólo se detectaron quistes de *A. catenella* en I. Coldita (L19N2) e Isla San Pedro (L23), en ambos casos con una estimación de sólo 1,3 quistes mL^{-1} (Tabla 17). Solamente I. Coldita (L19N2) presentó quistes del dinoflagelado en períodos de verano-otoño como en primavera. En la región de Aysén, con sitios muestreados desde Melinka hasta el área de Tortel durante período verano-otoño, hubo una mayor proporción de sitios y mayor abundancia de quistes de este dinoflagelado, seis sitios de un total de dieciséis evaluados, ese fue el caso de Isla Manuel (A15): 1,3; Seno Magdalena (A19): 2,7; Puerto Bonito (A29): 1,3, Grupo Enjambre (A36): 2,7, Puerto Lampazo (A39): 2,7 y Playas Largas (A45): 5,3 quistes mL^{-1} (Tabla 18). En la región de Magallanes, de un total de ocho sitios de muestreo con sedimentos apropiados para estos efectos, sólo tres fueron analizados para evaluar la presencia de quistes de esta microalga. Los resultados muestran que no se detectaron quistes en ninguno de los sitios considerados, Isla Piazzini (M16), Canal Adalberto (M04) e Isla Larga (M20), todos ubicados en el área norte de esta región (Tabla 19).



5.2. Distribución geográfica y temporal del Veneno Diarreico de los Mariscos, abundancia relativa y densidad de *Dinophysis acuminata* y *D. acuta*.

De manera similar a lo señalado para el veneno paralizante, estos resultados representan la distribución de macro escala para el período entre inicios de diciembre de 2008 y principios de enero de 2010, período en el que se realizaron diez cruceros, correspondientes a la tercera etapa de este estudio (período 2008-2009) del veneno diarreico y de las microalgas *Dinophysis acuminata* y *D. acuta*, para el sector geográficos comprendidos entre Cochamó en el Estuario de Reloncaví en la región de Los Lagos, hasta Puerto Eugenia (M46) en el Canal Beagle en la región de Magallanes (Figs. 57-104, Anexos 5-8).

5.2.1. Veneno Diarreico de los Mariscos (VDM)

Análisis descriptivo

Los resultados se presentan en las figuras 57-73 y anexos 5-8. Para la región de Los Lagos se presentan en las figuras 57, 58, 61, 69-71, además del anexo 5; para la región de Aysén en las figuras 57, 59, 62-65, 69, 70, 72, además de los anexos 6-7; y para la región de Magallanes en las figuras 57, 60, 66-68, 69, 70, 73, además del anexo 8.

Durante el periodo de estudio, todas las regiones registraron muestras positivas (Figs. 58-60; Anexos 5-8). La región de Los Lagos fue la que presentó mayormente estaciones (100%) con frecuencias de VDM <6 considerando los diez muestreos, mientras que la región de Aysén fue la que presentó el mayor número de estaciones con frecuencias de VDM >6 (72%) durante el mismo periodo. La región de Magallanes presentó frecuencias de VDM <6 en el 75% de las estaciones, mientras que frecuencias >6 ocurrieron en el 8% de las muestras. En esta última región, la estación Estero Nuñez (M28) presentó un único resultado positivo el que ocurrió durante el décimo crucero (segundo verano del periodo de muestreo).

En la región de Los Lagos, el 95% (Anexo 5, Figs. 57, 58, 61) de las muestras analizadas fueron positivas. Los recursos analizados correspondieron a almeja (23 localidades), cholga (8 localidades) y chorito (11 localidades). El 5% de las estaciones con resultados negativos durante el año fueron solo dos: Punta Chiguao (L19) y Banco Velahue (L20N1) para el recurso almeja, ambas situadas en la Isla de Chiloé. Los mayores porcentajes de estaciones positivas (55-60%) se registraron en el verano (diciembre y enero, tanto al inicio como al término del periodo de monitoreo) cubriendo la totalidad de la región, mientras que el porcentaje mínimo ocurrió a fines de otoño e invierno (5-8% de las estaciones) y en un sector muy localizado del Seno de Reloncaví (estaciones Sotomó, Cochamó, Marimeli y Poicohuén; L02N1, L02N2, L02N3 y L02N4, respectivamente).

En la región de Aysén la totalidad de las estaciones resultaron positivas en algún momento del periodo de muestreo (Anexo 6, Figs. 57, 62-65). Los recursos analizados correspondieron a almeja



(4 localidades), cholga (50 localidades) y chorito (7 localidades). En este caso la tendencia porcentual de las estaciones durante el año de muestreo fue mayor al 60%. La excepción fue el décimo crucero (segundo verano del periodo de muestreo) en que el porcentaje disminuyó a un 43% de las estaciones reduciéndose la cobertura geográfica principalmente a las áreas del centro continental-insular y sur insular de la región.

En Magallanes, al igual que en la región de Aysén, la totalidad de las estaciones resultaron positivas en algún momento del año aunque con una marcada tendencia estacional (Anexo 8, Figs. 57, 66-68). Los porcentajes mayores (>60%) se presentaron en primavera y verano mientras que porcentajes <29% ocurrieron durante el otoño e invierno, llegando a alcanzar valores negativos en toda la región en los meses de julio y agosto. Los recursos analizados correspondieron a cholga (25 localidades, área norte) y chorito (23 localidades, áreas centro y sur).

Análisis de conglomerados y MDS

Otra forma de presentación de los resultados ha sido a través de un análisis de conglomerados, MDS y prueba SIMPROF (Figs. 69-73).

El análisis de conglomerados fue aplicado por región para el lapso diciembre 2008 – diciembre 2009, a los resultados de VDM (+ y -), considerando como variable de agrupación u ordenamiento de las localidades, los diferentes periodos de muestreo realizados dentro del año. El nivel de significancia de los grupos resultantes fue del 5%.

En la región de Aysén, el ordenamiento de los sitios de muestreo para la variable toxicidad por VDM en los diferentes periodos de muestreo resultó en cinco grupos que incluyeron el mayor número de estaciones (Figs. 69, 72). Cada grupo congrega estaciones con periodos similares de sus resultados de toxicidad por VDM. Así, el grupo con el mayor número de estaciones fue el **m** (color burdeo) cuyo rango de sumatorias de toxicidad positiva fue 7-10 (70 a un 100% del lapso de tiempo de muestreo) abarcó gran parte de la región prácticamente todo el año o periodo de muestreo. Si bien existe un segundo grupo con niveles de sumatorias de toxicidad positiva cercanos, 6-7 (grupo **l**, color gris), el periodo en que ocurrieron fue ligeramente diferente al del grupo anterior (Anexo 6).

Del mismo modo para la región de Los Lagos hubo cinco grupos, uno de ellos con estaciones en que la toxicidad estuvo ausente. En esta región hubo dos grupos que agregaron el mayor número de estaciones (grupo **d** y **f**, celeste claro y celeste intenso, respectivamente) ambos con un rango de 1-4 de sumatoria de toxicidad positiva (Figs. 69, 71).

En la región de Magallanes, se presentaron seis grupos. El mayor número de estaciones se agrupó en el conglomerado **n** (color azul) y representó un rango de sumatorias de toxicidad positiva de 2-7 (Figs. 69, 73).



5.2.2. *Dinophysis acuminata* y *D. acuta*: abundancia relativa, densidad y relaciones con resultados positivos bioensayos (VDM)

Abundancia relativa de *Dinophysis acuminata*

Las estimaciones de abundancia relativa permitieron constatar que esta especie estuvo presente en las tres regiones en algún momento del periodo de muestreo (Figs. 30-32, 74-84). La única excepción la constituyó Río Seco (M38) en Magallanes. De las tres regiones, la región de Aysén fue la que presentó los mayores niveles de abundancia relativa, los que ocurrieron en la primavera y verano, mientras que la región de Los Lagos presentó la mayor cobertura geográfica con presencia de esta especie durante el periodo de muestreo.

En la región de Los Lagos, esta especie estuvo presente en todos los sitios de muestreo. Los niveles de abundancia relativa variaron entre los niveles 1 (raro) y 7 (hiper abundante) siendo el nivel 1 el que se presentó con una frecuencia porcentual mayoritaria (27%) seguido por el nivel ausente (29%). La región presentó promedios mayores a 2,9, con un máximo de 4,1, todos ocurridos durante la primavera y verano del periodo de estudio (Figs. 74, 76).

Las estaciones con los más altos niveles de abundancia relativa acumulado (rango 30-39) durante el periodo de muestreo fueron: Metri, Yates, Sotomó, Cochamó, Marimeli, Pocihuén, Cta. La Arena, Potrerillos; L01, L02, L02N1-N4, L03 y L03N1, respectivamente, todas situadas en el estuario y Seno de Reloncaví.

En la región de Aysén, *D. acuminata* también estuvo presente en todas las estaciones de muestreo con rangos de niveles entre 1 (raro) y 7 (hiper abundante), siendo el nivel 1 el que se presentó con una frecuencia porcentual mayoritaria (56%) mientras que el nivel ausente se presentó en un 14%. El nivel promedio máximo sólo alcanzó a los 2,6 y ocurrió durante el verano. Las estaciones con los más altos niveles de abundancia relativa acumulada (rango 20-26) durante el periodo de muestreo fueron: I. Toto, I. Manuel, I. Gama Zañartu-C. Yacaf, I. Bobadilla-S. Soto, S. Magdalena, Faro Marta-C. Puyuhuapi, I. Sn. Andrés e I. Orestes; A13, A15-17, A19-20, A22-23, respectivamente, y se situaron principalmente en las áreas continental e insular (Figs. 74, 77-80).

En la región de Magallanes, esta microalga tuvo claramente una menor representación que en las otras dos regiones. Sólo estuvo presente a niveles de rara (nivel 1) y regular (nivel 3), mientras que el nivel ausente se presentó con una frecuencia mayoritaria (57%) respecto de los niveles superiores. El promedio de abundancias relativas osciló solo en el rango de 0,2 -1,1 durante el periodo de muestreo y la abundancia relativa acumulada por estación alcanzó solo un valor máximo de 10. Los valores mayores a 7 se presentaron principalmente en las estaciones del área norte de la región (Figs. 74, 81-83).

Análisis de conglomerados y MDS

Estos resultados también han sido analizados a través de un análisis de conglomerados, MDS y prueba SIMPROF. El nivel de significancia de los grupos resultantes fue del 5%, considerando como



variable de agrupación u ordenamiento de las localidades, los diferentes períodos de muestreo realizados dentro del año. Los resultados se presentan en las figuras 84 a 88

Los conglomerados de las localidades por periodo de muestreo a base de la variable abundancia relativa de *D. acuminata*, arrojó 4 grupos con el mayor número de estaciones en el caso de la región de Los Lagos, 6 grupo en Aysén y 5 en Magallanes. Los rangos de las sumatorias de las respectivas abundancias relativas para el grupo que reunió la mayor cantidad de estaciones por región fue: Grupo i (verde) 10-22; grupo l (gris) 9-26 y grupo p (rosado) 4-10, respectivamente.

Densidad de *Dinophysis acuminata*

Considerando las regiones administrativas como conjunto y ambos estratos de muestreo, las densidades más altas se aprecian entre mediados de primavera y mediados de otoño, patrón de distribución temporal dictado principalmente por las regiones de Aysén y Los Lagos, puesto que la región de Magallanes el patrón se restringe a fines de la primavera y verano (Fig. 89). No obstante, durante todo el periodo de muestreo, las mayores densidades ($> 3.000 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$) se observaron en el estrato superior (0-10 m de profundidad) de las regiones de Aysén y Magallanes mientras que en la región de Los Lagos la densidad de esta especie no superó las $3.000 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$. La distribución vertical de esta especie fue preferentemente en el estrato superficial. Cuando esta especie estuvo presente se distribuyó preferentemente en el estrato superficie – 10 m. Así en el caso de la región de Los Lagos, el 53% de las estaciones con densidades mayores se presentaron en este estrato. En el caso de Aysén y Magallanes, cuando esta especie estuvo presente, su mayor densidad ocurrió en el estrato superficial en el 91% y 100% de las estaciones, respectivamente. Los promedios totales por región también muestran esta condición.

Así, analizando el estrato superficial, las estaciones del estuario y seno Reloncaví fueron las únicas que presentaron un patrón temporal continuo de densidad durante el periodo de muestreo, aunque no superaron las $3.000 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$. Las estaciones del resto de la región presentaron densidades marcadamente estacional, que fue desde primavera hasta mediados de verano, pero tampoco superaron las $3.000 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$. Las máximas densidades ($3.000 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$) fueron muy localizadas. Sólo se presentaron en seis estaciones, tres de las cuales están situadas en el área estuario y estuario-seno Reloncaví (Metri, Yates, Potrerillos; L01, L02 y L03N1, respectivamente) y las restantes (Inio, I. San Pedro, I. Guapikilán; L22N2, L23 y L24, respectivamente) situadas en el Golfo del Corcovado.

La región de Aysén también presentó un patrón de continuidad temporal en las densidades de *D. acuminata* durante el periodo de muestreo en algún sector de la región. Este se situó entre las estaciones I. Bobadilla - Seno Soto (A17) y Canal Rodríguez (A45) cubriendo las áreas del sur continental e insular. Las Islas Julián (A30) e Islas Huichas (A31) situadas en el área insular fueron las que presentaron densidades superiores a los $3.000 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$ (rango $3.001\text{-}6.200 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$) y ocurrió durante el otoño. Solo una estación más presentó este rango de densidad, Seno Gala (A12) situada en el área de Aysén continental. Sin embargo, la mayor frecuencia del rango densidad encontrado en la región cuando estuvo presente entre $1\text{-}200 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$.

En la región de Magallanes las densidades presentaron un patrón de distribución temporalmente



discontinuo en todas las estaciones de la región, aunque algunas alcanzaron el rango superior de densidad ($> 6.200 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$). Este rango que se presentó muy localizado ocurrió en el sector del Canal Beagle durante el verano, al iniciarse el periodo de muestreo. En general, al igual que en las regiones anteriores, la mayor frecuencia de densidad se presentó en el rango $1-200 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$ y el mayor número de estaciones con presencia de esta especie ocurrió en la primavera - verano al final del periodo de muestreo alcanzando densidades no superiores a los $3.000 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$. En este caso, el rango de $1.401-3.000 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$ también fue muy localizado y ocurrió solo en tres estaciones: Estero de Las Montañas (M23), Ventisquero España (M41) y Puerto Eugenia (M46).

Abundancia relativa de *Dinophysis acuta*

Esta especie tuvo claramente una mayor abundancia relativa en la región de Aysén al igual que un patrón espacial y temporal continuo durante todo el período de muestreo en comparación con las otras regiones (Figs. 30-32, 90-91).

La región de Aysén presentó un promedio de abundancia relativa máxima de 2,1 en el verano. Sin embargo, la mayor frecuencia porcentual fue de un 44% del nivel 1 (raro), seguido por el nivel ausente (41%). El nivel de abundancia máximo ocurrido en esta región fue de 5 (muy abundante) aunque con una frecuencia de solo un 0,7%. Los niveles 3-5 ocurrieron con una frecuencia de un 9% y se presentaron durante el verano afectando las áreas insular y continental además del norte de Melinka (Figs. 93-96).

En la región de Los Lagos (Fig. 92) y de Magallanes (Figs. 97-98), la abundancia relativa no superó el nivel de 1 (raro) y 2 (escaso), respectivamente, mientras que el nivel ausente tuvo una frecuencia porcentual del 99% en Los Lagos y de un 95% en Magallanes. En el caso de la primera región, la especie se presentó solo en los sitios situados en el área Isla de Chiloé y Golfo del Corcovado durante el verano. En Magallanes, estuvo presente principalmente en el área norte durante el periodo de muestreo, y sólo a inicios del otoño en una estación del área centro: B. Cordes (M32).

Análisis de conglomerados y MDS

Al igual que para *D. acuminata* las estimaciones de abundancia relativa de *D. acuta* fueron evaluados mediante un análisis de conglomerados, MDS y prueba SIMPROF. El nivel de significancia de los grupos resultantes fue del 5%, considerando como variable de agrupación u ordenamiento de las localidades, los diferentes periodos de muestreo realizados dentro del año. Los resultados se presentan en las figuras 99-103.

Sobre la base de la variable abundancia relativa de *D. acuta*, los conglomerados que agruparon el mayor número de estaciones resultaron ser 2 en la región de Los Lagos, 3 en la región de Aysén y 5 en la región de Magallanes. Los rangos de las sumatorias de las respectivas abundancias relativas para el grupo que reunió la mayor cantidad de estaciones por región fue: Grupo g (verde oscuro) 6-15 y grupo x (amarillo) con ausencia de esta especie, respectivamente.

Densidad de *Dinophysis acuta*

La densidad de esta microalga comparada con su congénere *D. acuminata*, es notoriamente más



baja. Tambi3n present3 una distribuci3n vertical preferentemente en el estrato superficie - 10m de profundidad cuando estuvo presente en la columna de agua (Fig. 104).

D. acuta present3 densidades preponderantemente en el rango 1-200 c3l·L⁻¹ en las regiones de Ays3n y solo durante el verano. En la regi3n de Magallanes solo estuvo en tres estaciones del 3rea norte (C. Adalberto (M4), I. Piazzini (M16) y Cta. Williams (M17) durante el verano y oto3o, mientras que en la regi3n de Los Lagos estuvo ausente durante el periodo de muestreo.

Relaciones de la abundancia relativa o densidad de *Dinophysis* spp. y resultados positivos (VDM) en mariscos centinela

Dado que los resultados de la evaluaci3n de este complejo t3xico mediante el bioensayo rat3n est3n disponibles s3lo en t3rminos cualitativos (positivo o negativo), las relaciones que es factible evaluar son aquellas que consideran la frecuencia de muestras positivas en una misma localidad a lo largo de los distintos periodos de muestreo o bien, el n3mero de localidades que para un mismo periodo de recolecci3n de muestras presenten muestras positivas.

En el primer caso, se trata de frecuencia en las filas (localidades) y en el segundo en las columnas (periodos de muestreo), seg3n se han dispuesto las tablas para estos efectos (Anexos 5-8). Estas frecuencias fueron contrastadas con la sumatoria de las abundancias relativas de *Dinophysis acuminata* o *D. acuta*, como tambi3n con los promedios de las densidades estimadas en los estratos de superficie – 10 m y de 10 a 20 m de profundidad, en los dos sentidos sealados para las frecuencias de muestras positivas (i.e. filas y columnas), con la finalidad de evaluar la hip3tesis de independencia, i.e. ambas variables no est3n correlacionadas. Las evaluaciones se efectuaron mediante una prueba de correlaciones por rangos no param3trica de Spearman (prueba de dos colas). En consecuencia para cada tax3n es posible evaluar tres relaciones (nivel toxicidad vs abundancia relativa, densidad 0-10m y densidad 10-20m) por periodo de muestreo y por localidad para cada una de las regiones administrativas estudiadas. Para *D. acuminata* fue posible evaluar las nueve relaciones establecidas, en tanto que para *D. acuta*, s3lo fue factible realizar cinco, puesto que en la regi3n de Los Lagos y de Magallanes, dada la escasez de esta microalga, o no estuvo presente o no hubo datos suficientes de muestras cuantitativas en ambos estratos considerados. Un resumen de las relaciones obtenidas de *D. acuminata* y *D. acuta* por localidad es el siguiente:

<i>D. acuminata</i> por localidad	Los Lagos			Ays3n			Magallanes		
	N	r	p	N	r	p	N	r	p
Toxicidad positiva vs									
Ab. Relativa	40	0,219	0,174	61	0,356	0,004**	48	0,214	0,142
Superficie-10 m	40	0,225	0,163	61	0,213	0,098	48	0,234	0,109
10-20m	40	-0,165	0,309	61	0,328	0,009**	48	0,093	0,529
<i>D. acuta</i> por localidad	Los Lagos			Ays3n			Magallanes		
	N	r	p	N	r	p	N	r	p
Toxicidad positiva vs									
Ab. relativa	40	-0,209	0,194	60	0,317	0,013*	48	0,44	0,001**
Superficie-10 m	40	-	-	60	0,221	0,089	48	-	-
10-20m	40	-	-	60	0,222	0,087	48	-	-



Los resultados, al utilizar la frecuencia de muestras positivas (toxicidad) por localidad (filas), muestran que para *D. acuminata* sólo se dispuso de evidencias para rechazar significativamente la hipótesis de independencia cuando éstas fueron contrastadas con la abundancia relativa y las densidades observadas en el estrato de 10 – 20 m de profundidad, ambas en la región de Aysén ($N=61$, $r = 0,356$, $p = 0,004$; $N=61$, $r = 0,328$, $p = 0,009$, respectivamente). Para *D. acuta* la situación no fue muy diferente en cuanto a número de relaciones significativas, pues sólo se apreció correlaciones significativas en la región de Aysén y Magallanes entre las frecuencias de muestras positivas y las sumatorias de las abundancias relativas ($N= 60$, $r = 0,317$, $p = 0,013$; $N= 48$, $r = 0,440$, $p = 0,001$, respectivamente).

Al relacionar las frecuencias de muestras con resultados positivos por período de muestreo (columnas) con las sumatorias de las abundancias relativas, densidades promedios estimadas para los estratos superficie -10 m y 10 – 20 m de profundidad, respectivamente, se aprecia que para *D. acuminata* hubo solo una correlación significativa entre el número de muestras positivas y la abundancia relativa y ocurrió en la región de Magallanes ($N= 10$, $r = 0,729$, $p = 0,016$).

Igualmente para el caso de *D. acuta*, solo se apreció una correlación significativa y ocurrió en la región de Aysén, entre las variables número de muestras positivas y densidad en el estrato superficie-10 m de profundidad ($N= 10$, $r = 0,741$, $p = 0,014$).

Un resumen de las relaciones obtenidas para *D. acuminata* y *D. acuta* por periodo de muestreo es el siguiente:

<i>D. acuminata</i> por periodo	Los Lagos			Aysén			Magallanes		
Toxicidad positiva vs	N	r	p	N	r	p	N	r	p
Ab. relativa	10	0,547	0,101	10	0,359	0,307	10	0,729	0,016*
Superficie-10 m	10	0,378	0,281	10	0,245	0,495	10	0,455	0,189
10-20m	10	0,576	0,081	10	0,021	0,953	10	0,523	0,121

<i>D. acuta</i> por periodo	Los lagos			Aysén			Magallanes		
Toxicidad positiva vs	N	r	p	N	r	p	N	r	p
Ab. relativa	10	0,349	0,322	10	0,591	0,071	10	0,19	
Superficie-10 m	10	-	-	10	0,741	0,014*	10	-	-
10-20m	10	-	-	10	0,467	0,173	10	-	-

5.3. Distribución geográfica y temporal del Veneno Amnésico de los Mariscos, abundancia relativa y densidad de *Pseudo-nitzschia australis* y *P. pseudodelicatissima*.

5.3.1. Veneno Amnésico de los Mariscos (VAM)

Análisis descriptivo

Durante el período diciembre 2008 - diciembre 2009 no se detectaron muestras con VAM cuantificable por cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC), para el sector geográfico entre



Cochamó (L02N2) en el Estuario de Reloncaví en la región de Los Lagos y Puerto Eugenia (M46) en el Canal Beagle en la región de Magallanes (Anexos 9-11), no obstante que hubo un número reducido de muestras con niveles trazas en el límite de detección del equipo en las regiones de Aysén y Magallanes.

En la región de Aysén, en diciembre de 2008 se detectaron seis muestras con niveles trazas (0,98%, n=610), distribuidas en un amplio sector de esta región, desde Melinka hasta el sector sur de Aysén continental. Las localidades que presentaron ácido domoico a nivel trazas, fueron Isla Ovalada (A05) del área de Melinka, Faro Marta – Canal Puyuhuapi (A20), Isla Elena (A25), Punta Lynch (A28), todas del área de Aysén continental y Playas Largas (A43) y Canal Carrera del Chivato (A44), ambas del área de Aysén insular. En la región de Magallanes, sólo el 0,42% de las muestras (dos casos, n=480) presentaron VAM a nivel de trazas, también durante diciembre 2008, en las localidades de Paso del Abismo (M24N) y Caleta Williams (M17), ambas establecidas en el área norte de esta región.

5.3.2. *Pseudo-nitzschia cf. australis* y *P. cf. pseudodelicatissima*: abundancia relativa, densidad y relaciones con toxicidad (VAM)

Abundancia relativa de *Pseudo-nitzschia cf. australis*

Esta especie presentó una amplia distribución en todas las áreas de muestreo de las tres regiones administrativas, pero una menor representatividad en las áreas centro y sur de la región de Magallanes (Figs. 105-118). En general mostró un patrón de abundancia relativa caracterizado por estimaciones medias altas en diciembre 2008, para luego disminuir entre febrero y septiembre, e incrementar nuevamente en la primavera 2009 (Fig. 108). Las estimaciones medias de abundancia relativa fueron similares entre regiones, aunque más baja en la región de Los Lagos.

Estadísticas abundancia relativa	Los Lagos	Aysén	Magallanes
Media	1,3	1,6	1,6
Error estándar	0,08	0,06	0,08
N	420	610	480

La proporción de muestras en que no estuvo presente esta microalga fue alta, siendo máxima en la región de Los Lagos (43,3%), seguida por la región de Magallanes (39,8%) y finalmente la región de Aysén (36,9%).

En la región de Los Lagos, un 37,7% de las observaciones estuvieron en las categorías de rara y escasa (niveles 1 y 2), y un 19,1% se distribuyó entre regular (nivel 3) e hiper abundante (nivel 7). Desde el punto de vista temporal durante diciembre 2008, estuvo presente en todos los sitios de muestreo, con una estimación media de $4,0 \pm 0,22$ (n=42) con la excepción de Isla Caicura (L06N1) y Caleta La Arena (L03). Por el contrario en septiembre 2009 presentó la menor representatividad, puesto que estuvo sólo en cuatro localidades, Calbuco (L04), Isla Chualín (L16N1), Punta Chiguao (L19) e Isla Laitec (L20N1), por lo que la abundancia relativa media disminuyó notoriamente ($0,1 \pm 0,06$). Las localidades que presentaron una abundancia relativa promedio ≥ 2 fueron Calbuco (L04),



Isla Guapiquilán 2 (L24N1), Isla Guapiquilán (24), Yelcho (L19N1), Canal Guamblad (L23N1), Isla San Pedro 2 (L23N2) e Inio (L22N2). Mientras que las localidades que presentaron las estimaciones más bajas ($<0,6$) fueron Sotomó (L02N1), Potrerillos (L03N1), Yates (L02), Cochamó (L02N2), Marimeli (L02N3) y Caleta La Arena (L03).

En la región de Aysén, durante diciembre también se presentó la distribución más amplia de este taxón, estando presente en todos los sitios de muestreo de esta región ($3,1 \pm 0,10$), en tanto que la estimación media más baja se observó en marzo 2009 ($0,3 \pm 0,09$) período en que estuvo sólo en catorce localidades (22,9%). Los sitios que presentaron las abundancias relativas medias más altas ($\geq 2,3$) fueron Isla Castillo (A47), Isla Canquenes (A26), Canal Chacabuco (A53), ubicadas en el área sur de Aysén continental e insular, además de Isla Zealous (A59) e Isla Orlebar (A55), ambas del área de Tortel. Las más bajas ($<0,6$) se presentaron en el área de Raúl Marín Balmaceda, Canal (A07), Añihué (A10), Laja Brazo Pillan 1 (A06) y Repollal – Estero Las Islas (A08). Durante el período de estudio, las estimaciones de abundancia relativa se distribuyeron en un 49,4% en las categorías de rara, escasa y regular (niveles 1, 2 y 3, respectivamente), siendo la última la más relevante (20,2%); las categorías de abundante y muy abundante (niveles 4 y 5) representaron un 13,8%.

En la región de Magallanes, si bien al iniciarse el estudio, la abundancia relativa media fue relativamente alta ($1,9 \pm 0,21$), el registro más alto se observó durante el último muestreo realizado en diciembre 2009 ($3,4 \pm 0,26$), siendo los meses de noviembre y diciembre (novenio y décimo cruceros) el período en que se presentaron menos localidades sin la presencia de esta especie, Bahía Fanny (M24) en el primero de estos meses, localidad a la cual se agregaron Isla Ballesteros (M23), Estero Silva Palma (M25) y Río Seco (M38), ubicadas en el área centro, con la excepción de M23 que está en el sector meridional del área norte. Las localidades que presentaron las abundancias relativas medias más altas ($\geq 2,5$) fueron Isla Topar (M11), Estero Ringdove (M25N) y Estero Penguin (M09) ubicadas en las áreas norte y centro, en tanto que aquellas que presentaron una abundancia relativa más baja ($<0,7$) fueron Estero Wickham (M26) y Estero Silva Palma (M25), ambas del área centro. La distribución de la abundancia relativa estimada representó un 43,9% en las categorías de rara, escasa y regular (niveles 1, 2 y 3), mientras que las tres categorías siguientes (niveles 4, 5 y 6) representaron un 15,9; el nivel de hiper abundante (nivel 7) representó sólo un 0,4%.

Densidad de *Pseudo-nitzschia cf. australis*

Esta microalga estuvo presente en las tres regiones monitoreadas (Fig. 118), aunque en densidades promedio muy diferentes entre regiones, como también entre estratos en las regiones de Aysén y Magallanes, siendo más amplia esta diferencia en el estrato de superficie. En ambos estratos se mantiene el mismo orden, según las estimaciones medias de densidad, siendo las más bajas en la región de Los Lagos y las más altas en la región de Aysén.

Las estimaciones en la región de Los Lagos fueron muy similares en ambos estratos, $705 \pm 123,4$ y $782 \pm 195,3$ cél·L⁻¹, respectivamente. En la región de Aysén la estimación promedio, fue notoriamente mayor en ambos estratos, con $45.399 \pm 7.370,5$ y $14.275 \pm 1.931,9$ cél·L⁻¹, respectivamente. En la región de Magallanes, también la diferencia entre ambos estratos fue



marcada, $31.206 \pm 9.508,5$ y $9.006 \pm 2.069,6$ cél·L⁻¹, respectivamente. El rango en el estrato superficial fue máximo en la región de Magallanes ($200 - 3.123.000$), siendo el valor más alto registrado en Ventisquero Holanda (M42) en diciembre de 2008 y mínimo en la región de Los Lagos ($100 - 23.900$) cuyo máximo fue registrado en Calbuco (L04) en el período fines de enero – mediados de febrero, las estimaciones en la región de Aysén variaron entre $100 - 2.280.000$, valor este último registrado en Isla Bobadilla – Seno Soto (A17) en el período mediados de abril – inicios de mayo. En el estrato de superficie, la región de Los Lagos fue la que presentó la mayor cantidad de localidades sin presencia de este taxón tanto en superficie como en el estrato profundo. En el estrato superficie – 10 m de profundidad, estuvo ausente en Yates (L02), Sotomó (L02N1), Marimeli (L02N3), Pocihuén (L02N4), Potrerillos (L03N1), Isla Mechuque (L08), Isla Butachauques (L09), Ayacara (L10), Isla Talcán 2 (L10N2), Canal Coldita (L19N2) y Canal Guamblad (L23N1), en cambio en el estrato profundo estuvo ausente en las mismas localidades, con la excepción de Yates, Sotomó, Potrerillos y Ayacara en que estuvo presente, pero estuvo ausente en Metri (L01), Caleta La Arena (L03) y Bahía Pumalín (L10N3). En la región de Aysén, se aprecia la mayor densidad de este taxón y estuvo presente, en ambos estratos, en las 61 localidades establecidas en esta región. En Magallanes, en el estrato superficial sólo estuvo ausente en Estero Silva Palma (M25) y en el estrato profundo se agregó además del sitio recién nombrado, Estero Wickham (M26).

En la región de Lagos en el estrato superficial, la densidad media de este taxón mostró una clara hipérbola, con máximo en diciembre 2008 y diciembre 2009; se apreció ausencia total en los muestreos entre mediados de mayo y fines de junio (quinto crucero) y en septiembre (séptimo crucero) y en el mes de julio (sexto crucero) la densidad media fue muy baja ($14 \pm 10,5$ cél·L⁻¹), período en que estuvo presente sólo en dos localidades Yelcho (L19N1) e Inio (L22N2) con densidades muy bajas, 400 y 200 cél·L⁻¹, respectivamente. En el mismo estrato, en la región de Aysén, las densidades medias de la densidad, también fueron máximas en los períodos de muestreo inicial y final, con declinaciones e incrementos de la densidad entre períodos de muestreo; la densidad más baja fue observada en el período entre inicios de junio y fines de julio (sexto crucero) con $203 \pm 73,3$ cél·L⁻¹. En la región de Magallanes, las densidades medias por período de muestreo, también mostraron una hipérbola, pero fue interrumpida por un incremento marcado de la densidad en la primera quincena de septiembre (séptimo crucero), la densidad más baja fue registrada a fines de fines de mayo – mediados de junio con una densidad media en el período de sólo $35 \pm 5,1$ cél·L⁻¹, como consecuencia de la presencia de esta microalga en sólo una localidad, Estero Penguin (M09), con 1.700 cél·L⁻¹.

En el estrato profundo, en la región de Los Lagos la densidad media mayor se presentó en Banco Velahue (L20N1) con $6.300 \pm 6.300,0$ cél·L⁻¹, estando ausente entre mediados de mayo y fines de septiembre (quinto al séptimo cruceros), con la excepción del período fines de julio – inicios de agosto (sexto crucero) en que estuvo presente sólo en dos localidades, Isla Guapiquilán (L24) y Ayacara (L10) con densidades de 100 y 200 cél·L⁻¹, por lo que la densidad media de este período fue de $7 \pm 5,4$ cél·L⁻¹. En la región de Aysén hubo tres localidades que presentaron una densidad media >60.000 , como Isla Julián (A30): $64.080 \pm 43.568,8$, Grupo Enjambre (A36): $60.090 \pm 41.105,6$ e Isla Sierra (A35): $60.020 \pm 41.328,4$ cél·L⁻¹, la densidad más baja se presentó en febrero (segundo crucero) con $2 \pm 1,6$ cél·L⁻¹, estimación que es explicada por la baja densidad observada



en Repollal – Canal Puquitr3n (A02) con 100 cél·L⁻¹. Finalmente en la regi3n de Magallanes, s3lo hubo una localidad que presento una densidad >60.000, Ventisquero Holanda (M42) con 74.618 ± 41.328,4 cél·L⁻¹, en tanto que en el per3odo fines de mayo – mediados de junio, esta microalga estuvo ausente.

Abundancia relativa de *Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*

Los resultados se presentan en las figuras 105-107 y 119-129. Esta especie en las tres regiones tuvo una frecuencia y abundancia relativa mayores a la de su cong3nere *P. cf australis*, particularmente en Los Lagos y Ays3n. Presenta una distribuci3n geogr3fica y temporal m3s amplia en estas regiones, en comparaci3n con Magallanes, donde fue menos frecuente y con una menor abundancia relativa. La mayor relevancia de esta microalga en Ays3n y Los Lagos, se aprecia en el promedio de la abundancia relativa estimada para cada regi3n. Los rangos en la abundancia relativa estuvieron entre 1 (rara) y 7 (hiper abundante) en las tres regiones (Figs. 105-107 y 119).

Estadísticas abundancia relativa	Los Lagos	Ays3n	Magallanes
Media	1,8	2,9	1,6
Error est3ndar	0,08	0,06	0,08
N	420	610	480

En la regi3n de Los Lagos, en general se aprecia que el grueso de las estimaciones de abundancia relativa estuvieron entre los niveles de rara y escasa (entre niveles 1 y 3), puesto que 65,0 % de las estimaciones estuvieron en dicho rango, en tanto que los tres niveles siguientes (abundante, muy abundante y extremadamente abundante) s3lo representaron un 12,4% del total de las observaciones en esta regi3n (n=420). S3lo un 1,4% estuvo en el nivel de hiper abundante (nivel 7). Las localidades que presentaron estas estimaciones fueron Calbuco (L04), Ayacara (L10), Hueihue (L06), Caleta La Arena (L03), Metri (L01 y Auchem3 (L17), con la excepci3n de esta 3ltima, todas est3n ubicadas en el sector septentrional del 3rea de estudio de esta regi3n. Durante el crucero de diciembre 2008 (primer crucero), este tax3n estuvo presente en todas las localidades (42 sitios) lapso que present3 una abundancia relativa media de 3,5 ± 0,11, en tanto que el crucero realizado en diciembre 2009 (3ltimo crucero) hubo un 59,5% de los sitios que no presentaron a esta microalga, proporci3n que paulatinamente fue incrementando desde septiembre (s3ptimo crucero) hacia fines de a3o. El mes de diciembre 2009 fue tambi3n el que present3 una estimaci3n de abundancia relativa media menor, 0,7 ± 0,15. En cuanto al comportamiento de la abundancia relativa por localidad, a lo largo del per3odo de estudio, hubo cuatro localidades que presentaron una abundancia relativa media >2,5, es el caso de Hueihue (L06): 3,1 ± 0,80, Calbuco (L04): 2,8 ± 0,71, Islas Butachauques (L09): 2,8 ± 0,61 e Isla Mechuque (L08): 2,7 ± 0,75. En el extremo opuesto, hubo dos localidades que presentaron las estimaciones medias m3s bajas (<1,0), ellas fueron Quetalmahue (L05): 0,9 ± 0,28 y Bah3a Asasao (L22): 0,9 ± 0,48.

En la regi3n de Ays3n, esta diatomea estuvo presente en todas las localidades establecidas (61 sitios) en diciembre 2008 (primer crucero) y en diciembre 2009 (d3cimo crucero), siendo este 3ltimo el per3odo que present3 la m3s alta estimaci3n media de la abundancia relativa: 4,6 ± 0,19, en tanto que la estimaci3n media m3s baja fue observada en septiembre (s3ptimo crucero) con 1,5 ± 0,13. El



lapso en que se presentó una mayor proporción de sitios sin la presencia de esta microalga, fue febrero (segundo crucero) en que un 65,5% de las localidades no presentaron a esta diatomea. En las categorías de rara, escasa y regular (niveles 1,2 y 3 de la escala de abundancia relativa) se presentó la mayor proporción de estimaciones, con un 49,8%, pero los tres niveles siguientes (abundante, muy abundante y extremadamente abundante) no disminuyeron drásticamente, presentando un 33,8%. El nivel de hiper abundante, en términos relativos, aunque es una fracción pequeña, también presentó, en términos relativos, una proporción destacable, 3,1%, categoría que fue observada en 18 localidades en el lapso entre fines de marzo e inicios de abril. Las localidades que presentaron a lo largo del período de estudio, las mayores estimaciones de abundancia relativa promedio ($>4,0$) fueron seis localidades, Seno Magdalena (A19): $4,4 \pm 0,60$, Isla Orestes (A23): $4,3 \pm 0,67$, Gama Zañartu – Canal Yacaf (A30): $4,1 \pm 0,43$, Isla San Andrés (A30): $4,1 \pm 0,77$, Isla Julián (A31): $4,1 \pm 0,71$ e Islas Huichas (A21): $4,1 \pm 0,60$. Las localidades que presentaron las menores estimaciones de abundancia relativa media ($<1,0$) fueron tres localidades Repollal – Estero Las Islas (A08): $0,9 \pm 0,38$, Canal (A07): $0,7 \pm 0,42$ y Laja Brazo Pillán (A06): $0,6 \pm 0,34$, todas del área de Raúl Marín Balmaceda.

En cuanto a la región de Magallanes, el período en que estuvo presente en más localidades fue en noviembre (novenno crucero), lapso en que estuvo ausente sólo en dos localidades: Río Seco (M38) y Estero Silva Palma (M25), presentando una abundancia relativa media de $2,7 \pm 0,17$, pero el período que presentó la mayor estimación, fue diciembre 2009 con $3,9 \pm 0,31$. En el período fines de abril – inicios de mayo (cuarto crucero) estuvo ausente de una proporción importante de localidades de muestreo de esta región: 34 sitios (70,8%). La distribución de las estimaciones estuvo concentrada en las tres primeras categorías de la escala de abundancia relativa (rara, escasa y regular) con un 45,1%, puesto que las tres categorías siguientes (abundante, muy abundante y extremadamente abundante) sólo representó un 15,8%. El nivel de hiper abundante (nivel 7) sólo representó el 0,8%. Por localidad, aquellas que presentaron las mayores estimaciones a lo largo del período estudiado, fueron siete localidades ($>2,5$), es el caso de Isla Topar (M11): $3,1 \pm 0,57$, Seno Ventisquero (M40): $2,8 \pm 0,73$, Bahía Liberta (M05): $2,6 \pm 0,62$, Estero Falcon (M08): $2,6 \pm 0,60$, Estero Ringdove (M25N): $2,6 \pm 0,69$, Estero Penguin (M09): $2,6 \pm 0,56$ y Seno Europa (M10): $2,6 \pm 0,62$. En tanto que las localidades que presentaron las abundancias relativas medias más bajas ($<0,6$) fueron cuatro localidades, Estero Wickham (M26): $0,5 \pm 0,40$, Río Seco (M38): $0,5 \pm 0,34$, Estero Silva Palma (M25): $0,3 \pm 0,21$ y Puerto Zenteno (M39): $0,2 \pm 0,20$.

Densidad de *Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*

La distribución de esta especie en las tres regiones es similar a la de su congénere *P. cf australis*, pero con rangos de densidad superiores en ambos estratos, en especial en la región de Aysén, en que las estimaciones son marcadamente más altas (Fig. 129). En general, las estimaciones promedio para el estrato superior para las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes fueron de $7.580 \pm 2.428,5$, $134.893 \pm 15.824,0$ y $51.812 \pm 11.947,6$ cél·L⁻¹, respectivamente, regiones en las que hubo además ausencias en un 47,4 (N=419), 28,2 (N=610) y 48,5% (N=480) de las muestras registradas en cada región, respectivamente, siendo notoriamente menor esta estimación para la región de Aysén, situación que también ocurre en el estrato de 10 – 20 m de profundidad. En el estrato inferior las estimaciones de densidad media general fueron más bajas. En este caso las



estimaciones medias fueron de $3.090 \pm 805,9$, $44.994 \pm 5.816,5$ y $29.775 \pm 7.773,7$ cél·L⁻¹, para las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, respectivamente, con ausencias en cada región de 45,0 (N=420), 37,5 (N=610) y 52,3% (N=480).

En el estrato superior el rango de las estimaciones fue más estrecho en la región de Los Lagos con valores entre 100 y 579.500 cél·L⁻¹, y similar entre las regiones de Aysén y Magallanes, 100 – 2.209.300 y 100 – 2.764.000, cél·L⁻¹, respectivamente. Las estimaciones superiores en cada región fueron registradas a Isla Caicura (L06N1) para la región de Los Lagos en el muestreo efectuado en septiembre (séptimo crucero); para la región de Aysén fue registrada en Isla Orestes (A23) en el muestreo realizado entre mediados de abril y mediados de mayo (tercer crucero), en tanto que en la región de Magallanes, este valor fue observado en Canal Adalberto (M04) en los muestreos entre inicios de octubre e inicios de diciembre (octavo y noveno cruceros). En el estrato inferior, el rango mayor fue registrado en la región de Magallanes y el menor en la región de Los Lagos. Estos tomaron valores de 100 – 265.000 cél·L⁻¹ en la región de Los Lagos, valor este último registrado en Metri (L01) en septiembre (séptimo crucero); en la región de Aysén el rango fue de 100 – 1.482.000 cél·L⁻¹, cuyo nivel superior fue registrado en Isla Orestes (A23) en el muestreo realizado en diciembre 2009 (décimo crucero); finalmente para la región de Magallanes, el rango fue de 100 – 2.358.700 cél·L⁻¹, cuyo máximo fue registrado en Puerto Williams (M45) en el muestreo efectuado diciembre 2008 (primer crucero) (Fig. 129; Anexos 42-71).

En el estrato superior de la región de Los Lagos, la estimación promedio más alta fue registrada en febrero (segundo crucero) con $11.955 \pm 9.167,7$ cél·L⁻¹, en tanto que las estimaciones más bajas se observaron desde mediados de mayo a fines de junio (cuarto crucero) con una densidad media de $688 \pm 501,3$ cél·L⁻¹. Las localidades que presentaron las densidades medias más altas (>50.000 cél·L⁻¹), considerando todos los muestreos en conjunto, fueron Isla Caicura (L06N1) con $64.210 \pm 57.340,3$, Caleta La Arena (L03) con $60.000 \pm 55.722,0$ y Metri (L01) con $50.040 \pm 42.095,9$ cél·L⁻¹, en tanto las más bajas (<150 cél·L⁻¹) fueron observadas en cuatro localidades, Canal Guamblad (L23N1): $130 \pm 84,4$, Pocolhuén (L02N4): $110 \pm 60,5$, Cochamó (L02N2): $50 \pm 50,0$ y Sotomó (L02N1): $40 \pm 30,6$ cél·L⁻¹. En el estrato de 10 – 20 m de profundidad, al considerar las localidades en conjunto para un mismo período de muestreo, la densidad más alta se observó en septiembre (séptimo crucero), con una densidad media de $13.698 \pm 7.306,1$ cél·L⁻¹. Por el contrario, la densidad más baja fue observada en septiembre (séptimo crucero) con una densidad media de $788,0 \pm 585,6$ cél·L⁻¹. La densidad media más alta por localidad (>20.000 cél·L⁻¹) se observó en Metri (L01) con $27.250 \pm 26.420,3$ cél·L⁻¹ y la más baja (<100 cél·L⁻¹) en Pocolhuén (L02N4) con $788 \pm 585,6$ cél·L⁻¹ (Fig. 129 y Anexos 42-51).

En la región de Aysén, en el estrato superior, al considerar en conjunto todos los sitios para un mismo período de muestreo, se aprecia que en otoño y primavera esta microalga presenta una mayor persistencia espacial y temporal, siendo la densidad mayor, la registrada entre mediados de abril – mediados de mayo (cuarto crucero) con $446.392 \pm 109.156,0$ cél·L⁻¹, en tanto que la más baja fue observada a fines de invierno en septiembre (séptimo crucero) con $125 \pm 34,7$ cél·L⁻¹. Las densidades medias más altas por localidad (>500.000 cél·L⁻¹) se registraron en tres localidades, Isla Orestes (A23): $648.900 \pm 296.183,4$, Isla San Andrés (A22) $572.740 \pm 272.785,9$ e Islas Huichas



(A31): $551.790 \pm 217.552,1$ cél·L⁻¹, en tanto que las más bajas (<3.000 cél·L⁻¹) fueron observadas en cuatro localidades, Puerto Barrientos (A03): $2.800 \pm 1.463,3$, Añihue (A03): $2.270 \pm 2.028,1$, Canal (A07): $1.710 \pm 1.125,9$ e Isla Virginia – Bahía Low $990 \pm 662,7$ cél·L⁻¹. En el estrato profundo, en diciembre 2009 (décimo crucero) se registró la densidad más alta con $193.575 \pm 42.102,1$ cél·L⁻¹, en tanto que la más baja ocurrió en septiembre, a fines de invierno (séptimo crucero) con $48 \pm 12,9$ cél·L⁻¹. Por localidad las densidades medias más altas (>200.000 cél·L⁻¹) se presentaron en tres sitios, Isla Orestes (A23): $287.060 \pm 153.744,8$, Isla Sierra (A35): $220.700 \pm 131.168,0$ e Islas Huichas (A31): $203.100 \pm 98.125,7$ cél·L⁻¹, mientras que las más bajas (<1.000 cél·L⁻¹) se presentaron en Puerto Barrientos (A03): $890 \pm 668,4$ e Isla Virginia - Bahía Low $450 \pm 198,5$ cél·L⁻¹ (Fig. 129 y Anexos 52-61).

En la región de Magallanes, al considerar todos los sitios de muestreo en conjunto, las densidades medias en el estrato de superficie – 10 m de profundidad, mostraron dos períodos en que se apreciaron las estimaciones más altas, el primero en la primavera 2008 en diciembre (primer crucero) y luego desde fines de invierno (septiembre, séptimo crucero) hasta diciembre 2009 (décimo crucero). La densidad mayor fue observada en diciembre 2008 con $121.283 \pm 10.538,5$ cél·L⁻¹, en tanto que la más baja fue de sólo $63 \pm 4,5$ cél·L⁻¹. Las densidades mayores (>400.000 cél·L⁻¹) se presentaron en dos localidades Canal Adalberto (M04): $610.368 \pm 363.056,3$ y Ventisquero Holanda (M42): $442.299 \pm 322.894,3$ cél·L⁻¹, en tanto que las más bajas (<1.000 cél·L⁻¹) estuvieron presentes en cuatro sitios de muestreo, Bahía Fanny (M24): $880 \pm 710,1$, Bahía Agua Fresca (M37): $463 \pm 297,1$, Estero Silva Palma (M25): $451 \pm 248,6$ y Río Seco (M38): $299 \pm 246,8$ cél·L⁻¹. En esta región y en este estrato hubo una localidad que presentó a esta diatomea en el fitoplancton cuantitativo, Estero Sullivan (M27), ubicada en el área centro de esta región. En el estrato 10 – 20 m de profundidad, la localidad que presentó la densidad media más alta (>200.000 cél·L⁻¹) fue Puerto Williams (M45) con una estimación de $269.299 \pm 233.399,4$ cél·L⁻¹ y aquellas que presentaron las más bajas (<500 cél·L⁻¹) fueron cuatro localidades, Estero Wickham (M26), Estero Silva Palma (M25), Estero Sullivan (M27) y Río Seco (M38) con densidades de $143 \pm 108,6$, $66 \pm 42,2$, $55 \pm 49,7$ y $22 \pm 19,9$ cél·L⁻¹, respectivamente (Fig. 129 y Anexos 62-71).

Relaciones de la abundancia relativa o densidad de *Pseudo-nitzschia cf. australis* o *P. cf. pseudodelicatissima* y toxicidad (VAM) en mariscos centinela

Aunque en una oportunidad previa se dispuso de una base de información que hizo posible aplicar un análisis de correlación por rangos (dos colas) entre la frecuencia de niveles trazas para una misma localidad a lo largo de los períodos de muestreo (entre filas) o la frecuencia de localidades con muestras con trazas en un mismo período de muestreo (entre columnas) y la abundancia relativa o densidad de estas especies de diatomeas, en esta ocasión la data es tan exigua que no permiten analizar estos antecedentes desde esa perspectiva.



5.4. Distribución geográfica y temporal de especies potencialmente tóxicas, abundancia relativa y densidad de *Protoceratium reticulatum* y *Alexandrium ostenfeldii* y relaciones de *P. reticulatum* con resultados positivos de bioensayos (VDM).

Abundancia relativa de *Protoceratium reticulatum*

Los resultados se presentan en las figuras 105-107 y 130-142. De las tres regiones monitoreadas entre diciembre de 2008 y enero de 2010, la región de Aysén fue la que presentó una mayor cobertura geográfica y temporal, estando presente en todos los sitios de muestreo, así como presentando niveles de abundancia relativa más altos, con un rango entre 1 (rara) y 7 (hiper abundante). Sólo algunas estaciones de las áreas Raúl Marín Balmaceda y Tortel en Aysén escaparon a esta cobertura estival o bien presentaron esporádicamente rangos de 1. La región de Los Lagos igualmente presentó rangos entre 1 (rara) y 7 (hiper abundante) aunque con una cobertura geográfica y temporal marcadamente menor, mientras que la región de Magallanes esta especie estuvo presente en una única estación (M01N1) durante el otoño tardío con un nivel de 1 (rara) (Fig. 130).

Las diferencias marcadas entre regiones se aprecian en el estimador del promedio total de la abundancia relativa, siendo de 1,3 para Aysén, 0,3 para Los Lagos y sólo de 0,0 para Magallanes. Tanto en Aysén como en Los Lagos, la especie se presentó en el verano en que se inició el periodo de muestreo anual y su cobertura geográfica en ambas regiones se prolongó hasta el otoño.

Análisis de conglomerados y MDS

Las estimaciones de abundancia relativa de este taxón, para el lapso diciembre 2008 – diciembre 2009 también fueron evaluadas sobre la base de un análisis de conglomerados, MDS y prueba SIMPROF. El nivel de significancia de los grupos resultantes fue del 5%, considerando como variable de agrupación u ordenamiento de las localidades, los diferentes periodos de muestreo realizados dentro del año. Los resultados se presentan en las figuras 138-141.

En el caso de *P. reticulatum*, los conglomerados que agruparon el mayor número de estaciones resultaron ser 6 en la región de Los Lagos, 7 en la región de Aysén y 1 en la región de Magallanes. Los rangos de las sumatorias de las respectivas abundancias relativas para el grupo que reunió la mayor cantidad de estaciones en cada una de las regiones mencionadas fue: grupo x (amarillo) con ausencia de esta especie; grupo g (verde oscuro) 10-21 y grupo x (amarillo) con ausencia de esta especie, respectivamente.

Densidad de *Protoceratium reticulatum*

Para el periodo de estudio, este taxón estuvo ausente en las muestras de fitoplancton cuantitativo de las regiones de Magallanes, mientras que en la región de Aysén tuvo una mayor representatividad, tanto por que estuvo presente en una mayor cantidad de sitios de muestreo como por que alcanzó densidades más altas (Fig. 142). Ello se aprecia en las estimaciones del promedio general de la densidad en el estrato de superficie – 10 m de profundidad en que alcanzó 381 cél·L⁻¹ en tanto que en el estrato profundo fue de 80 cél·L⁻¹. En el estrato superior las densidades variaron entre 100 y



18.200 cél L^{-1} , mientras que en el estrato inferior fue de 100 y 5.400 cél L^{-1} . Las densidades mayores se presentaron durante el verano en que se inició el periodo de muestreo. En el caso de la región de Los Lagos, las densidades de esta especie en ambos estratos (rangos 100-2.600 y 100-6.400 cél L^{-1} , respectivamente) se presentaron también en el verano en que se inició el periodo de muestreo aunque fueron muy localizadas: en las estaciones del área del estuario y seno de Reloncaví principalmente.

Relaciones de la abundancia relativa o densidad de *Protoceratium reticulatum* y resultados positivos (VDM) en mariscos centinela

Como es conocido, la evaluación de las toxinas diarreogénicas se efectúa mediante el bioensayo ratón, cuyos resultados son cualitativos (positivo o negativo), pero es factible la presencia de falsos positivos derivado de la presencia de otras toxinas lipofílicas, como es el caso de las yessotoxinas, cuya fuente primaria en otras regiones del planeta es *Protoceratium reticulatum*, microalga que está presente en el área de estudio, particularmente en la región de Aysén. Es por ello que se realizó, al igual que el para el caso de las *Dinophysis acuminata* y *D. acuta*, correlaciones entre las frecuencia de muestras positivas y la sumatoria de abundancias relativas, promedios de superficie-10 m y 10-20 m de profundidad por localidad (filas) y por periodos de muestreo (columnas) según se han dispuesto las tablas para estos efectos (Anexos 5-8).

Las situaciones contrastadas (filas y columnas) se evaluaron mediante la prueba de correlaciones por rangos no paramétrica de Spearman, con la hipótesis de independencia entre ambas variables, i.e. que no están correlacionadas. Los antecedentes usados para estos efectos corresponden a la información recogida en la región de Aysén y Los Lagos, por presentar un cúmulo de antecedentes estadísticamente analizables.

Los resultados, al utilizar la frecuencia de muestras positivas (toxicidad) vs la abundancia relativa y densidad en ambos estratos para *P. reticulatum*, muestran que no existe independencia entre las variables contrastadas. Por el contrario, las relaciones entre estas variables son altamente significativas en las regiones de Los Lagos y Aysén, incluso al menos con una magnitud mayor de significancia que para el caso de *D. acuminata*. Un resumen de los resultados se muestra como sigue:

<i>P. reticulatum</i> por localidad	Los Lagos			Aysén		
	N	r	P	N	r	p
Toxicidad positiva vs						
Ab. relativa	40	0509	0.001***	57	0.600	0.000***
Superficie-10m	40	0.499	0.001***	61	0.546	0.000***
10-20m	40	0.342	0.03 *	61	0.612	0.000***

Por el contrario, al relacionar las frecuencias de muestras con resultados positivos por período de muestreo (columnas) vs las sumatorias de las abundancias relativas y las densidades promedios estimadas para los estratos superficie -10 m y 10 – 20 m de profundidad de *P. reticulatum*, respectivamente, no es posible rechazar la hipótesis nula, puesto que ninguna de las relaciones fue



significativa para ninguna de las dos regiones. Aún así, fue posible observar índices de correlación altos en la región de Aysén no así en la región de Los Lagos.

<i>P. reticulatum</i> por periodo	Los Lagos			Aysén		
Toxicidad positiva vs	N	r	P	N	r	p
Ab. relativa	10	0.451	0.190	10	0.620	0.055
Superficie-10m	10	0.239	0.505	10	0.538	0.108
10-20m	10	0.299	0.401	10	0.603	0.065

En resumen, fue posible observar que la magnitud de las correlaciones en todos los casos fue superior entre localidades que entre periodos de muestreo tanto en las regiones de Aysén como en Los Lagos.

Abundancia relativa de *Alexandrium ostenfeldii*

Sólo fue observada en las regiones de Los Lagos y Aysén, pues Magallanes en esta oportunidad estuvo ausente (Figs. 105-107 y 143-149). En la primera de estas regiones fue registrada desde septiembre a diciembre (séptimo a décimo cruceros) en los niveles de rara y escasa (niveles 1 y 2), con un 11,5% de las observaciones, pues desde diciembre 2008 a fines de agosto estuvo ausente. El 11% de los registros corresponde al nivel de rara (nivel 1). Hubo 15 localidades en que no estuvo presente en todo el período de estudio. La mayor abundancia relativa media fue registrada para Metri (L01) con $0,3 \pm 0,21$. La mayor abundancia relativa media fue registrada en octubre (octavo crucero) con $0,5 \pm 0,09$. En la región de Aysén, sólo estuvo presente en 14 localidades, y un 2,3% de las observaciones fueron en la categoría de rara (nivel 1) de la escala de abundancia relativa. Desde mediados de junio hasta fines de julio estuvo presente en 5 localidades con una densidad media total de $0,1 \pm 0,04$.

Densidad de *Alexandrium ostenfeldii*

Presentó densidades muy bajas y sólo fue registrada en las muestras recolectadas en la región de Aysén. En esta región, estuvo en ambos estratos, siendo contabilizada entre 100 – 300 cél·L⁻¹, en 32 localidades en el estrato de superficie. Durante los cruceros efectuados en febrero y hasta mediados de abril (segundo y tercer cruceros) este taxón estuvo ausente de las muestras cuantitativas. El período en que presentó la densidad media más alta fue en noviembre (noveno crucero) con $23 \pm 6,8$ cél·L⁻¹, siendo Canal Carrera del Chivato (A44) la localidad que presentó la densidad media más alta $40 \pm 30,6$ 100 cél·L⁻¹. En el estrato profundo fue cuantificada sólo en 15 localidades con un rango muy estrecho entre 100 – 200 cél·L⁻¹, cuya densidad mayor fue registrada en noviembre (noveno crucero) con $10 \pm 3,8$ cél·L⁻¹, en tanto que estuvo ausente de las muestras cuantitativas desde mediados de mayo hasta fines de septiembre (quinto a séptimo cruceros) (Fig. 150; Anexos 42-71).



5.5. Análisis del Fitoplancton, Clorofila y Zooplancton

5.5.1 Fitoplancton cualitativo

La información referente al fitoplancton cualitativo se entrega en los Anexos 12 al 41 y Tablas 20 a 22. Durante el período estudiado que abarca entre diciembre de 2008 y enero de 2010 se registraron 275 taxa, de los cuales 157 fueron diatomeas, 112 dinoflagelados, 3 silicoflagelados y 3 taxa de otros grupos taxonómicos; reflejando la mayor preponderancia de las diatomeas por sobre los dinoflagelados en la mayoría de las estaciones. En líneas generales, y como se ha observado en monitoreos previos, se aprecia claramente un fitoplancton con mayor riqueza de especies y una mayor frecuencia de aparición de los taxones en las regiones de Los Lagos y Aysén en comparación con la región de Magallanes. Sin embargo, a diferencia de los períodos de monitoreo anteriores, es en la región de Magallanes donde se alcanzó el mayor número total de taxa detectado correspondiente a 200, mientras que para las regiones de Los Lagos y Aysén se alcanzó 192 y 194 taxa total, respectivamente.

En la región de Los Lagos el número máximo de taxa fue de 84 en la estación L13 (I. Chaulinec) durante octubre de 2009 (octavo crucero, primavera), y el mínimo se obtuvo en Yates (L02), con sólo 11 taxa en diciembre de 2009 (décimo crucero, primavera). Los promedios de riqueza específica, considerando todas las localidades en conjunto por período de muestreo, variaron entre 36 (enero y febrero de 2009-segundo crucero) y 60 especies (octubre de 2009, octavo crucero), con un valor medio de 47 especies, para todo el período de muestreo. En general, y concordando con lo detectado en los monitoreos previos, se observó que las estaciones con mayor número de taxa por crucero y promedio se concentraron en el área de Chiloé Norte y Centro, y parte de Chiloé Sur; mientras que los mínimos se concentran en general en el área del Estuario y Seno Reloncaví, especialmente durante los últimos cruces (septiembre 2009 a enero 2010). Las especies con la mayor frecuencia de aparición ($f=100\%$) fueron: *Rhizosolenia setigera*, *Thalassionema nitzschioides*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Coscinodiscus cf. radiatus*, *Thalassiosira eccentrica*, *Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*, *P. cf. pungens*, *Corethron pennatum* y *Stephanopyxis cf. nipponica* dentro de las diatomeas; *Protoperidinium spp.*, *P. cf. obtusum*, *P. cf. pellucidum* y *Preperidinium meunieri* dentro de los dinoflagelados; de todos ellos, destaca la diatomea *Thalassionema nitzschioides* y el género de dinoflagelado *Protoperidinium spp.*, los cuales presentaron máximas frecuencias en la mayoría de los cruces realizados en la región (Tabla 20, Anexos 12-21). Dentro de las especies nocivas o potencialmente nocivas que presentaron elevados porcentajes de cobertura espacial en los cruces destacan *Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima* y *P. cf. australis*, y el dinoflagelado *Dinophysis acuminata*. Cabe destacar además la notoria presencia del dinoflagelado *Prorocentrum micans*, el cual cubrió más de un 90% de las estaciones con su presencia durante marzo-mayo 2009 (tercer y cuarto cruces), debido al desarrollo de una floración de gran extensión, la cual se inició en el sector aledaño al estuario del Reloncaví y logró extenderse, pero en menor intensidad, hasta localidades tan alejadas como B. Tic Toc, en Palena.



La región de Aysén registró un máximo de 77 taxa en la estación A24 (Cinco Hermanas) durante diciembre de 2008 (primer crucero, primavera) y un mínimo de 8 taxa, registrado en la estación A07 (Canal), durante julio-agosto de 2009 (sexto crucero). La fluctuación del promedio de riqueza específica por período de muestreo, tiene como límite inferior y superior a 32 (septiembre de 2009) y 58 especies (diciembre de 2008), respectivamente, con un valor medio de 41 taxa para todo el período de muestreo. El área Sur insular, junto con el área de Tortel, fueron las que presentaron los mayores valores promedio de riqueza específica por crucero y para el período en general, mientras que los mínimos se concentraron particularmente en el área de Raúl Marín Balmaceda. Las especies que alcanzaron el 100% de cobertura espacial, fueron ***Pseudo-nitzschia cf. australis***, ***P. cf. pseudodelicatissima*** y ***Dinophysis acuminata***, lo cual ocurrió sólo en los cruceros de diciembre de 2008 y diciembre de 2009; mientras que en los siguientes períodos de muestreo estas taxa aún mantuvieron elevadas frecuencias (sobre el 90%); por su parte los dinoflagelados nocivos o potencialmente nocivos ***Alexandrium catenella***, ***Dinophysis acuta*** y ***Protoceratium reticulatum*** también aparecieron en algunos cruceros abarcando más del 85% de las estaciones muestreadas, la primera de éstas, aparece con un 85% de frecuencia en el crucero de enero-marzo (segundo crucero), como consecuencia de la intensa floración que se generó y se extendió en gran parte de las estaciones contempladas en el monitoreo; mientras que en los cruceros de junio-julio 2009 (sexto crucero) y septiembre 2009 (séptimo crucero), no se registró una cobertura importante de estas especies (Tabla 21, Anexos 22-31).

La región de Magallanes presentó el menor número de taxa, registrándose un mínimo de una especie en la estación M44 (Pto. Navarino) durante mayo-junio de 2009 (quinto crucero); el máximo también alcanzó un valor bastante inferior al de las otras dos regiones, de sólo 56 taxa en las estaciones E. Ringdove (M25N) y C. Adalberto (M04), ubicadas en el área norte de la región, en los cruceros del mes de octubre y noviembre de 2009, respectivamente. Por lo mismo, los promedios por crucero y general, no superaron los 33 taxa por período de muestreo, valor registrado durante el mes de octubre de 2009 (octavo crucero); mientras que el promedio mínimo de 13 taxa se detectó durante los cruceros de marzo y mayo-junio de 2009 (cuarto y quinto crucero, respectivamente). Se observa claramente además que las estaciones con mayor número de taxa se concentran en el área norte de la región, situación que se repite desde el inicio del programa de monitoreo. Sólo en los cruceros posteriores a agosto de 2009 se alcanzó valores superiores al 85% de cobertura geográfica por especies. Las especies con mayores frecuencias de aparición por crucero y que se presentaron en al menos 3 de éstos fueron: ***Skeletonema costatum***, ***Pseudo-nitzschia cf. australis***, ***P. cf. pseudodelicatissima***, ***Thalassionema nitzschiioides***, ***Ceratium pentagonum*** y ***Dictyocha speculum***. Aparte de las diatomeas del género ***Pseudo-nitzschia***, otras especies nocivas o potencialmente nocivas que aparecieron con mayor frecuencia en algunos cruceros del período son ***Alexandrium catenella*** y ***Dinophysis acuminata*** (noviembre-diciembre 2009, noveno crucero), lo cual coincide con la floración de ***A. catenella*** ocurrida en algunos sectores de la región (Tabla 22, Anexos 32-41).



5.5.2 Fitoplancton cuantitativo

Durante el periodo de estudio, que abarca diciembre de 2008 a enero de 2010 (Anexos 42-71) ha sido posible constatar que en la región de Los Lagos se presentan las concentraciones más altas de fitoplancton en comparación con las regiones de Aysén y Magallanes. Ello se explica principalmente por la abundancia de las diatomeas que predominan por sobre el grupo de dinoflagelados y otros taxa. En general, los dinoflagelados incrementaron su representatividad en los periodos de menor abundancia total, debido a la baja en la concentración de las diatomeas.

En términos cuantitativos el fitoplancton fue más abundante en el estrato 0-10m que en el estrato 10-20m y su concentración descendió gradualmente con la latitud. Las concentraciones más elevadas se encontraron en el Estuario de Reloncaví en el estrato superficial, particularmente en las estaciones de Pocolihué (L02N4), Marimeli (L02N3), Cochamó (L02N2), Sotomó (L02N1), Protrerrillos (L03N1) y Yates (L02) cuyos niveles anuales medios alcanzaron los 6.651.220 cél·L⁻¹, 5.931.240 cél·L⁻¹, 5.220.160 cél·L⁻¹, 4.226.240 cél·L⁻¹, 3.388.300 cél·L⁻¹ y 3.158.510 cél·L⁻¹, respectivamente, si se compara con el resto de las estaciones cuyas concentraciones anuales promedio no superaron los 2.500.000 cél·L⁻¹. También fue evidente que las mayores concentraciones tanto en Los Lagos como en Magallanes se manifestaron durante primavera y verano, mientras que en Aysén las máximas promedio se registraron durante el otoño (marzo y abril).

En Los Lagos, los niveles de fitoplancton en la porción superior (0-10m) variaron en un rango entre 400 y 22.646.200 cél·L⁻¹ en tanto que el promedio fue 982.086 ($\pm 124.358,29$ error estándar) cél·L⁻¹ y en la porción inferior (10-20m) las concentraciones variaron entre 400 y 14.775.200 cél·L⁻¹ mientras que el promedio estuvo en 283.552 ($\pm 47.561, 95$) cél·L⁻¹. En Aysén, las concentraciones extremas presentes en la fracción superior fluctuaron entre 200 y 7.641.700 cél·L⁻¹ y el promedio estuvo en 864.230 ($\pm 46.178,46$) cél·L⁻¹, mientras que en la fracción inferior los niveles de fitoplancton variaron entre 200 y 4.091.000 cél·L⁻¹ con un promedio de 425.286 ($\pm 25.279,85$) cél·L⁻¹. Por último en Magallanes el fitoplancton en el estrato superior varió entre 100 y 10.120.600 cél·L⁻¹ con un promedio de 467.667 ($\pm 45.867,06$) cél·L⁻¹, mientras que en el estrato inferior esta variable fluctuó entre 100 y 7.161.700 cél·L⁻¹ en tanto que el promedio fue 262.744 ($\pm 29.473,61$) cél·L⁻¹.

El grupo más representado corresponde a las diatomeas con 99,14% de representación en Los Lagos, 97,89% en Aysén y 99,66% en Magallanes, seguido por los dinoflagelados cuya representación corresponde a 0,82% en Los Lagos, 2,10% en Aysén y 0,33% en Magallanes. El resto lo completan los silicoflagelados y otros grupos, que no superan el 0,04%.

En términos generales las especies más abundante fueron *Skeletonema costatum* seguido por *P. cf. pseudodelicatissima* y en términos específicos considerando los valores promedios, en Los Lagos tomando en cuenta ambas porciones muestreadas (0-10 y 10-20m) la especie *Skeletonema costatum* fue la más abundante con 3.119.237 cél·L⁻¹ y 572.780 cél·L⁻¹, respectivamente, seguido por varias especies de *Chaetoceros spp.* con 131.412 en el estrato superior y *Chaetoceros*



sociales con 96.896 cél·L⁻¹ en el estrato inferior. ***Skeletonema costatum*** también fue la especie más abundante en ambos estratos muestreados de la región de Aysén con 1.807.876 cél·L⁻¹ en la porción 0-10m y 1.042.495 cél·L⁻¹ en la fracción 10-20m, seguido por ***P. cf. pseudodelicatissima*** que en la fracción superior presentó un valor promedio de 822.847 cél·L⁻¹ y en la fracción inferior mostró un promedio de 274.463 cél·L⁻¹. Finalmente, en Magallanes la especie más abundante en ambos estratos fue ***P. cf. pseudodelicatissima*** con un valor promedio en el estrato superior de 254.717 cél·L⁻¹ y en la porción inferior presentó un valor promedio de 145.015 cél·L⁻¹, seguido por la especie ***Chaetoceros radicans*** cuyo valor en el estrato superior fue de 221.984 cél·L⁻¹, en tanto que en el estrato inferior la segunda especie de importancia fue ***Chaetoceros debilis*** con un valor promedio de 141.859 cél·L⁻¹.

En la región de los Lagos, se observa que durante los meses de primavera se presentaron las densidades más altas de fitoplancton, con la predominancia de diatomeas. A medida que avanza a los meses de verano las densidades disminuyen como también el grupo de las diatomeas y contrario a esto, los dinoflagelados aumentan rápidamente durante los meses de enero y febrero de 2009 (segundo crucero), superando de manera importante al grupo de las diatomeas. Posteriormente las densidades de los dinoflagelados disminuyen drásticamente, dominando nuevamente las diatomeas. Las densidades más bajas se presentan en otoño e invierno, la mínima se presentó en los meses de mayo - junio de 2009 (quinto crucero). A medida que se avanza a los meses de primavera se vuelve a observar un aumento del fitoplancton total, destacándose el grupo de las diatomeas. Un análisis más minucioso del fitoplancton reveló que en la región de los Lagos, se observaron durante todo el periodo de estudio altas densidades de la diatomea ***Skeletonema costatum***. En el primer crucero (diciembre 2008, Anexo 42) esta microalga registró 14.672.000 cél·L⁻¹ en la estación Pocolhuen (L02N4) en el estrato de 10 a 20 metros de profundidad. Durante este crucero la diatomea ***Detonula pumila*** registró la concentración más alta en Quetalmahue (L05) con 6.068.700 cél·L⁻¹ en el segundo crucero (febrero 2009, Anexo 28). Por otro lado, se observa la presencia del dinoflagelado ***Prorocentrum micans*** que se registró con densidades que llegaron a 663.300 cél·L⁻¹ en la estación Potrerillos (L03N1). El dinoflagelado tóxico ***Alexandrium catenella*** se presentó durante el cuarto crucero (Abril 2009, Anexo 45), pero con densidades máximas de 800 cél·L⁻¹ en la estación C. Guamblad (L23N1) en el estrato superficial. Durante el quinto crucero (mayo 2009, Anexo 46) la diatomea ***Navicula spp.***, predomina alcanzando la máxima concentración 66.600 cél·L⁻¹ en la estación Pumalín (L10N3). Desde el sexto crucero en adelante (agosto de 2009, Anexo 47) se observa que nuevamente predomina ***S. costatum*** alcanzando la concentración más alta en la estación Marimeli (L02N3) con 22.188.400 cél·L⁻¹ en el estrato superficial durante el séptimo crucero (septiembre 2009, Anexo 48). Esta microalga se presentó principalmente en el área del estuario de Reloncaví. Similares concentraciones se registraron durante el octavo crucero (octubre 2009, Anexo 49) con 19.352.600 cél·L⁻¹ en el estrato superficial en la estación Pocolhuen (L02N4). En el noveno y décimo crucero (noviembre 2009, Anexo 50 y diciembre 2009, Anexo 51) las densidades máximas se presentaron en Cochamó (L02N2) con 11.889.000 cél·L⁻¹ y 12.375.700 cél·L⁻¹ respectivamente.

En la región de Aysén, con relación a la variación numérica, se observa que al inicio del monitoreo se presentan valores elevados del fitoplancton total concordantes con la época estival, para luego disminuir drásticamente en el segundo crucero (febrero), debido a la importante baja en el número



de diatomeas y un explosivo crecimiento de los dinoflagelados, durante los meses de enero y febrero de 2009, luego en los cruceros de marzo y abril nuevamente aumenta el número del fitoplancton, registrando la densidad máxima en el mes de abril. En los cruceros de otoño e invierno se producen las densidades mas bajas de fitoplancton (mayo – septiembre) para luego aumentar nuevamente en los cruceros de primavera. Al realizar un análisis detallado de las variaciones de la densidad por crucero, se observa que durante el primer crucero (diciembre 2008, Anexo 52) la diatomea ***Asterionellopsis glacialis*** predomina alcanzando $3.616.100 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$. La densidad máxima de fitoplancton se presentó en la estación C. Darwin (A49), llegando a $5.346.500 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$. En el segundo crucero (febrero 2009, Anexo 53) se observa una importante baja en la densidades de las diatomeas. Las especies que tuvieron mayor importancia fueron ***E. zodiacus***, con $1.468.300 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$ en el estrato superficial, en la estación Repollal- C. Puquitrín (A02). Concentraciones similares presentó ***S. costatum***, la máxima fue de $1.477.400 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$ en I. Toto (A13). Cabe destacar las altas concentraciones registradas del dinoflagelado tóxico ***A. catenella***, observadas en el área sur Insular y sur continental de la región con la máxima densidad de $538.000 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$ en la estación en C. Chacabuco (A53), llegando incluso a superar cuantitativamente al grupo de las diatomeas. Durante el tercer crucero (marzo 2009, Anexo 54) se observa aumento del fitoplancton la concentración máxima fue de $4.060.700 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$ en la estación G. Enjambre (A36), debido principalmente a la diatomea ***Pseudo-nitzschia cf. australis***, que alcanzó $1.840.000 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$. El dinoflagelado ***A. catenella***, nuevamente se presenta, pero en el área del norte de Melinka, alcanzando altas concentraciones, desde Isla Orestes (A23) hasta I. Rojas- Paso Tres Cruces (A54) y en el sur insular de Aysén con densidades menores. La máxima alcanzó $1.132.200 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$ en Pto. Barrientos (A03) en el norte de Melinka, superando mayoritariamente al grupo de las diatomeas. La concentración más alta de fitoplancton se presentó en el cuarto crucero (abril 2009, Anexo 55) alcanzando $7.641.700 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$ en I. Bobadilla- S. Soto (A17), las diatomeas que destacaron debido a las altas densidades fueron ***P. cf. pseudodelicatissima*** y ***P. cf. australis*** con $3.971.800 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$ y $2.280.000 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$ respectivamente. El dinoflagelado tóxico ***A. catenella*** presenta su máxima densidad en la estación C. Chacabuco (A53) con $6.000 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$, en el estrato superficial. Durante el quinto crucero (mayo 2009, Anexo 56) se observa disminución en las densidades del fitoplancton, la máxima alcanzó $1.308.400 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$ en estación I. Huichas (A31). En el sexto crucero (junio-julio 2009, Anexo 57) la concentración mas alta llegó a $4.430.200 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$ en la estación I. Orestes (A23), debido principalmente a ***S. costatum***, que se presenta con altas densidades hasta el crucero de octubre. Durante el séptimo crucero (septiembre, Anexo 58) la concentración mas alta se registró en I. San Andrés (A22) con $5.785.400 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$. Similar densidad se registró en la estación Pto. Amparo (A21) con $4.292.700 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$ durante el octavo crucero (octubre, Anexo 59). En los dos últimos cruceros las densidades máximas fueron $2.977.200 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$ en I. Palumbo (A48) y $3.028.100 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$ en I. Julián (A30) predominando en estos cruceros ***P. cf. pseudodelicatissima*** con densidades que superan $1.500.000 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$. Durante el noveno y décimo cruceros (noviembre 2009, Anexo 60 y diciembre 2009, Anexo 61). ***A. catenella*** se continuó observando en Aysén, con densidades inferiores a $2.000 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$.

Con respecto a Magallanes, sus abundancias promedio fueron mas bajas en toda el área de estudio. Las densidades más altas de fitoplancton se presentan en los meses de primavera, aunque la máxima densidad se registró a principios de septiembre. Luego las densidades disminuyen entre



finés de marzo hasta el crucero de julio y agosto (sexto crucero) con la mínima densidad en el crucero de mayo- junio de 2009 (quinto crucero). El grupo de las diatomeas predomina en todo el periodo de estudio, en el octavo crucero (octubre 2009) el número de diatomeas se mantiene y se observa un aumento importante de dinoflagelados tanto en el estrato superficial como de 10 a 20 mts. En esta región, las diatomeas registraron una densidad máxima de 10.120.600 cél·L⁻¹ en la estación de Pto. Navarino (M44) durante el primer crucero (diciembre 2008, Anexo 62) y representadas mayoritariamente por la especie *Thalassiosira. cf. mendiolana* con 10.015.000 cél·L⁻¹ en el estrato de superficial. El grupo de los dinoflagelados presentó su densidad máxima de 70.200 cél·L⁻¹, destacándose *Ceratium lineatum* con 34.400 cél·L⁻¹ en la estación Pto. Eugenia (M46). Durante el segundo crucero (febrero 2009, Anexo 63), la diatomea *Chaetoceros radicans* predominó en el área norte de la región de Magallanes con concentraciones máximas de 2.126.200 cél·L⁻¹ en el estrato superficial, en la estación Paso del abismo (M24N). La diatomea *S. costatum* presentó la densidad más alta durante el tercer crucero (marzo de 2009, Anexo 64) con 125.400 cél·L⁻¹ en la estación B. Liberta (M05). La diatomea *Leptocylindrus minimus* predominó en el cuarto crucero (abril de 2009, Anexo 65) con una densidad máxima de 387.400 cél·L⁻¹ en Pto. Fontaine (M21). En esta misma estación se registró el dinoflagelados tóxico *Dinophysis acuta* con 200 cél·L⁻¹. La mínima densidad se presentó en la estación Pto. Edén (M06) con 9.500 cél·L⁻¹ durante el quinto crucero (mayo 2009 Anexo 66). La concentración de *P. cf. pseudodelicatissima*, durante el sexto crucero (julio 2009, Anexo 67), alcanzó el máximo de 7.100 cél·L⁻¹ en la estación E. Falcón (M08). Durante los cruceros séptimo al décimo se observa aumento de diatomeas, destacándose *Ch. didymus*, *Ch. debilis*, *P. cf. pseudodelicatissima*, *T. minuscula*, *P. australis*, *S. costatum*, *Guinardia delicatula*, *Ch. radicans* y *Ch. socialis*, las que presentaron densidades superiores a 700.000 cél·L⁻¹, durante el séptimo (septiembre 2009, Anexo 68) y el octavo crucero (octubre 2009, Anexo 69). *Ch. socialis* presenta la densidad más alta de 3.166.200 cél·L⁻¹ en I. Ballesteros (M23) durante el décimo crucero. Se destaca la presencia de *A. catenella* a partir del séptimo crucero que registra un máximo de 90.900 cél·L⁻¹ durante el octavo crucero (octubre 2009, Anexo 69) en la estación Cta. Williams (M17). Del mismo modo, en el décimo crucero se observa alta concentración de este dinoflagelado alcanzando 44.400 cél·L⁻¹ en la estación I. Larga (M20) en el área norte de la región.

Un análisis detallado del comportamiento de la densidad de los siete taxones considerados nocivos o potencialmente nocivos en este estudio, se entrega en la parte inicial de los resultados.

5.5.3 Índice G

Los resultados se presentan en la figura 151. Durante este período, al igual que en los períodos anteriores, se evidencia un predominio absoluto de las diatomeas por sobre los dinoflagelados en las tres regiones muestreadas. Asimismo, se observó una tendencia a aumentar el número de muestras con valores negativos del índice, asociadas a un predominio de los dinoflagelados por sobre las diatomeas, hacia las regiones del sur, a la vez que los valores registrados en Magallanes fueron más negativos, alcanzando dominancia total de los dinoflagelados en algunas estaciones de dicha región.

En Los Lagos, se presentaron valores levemente negativos del índice G (entre -0,01 y -0,25) en



algunas estaciones especialmente dentro del área Seno y Estuario Reloncaví, durante verano, principios de otoño y primavera de 2009. En el resto de las estaciones y períodos de la región, predominan valores levemente a moderadamente positivos (0,01 a 0,50), y una mayor concentración de valores altamente positivos (0,76 – 1,00) en el área Palena y Chiloé Centro durante el verano al invierno de 2009 (enero-febrero a agosto 2009).

En la región de Aysén también se apreció una dominancia importante de las diatomeas por sobre los dinoflagelados, no obstante que en esta región hubo más situaciones con predominio en la riqueza de especies por parte de los dinoflagelados, en estaciones de casi todas las áreas definidas para la región, con excepción de Tortel, y especialmente con mayor frecuencia e intensidad en las áreas de Melinka y Litoral Continental, durante los dos primeros cruceros que abarcaron fines de primavera de 2008 y verano de 2009. Con posterioridad a estos cruceros y coincidiendo con el inicio del período de otoño e invierno, esta área también tendió a aumentar la predominancia de las diatomeas, alcanzando niveles elevados de dominancia de este grupo taxonómico en las áreas de Melinka y Raúl Marín Balmaceda, durante los cruceros realizados en los primeros meses del otoño e invierno de 2009 (marzo a agosto de 2009). Finalmente, los cruceros de la primavera del 2009, se caracterizaron por presentar mayor cantidad de estaciones con niveles leves a moderados de dominancia de diatomeas,

En Magallanes, el período de monitoreo se asemeja en el comportamiento del Índice G a lo observado en la región de Aysén, al presentar los primeros meses de muestreo con mayor frecuencia de estaciones con predominancia de dinoflagelados, de leve a fuertemente dominante, destacando por haber alcanzado el nivel máximo de dominancia de dinoflagelados y ausencia total de diatomeas las estaciones de I. Vancouver (M15) y B. Agua Fresca (M37) durante el primer crucero de diciembre de 2008, y las estaciones de V. España (M41) y Pto. Eugenia (M46) en los cruceros de abril y mayo, respectivamente; posteriormente, a partir de este crucero se observó una mayor frecuencia de estaciones con una elevada dominancia de diatomeas por sobre los dinoflagelados (valores sobre 0,75) en forma más o menos homogénea en todas las áreas de la región, hasta octubre de 2009, cuando se produce una ligera disminución de la dominancia de las diatomeas, pero siempre manteniendo valores positivos, en general, dentro del rango de 0,01 a 0,74.

5.5.4 Diversidad y Uniformidad

Al analizar la diversidad para todas las estaciones muestreadas en las tres regiones se observa que para la región de Aysén se obtuvieron valores que en general fueron los mayores para los índices de Margalef, Mehninick y Shannon-Wiener, mientras que en la región de Magallanes se presentaron los valores más bajos (Figs. 152-155, Tablas 23-25). Estos resultados están mostrando que la región con una mayor riqueza específica es la región de Aysén según las tendencias mostradas por el índice de Margalef. Los valores altos de Shannon-Wiener están reflejando además de la riqueza específica relativamente alta, que la abundancia numérica de cada especie tiende a estar distribuida en un número relativamente alto de especies, sin una marcada monopolización del número por unas pocas especies, lo cual es corroborado por las estimaciones del índice de uniformidad, que no



mostró situaciones en que el número estuviera monopolizado por unas pocas especies (i.e. tendencia del índice a 0). El índice de Menhinick covaría de manera inversa con la abundancia numérica. En este caso las estimaciones con este índice se explican por una proporción relativamente alta de especies con respecto a una estimación relativamente alta de la abundancia. Para ninguno de los índices empleados, particularmente Margalef y Menhinick, el tamaño de muestra constituye una limitante.

Las principales diferencias entre regiones se registraron con las estimaciones del índice de Margalef (Fig. 152), dado que el máximo en la región de Aysén alcanzó 3,331 en C. Pilcomayo (A42) durante el primer crucero (1– 29 dic 2009), los valores más altos se presentaron principalmente en el periodo de primavera – verano (dic 2008 y 4 oct 2009 - 17 nov 2009) reflejando que esta región representa la composición específica más diversa, mientras que para la región de los Lagos el máximo fue de 2,713 en B. Asasao (L22) en el primer crucero (2-dic 2008 – 6 ene 2009); período en el cuál se presentan los valores más altos de este índice, por su parte, en la región de Magallanes los valores que tomó son relativamente más bajos, observándose en el décimo crucero (15 abr – 9 may 2008) el máximo valor 2,222 en Cta. Williams (M17), dejando en evidencia una menor riqueza de especies. Por su parte, con el índice de Menhinick (Fig. 153) no se aprecian grandes diferencias en los valores máximos entre regiones. En Aysén se concentran los valores más altos en los cruceros quinto al séptimo (otoño – invierno), el valor máximo fue de 0,236 en la estación I. Valverde (A05N1) durante el quinto crucero (16 may - 1 jun 2009), periodo que además coincide con los bajos valores registrados de fitoplancton. En la región de Los Lagos los valores más altos se presentaron en el área sur de Chiloé entre los cruceros cuarto al séptimo (otoño – invierno), el máximo que alcanzó este índice fue de 0,222 en la estación I. San Pedro 2 (L23N2) durante el sexto crucero (21 jul - 27 ago 2009), estas estimaciones coinciden con la menor abundancia numérica del fitoplancton muestreado en esta región. Por otra parte, en Magallanes se registró la máxima de 0,232 en el tercer crucero (15 mar - 1 abr 2009) en E. Peel (M13) y valores similares se observaron en los periodos de verano y otoño. Estas estimaciones se explican tanto por una baja riqueza de especies y una relativa baja en la abundancia numérica.

Los índices de Shannon-Wiener y de Uniformidad (Figs. 154 y 155, respectivamente) presentan valores con menores variaciones entre las regiones que el índice de Margalef. En la región de Aysén el índice de Shannon Wiener presentó un leve aumento en los meses de mayo a julio de 2009 (cruceros quinto y sexto), los valores más altos se presentaron en los cruceros de primavera (novenio y décimo crucero) (7-23 nov 2009 - 3-17 nov 2009). En la región de los Lagos se registraron valores altos en el tercer y cuarto crucero (11 mar -2 abr 2009 y 14 abr-13 may 2009), en los meses de septiembre y octubre se concentraron los valores mas elevados, con la máxima en el séptimo crucero (1-29 sep 2009) en la estación I. Chaullín (L10N1). En Magallanes los valores más altos del índice se presentaron en el octavo crucero (4 oct – 4 nov 2009), con un máximo en E. Penguin (M09). Se puede observar valores iguales a 0 durante los cruceros de otoño e invierno (23 abr - 13 ago de 2009) principalmente en el área centro y sur de la región, lo que reflejaría una monopolización del número de ejemplares por parte de unas pocas especies.



En cuanto a las estimaciones de uniformidad muestran una gran cantidad de valores elevados en todas las regiones, en la región de los Lagos este índice mostró valores dispersos, cercanos a 1 en los cruceros segundo (21 ene - 14 feb 2009), tercero (11 mar - 2 abr 2009), quinto (18 may - 26 jun 2009) y sexto (21 jul - 27 ago 2009). Por su parte en Aysén, este índice concentra los valores más altos en otoño e invierno, cruceros sexto (10 jun - 27 jul 2009) y séptimo (5 - 28 sep 2009). Del mismo modo, se aprecia que en la región de Magallanes este índice presenta una mayor dispersión que en las otras regiones, abarcando un mayor número de estaciones con valores iguales o cercanos a 1, entre los cruceros de verano (15 mar - 1 abr 2009), otoño (28 may - 19 jun 2009) e invierno (22 jul - 13 ago 2009). Las estimaciones de uniformidad muestran una gran cantidad de valores elevados en todas las regiones, y sus máximos no correspondieron con los valores más diversos para Shannon-Wiener u otro índice analizado, indicando con ello, que las estaciones más uniformes, esto es, con una distribución más equitativa del número entre las especies, no fueron las más diversas.

5.5.5 Análisis multivariado de agrupación y ordenamiento del fitoplancton cuantitativo

La representación de la matriz de similitud mediante escalamiento multidimensional (MDS), y la representación en mapas de los conglomerados significativos obtenidos mediante SIMPROF en el análisis de conglomerados (CLUSTER), se entregan en las figuras 156 a 175. Las representaciones de MDS para todas las estaciones de las tres regiones monitoreadas presentan un buen ajuste, con valores de stress de 0,14 a 0,19 (Figuras 156 – 160). Las representaciones de toda el área de monitoreo para cada período de muestreo (los datos del muestreo de diciembre 2008-enero 2009, no fueron incluidos en el período de primavera, y sólo se consideraron los datos de diciembre de 2009-enero 2010), mostraron patrones de ordenación por regiones, con moderados a altos valores del estadístico R para la prueba ANOSIM, todos superiores a 0,5 y con un nivel de significancia de 0,1% (Tabla 23); sin embargo, y siguiendo el mismo comportamiento que se observó en el período de monitoreo anterior, se produjo una ligera disminución de los valores del estadístico R en los períodos de otoño e invierno (abril a junio y julio a septiembre 2009, respectivamente), indicando un leve aumento de las similitudes entre las regiones, con respecto a las similitudes dentro de las mismas. A excepción del período de invierno, la regiones de Los Lagos y de Magallanes presentan los más bajos valores del estadístico R, indicando con ello que la mayor parte del período considerado, estas regiones presentan mayor similitud entre sí, que con respecto a la región de Aysén, situación que se diferencia de lo observado en el análisis realizado para el período anterior.

Los conglomerados obtenidos para todo el período y por estaciones del año, muestran una buena separación entre las estaciones de las distintas regiones; los únicos grupos que incluyeron estaciones de distintas regiones ocurrieron en verano, entre 3 estaciones de la región de Los Lagos y 1 de Magallanes, y en otoño, entre 1 estación de Aysén y 20 de Magallanes. En general, se obtuvo una gran cantidad de agrupaciones, muchas de ellas conformadas por sólo una estación; el máximo de conglomerados (56 en total) se obtuvo cuando se realizó el análisis de toda la información del período.



En la región de Los Lagos, los principales patrones de agrupamiento observados en la mayoría de las estaciones del año, y para todo el período de monitoreo, corresponden a los obtenidos para el sector Sur de Chiloé, especialmente las estaciones de Quilanlar, Inío y Guapiquilán (L22N1, L22N2, L24 y L24N1); y para el sector del Estuario de Reloncaví, el que generalmente separa las estaciones del interior del Estuario, con las de la desembocadura (Figuras 161-165).

En la región de Aysén, destaca especialmente el área de Tortel, que tiende a segregarse como un conjunto separado del resto, pero que durante las estaciones de otoño e invierno, se agrupa con algunas estaciones del área de Melinka. Otras áreas que segregan en forma más o menos regular son las de las estaciones del Canal Yacaf - Puyuhuapi y Raúl Marín Balmaceda (Figuras 166 - 170).

Para la región de Magallanes, se puede observar un patrón más estable entre los distintos períodos considerados en el análisis, mostrando que existe una mayor cantidad de áreas que se agrupan naturalmente a lo largo del año; se puede indicar que para el área Norte se generan entre 3 a 4 grupos, distinguiéndose generalmente un grupo conformado por estaciones del sector de C. Adalberto y Pto. Edén (M01 a M06) y otro en el sector de B. Ensenada a Pto. Fontaine (M18 a M21); en el área centro se pueden conformar entre 2 a 3 grupos, separándose en la mayoría de las ocasiones las estaciones del Estrecho de Magallanes respecto del resto, y el área Sur, en las que las estaciones del Canal Beagle normalmente se separan en 2 grupos. Una excepción a este patrón se produjo en el período de otoño, cuando un grupo abarcó estaciones en todas las áreas, indicando con ello una mayor homogeneidad dentro de la comunidad fitoplanctónica del período entre las estaciones de la región (Figuras 171 – 175).

5.5.6 Clorofila a total

Los resultados se encuentran resumidos en las figuras 176 -192 y en los anexos 72-74. En general, considerando las tres regiones en conjunto y durante todo el período de muestreo, los valores de clorofila **a** en el estrato superficie – 10 m variaron (sin considerar los valores ND “no detectado”) en el rango entre 0,06 (B. Nash-M31; mayo-junio de 2009-quinto crucero), ubicada en el área centro de la región de Magallanes, hasta 10,31 mg·m⁻³ (Canal Rodríguez-A45, noviembre 2009 - noveno crucero), en el área de Melinka de la región de Aysén. Los valores promedio por región en el estrato superficie – 10 m mostraron que el valor más bajo de clorofila promedio corresponde a 1,14 mg·m⁻³ para la región de Los Lagos, luego viene Magallanes con 1,82 mg·m⁻³, y finalmente, el valor promedio para Aysén de 2,35 mg·m⁻³.

En la región de Los Lagos, los valores observados de clorofila **a** para el estrato de superficie - 10 m variaron entre 0,07 (I. Butachauques-L09; diciembre 2009-enero 2010 - décimo crucero) y 6,94 mg·m⁻³ en la estación de Cochamó (L02N2; noviembre-diciembre 2009 - noveno crucero), la misma que registró el promedio por crucero máximo de 3,46 mg·m⁻³ y el valor promedio mínimo de 0,40 mg·m⁻³ en Bco. Velahue (L20N1); esta situación refleja en forma general lo que se observa en la distribución espacio- temporal de la clorofila **a** en los primeros 10 m de la columna de agua, con valores máximos o superiores al promedio durante gran parte de las estaciones del año en el área



Estuario y Seno Reloncaví y Chiloé norte; mientras que Palena y Chiloé sur generalmente presentaron bajos valores (Figs. 176-178). Asimismo, el promedio de los valores de clorofila *a* por crucero muestra que el período de menor productividad ocurrió durante los meses de mayo a agosto de 2009 (quinto a sexto crucero), para luego alcanzar el máximo promedio para este estrato en el crucero de octubre de 2009 (noveno crucero). Para el estrato 10 – 20 m, los rangos alcanzados son 0,11 y 4,40 mg·m⁻³ como sus valores mínimo y máximo, registrados en las estaciones de C. Dalcahue (L11) durante diciembre 2009-enero 2010 (décimo crucero) y en Calbuco (L04) durante el mismo crucero (Anexo 72); correspondiente al período de primavera (Figs. 177-179). Los perfiles de profundidad (hasta 100 m) realizados en la región, muestran que la clorofila presenta un máximo alrededor de los 10 m para la estación de Cochamó (L02N2) en la mayoría de los cruces, siendo los máximos más importantes asociados con los meses de octubre 2009 – enero 2010 (octavo a décimo cruces); el resto de las estaciones monitoreadas presentan picos de menor valor y a distintas profundidades; sin embargo, el perfil con menores variaciones a lo largo de la columna de agua de las estaciones muestreadas se presentaron en forma mayoritaria en los períodos de julio-agosto 2009 (sexto crucero) (Fig. 190).

En la región de Aysén, el rango de clorofila *a* registrado en el estrato superficie - 10 m varió entre 0,10 (C. Ninualac-A41, septiembre de 2009-séptimo crucero) hasta 10,31 mg·m⁻³ (Canal Rodríguez, A45, noviembre 2009 - noveno crucero), observándose en promedio un valor mínimo de 0,77 mg·m⁻³ para la estación Pto. Barrientos (A03) y un máximo valor promedio de 4,35 mg·m⁻³ para I. Castillo (A47). La distribución espacio temporal de la clorofila *a*, muestra distintos núcleos de concentración del pigmento, ubicados principalmente en las áreas litoral insular y continental, presentando mayor extensión durante los períodos de verano y primavera; y siendo el menos extendido el que se produjo durante el período de invierno, localizado a la salida del canal Puyuhuapi (Fig. 180). Para el área de Tortel (Fig 182), si bien no presentó en general los niveles alcanzados por el resto de la región; se observó un núcleo más intenso en el período de primavera. El promedio de clorofila *a* por crucero muestra un patrón de fluctuaciones más marcadas que el observado para la región de Los Lagos durante los cruces con información disponible, presentando máximos superiores a los de esta región especialmente durante los cruces de primavera (noviembre 2009 y diciembre 2009-enero 2010, noveno y décimo crucero); mientras que el período de baja productividad es esencialmente el mismo (crucero mayo-junio 2009, quinto crucero). Para el estrato de 10 a 20 m, el rango de variación muestra una amplitud ligeramente más estrecha que la del estrato superior con un máximo de 9,17 mg·m⁻³ y con un mínimo de 0,07 mg·m⁻³ para las estaciones de Pto. Lampazo (A39, noviembre 2009 - noveno crucero) y Pta. Baker (A60, marzo-abril de 2009-tercer crucero). Los patrones de distribución de clorofila en este estrato durante las distintas estaciones del año son similares a los detectados para el nivel superficie a 10 m (Figs. 181, 183; Anexo 73).

Los perfiles de profundidad hasta 100 m realizados en estaciones de Aysén muestran que los períodos con menor estratificación ocurren a partir de otoño de 2009 (6to crucero), y las principales fluctuaciones se observan en los primeros 10 m de la columna de agua. Las estaciones que registraron los mayores valores son I. Darwin (A49), la cual alcanzó 9,38 mg·m⁻³ en superficie, I. Teresa (A37) con 7,86 mg·m⁻³, e I. Ovalada (A05) con 5,82 mg·m⁻³. Otras estaciones que



presentaron valores mayores que el promedio y una estratificación relativa durante gran parte del año, están ubicadas en el sector Litoral de la región (Fig. 191).

Por último, en la región de Magallanes, las estimaciones de clorofila fueron intermedias a las otras dos regiones, esto sin considerar el registro notoriamente mayor en los últimos cruceros del año para todas las áreas en estudio dentro de esta región, situación generada en una falla del sensor de clorofila. Es así que el rango de concentraciones de clorofila a en el estrato superficie-10 m varió entre 0,06 (B. Nash-M31, mayo-junio de 2009 – quinto crucero) hasta 6,13 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (E. Peel-M13, marzo de 2009; tercer crucero). Los valores promedio por estación muestran un mínimo de 0,51 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ y un máximo de 3,07 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$; y fueron obtenidos en Cabo San Isidro (M35) y Canal Adalberto-Bahía Liberta (M04 y M05), respectivamente. Geográficamente, los sectores de mayor concentración de clorofila en los 20 primeros metros de la columna de agua se localizaron en el área norte durante el invierno y primavera; y en la zona centro y sur de la región en primavera, aunque estas dos últimas áreas no alcanzaron los niveles del área norte. La variación temporal de la clorofila a, muestra claramente que el aumento en invierno y primavera de las estaciones del área norte es el más importante durante el período en la región. Para el estrato de 10 a 20 m, los rangos son muy parecidos a los del estrato superior, con 0,06 y 5,98 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$, obtenidos para B. Nash (M31, mayo-junio de 2009 – quinto crucero) y S. Pedro (M34, noviembre de 2009 - noveno crucero). El patrón de distribución estacional de la clorofila a en los 10 – 20 m sigue el mismo comportamiento que el estrato superior (Figs. 184-189; Anexo 74). Los perfiles de profundidad para esta región presentan los máximos valores hacia los últimos cruceros, a partir de septiembre de 2009, y preferentemente alrededor de los 10 m, las estaciones con mayores valores están localizadas en el sector norte, y en las del área sur, mientras que las del área centro presentan un gradiente menos estratificado (Fig. 192).

5.5.7 Zooplancton

Esta información está disponible para seis sitios de muestreo, dos en cada región. Aquellos de la región de Los Lagos están ubicados en el sur de la isla de Chiloé, los de la región de Aysén están en el área de Melinka y el par de la región de Magallanes, en el Estrecho de Magallanes. Durante el período diciembre de 2008 y diciembre de 2009, las abundancias totales mostraron valores muy diferentes entre sí, siendo las regiones de Aysén y Los Lagos las más abundantes con 40.059 y 17.659 $\text{ind} \cdot \text{m}^{-3}$, mientras que la región de Magallanes mostró una abundancia notoriamente más baja, sólo 521 $\text{ind} \cdot \text{m}^{-3}$ (Anexos 75-77).

Los resultados muestran tendencias estacionales en las abundancias por región, mostrando valores en primavera-verano muy superiores al período otoño-invierno. Así, en Los Lagos se registra una abundancia total de 16.274 $\text{ind} \cdot \text{m}^{-3}$ para los meses de primavera y verano (92,2 % del total del año), mientras que en otoño e invierno la abundancia alcanza los 1.384 $\text{ind} \cdot \text{m}^{-3}$ (7,8 % del total).

Para la región de Aysén se observó una situación similar, con mayores abundancias en primavera-verano: 30.254 $\text{ind} \cdot \text{m}^{-3}$ (75,5 % del total del año), mientras que en los meses de otoño e invierno la abundancia disminuyó a 9.805 $\text{ind} \cdot \text{m}^{-3}$ (24,5 % del total).



En la región de Magallanes casi el 98% de los individuos fueron colectados en los meses de primavera-verano, llegando a $509 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$, mientras que en los meses de otoño e invierno sólo se llegó a $12 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$.

En todas las estaciones el grupo zooplanctónico más importante y más abundante fueron los crustáceos (principalmente copépodos) siempre por sobre el 87% del total (96% en Los Lagos, entre 91 y 97% en Aysén y entre el 87 y 95% en Magallanes). Le siguen el grupo de las larvas de moluscos (entre $0,4$ y $2,3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ en Magallanes, $1,0$ y $1,3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ en Los Lagos y entre $0,7$ y $4,1 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ en Aysén). El grupo menos abundante en las tres regiones fueron las larvas y huevos de peces (Chordata) con valores entre $0,02$ y $0,03 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ en Los Lagos, $0,08$ y $0,3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ en Aysén y $0,05$ y $0,1 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ en Magallanes.

En términos de diversidad promedio de grupos zooplanctónicos, se aprecia un leve gradiente norte – sur, puesto que la región más diversa fue la región de Los Lagos con 26 grupos, seguida de la región de Aysén y Magallanes con 22 grupos.

En la región de Los Lagos la abundancias totales fueron $13.861 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ en Isla Guapikilán (L24) y $3.798 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ en Isla San Pedro (L23). En ambas estaciones la abundancia registra fluctuaciones importantes en términos estacionales, ya que la mayor parte de la abundancia en Isla Guapikilán se obtuvo en la época de verano y primavera: $12.831 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ (lo que equivale al 92,6 % de los ejemplares del todo el período). La misma situación se observó en Isla San Pedro con las mayores abundancias en primavera-verano: $3.443 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ (90,6 % del total).

El grupo más importante en términos de abundancia fue el Phylum Crustacea con 13.351 y $3.664 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ en I. Guapikilán e Isla San Pedro respectivamente, lo que representa más del 96% del total de individuos recolectados. De este Phylum, los copépodos representan entre el 75 y 86% del total de crustáceos, siendo especialmente relevante la cantidad de copépodos del orden Calanoidea en ambas estaciones (78 y 67% en isla San Pedro e isla Guapikilán, respectivamente).

Luego, los grupos que siguen en abundancia son los estadios larvales de crustáceos como nauplius, zoeas, megalopas y mysis con 288 y $2720 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ en San Pedro y Guapikilán, respectivamente, lo que representa el 8 y 20% del total, respectivamente. El grupo que sigue en términos de abundancia es el de los cladóceros (Clase Branchipoda), con 207 y $549 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ aunque su representación es inferior al 6% del total en ambas estaciones.

La diversidad de grupos zooplanctónicos en las estaciones de la región de Los Lagos no registra de manera clara una fluctuación estacional, sin embargo, hay más grupos en primavera y verano (entre 24 y 19 grupos) mientras que en otoño-invierno se registran entre 19 y 15 grupos.

En la región de Aysén la abundancia total fue más del doble que en Los Lagos ($40.059 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ v/s $17.659 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$). En la estación Repollal – C. Puquitrín (A02) se contabilizaron un total de $11.844 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$, mientras que en Isla Ovalada (A05) se alcanzaron los $28.214 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$.



Al igual que en la región de Los Lagos, las mayores abundancias se registraron en la época de primavera-verano con 22.163 y 8.091 ind·m⁻³ en Isla Ovalada y Repollal-C. Puquitrín, lo que representa el 78,5 y 68,3% del total de organismos colectados en el año. Luego disminuye en invierno y otoño a 6.051 y 3.754 ind·m⁻³ respectivamente.

La diversidad de grupos se mantuvo más o menos constante a lo largo del año, pudiendo contabilizarse entre 19 y 17 grupos en primavera-verano, mientras que en otoño hubo entre 19 y 15 grupos.

El principal grupo zooplanctónico presente en esta región corresponde al Phylum Crustacea el que representa más del 91 % del total muestreado para ambas estaciones. De este grupo los copépodos significaron el 31 y 59 % en isla Ovalada y Repollal – C. Puquitrín, respectivamente. Dentro de los copépodos el Orden Calanoidea es el que aporta con más del 98% de total tanto en Repollal (6.314 ind·m⁻³) como en I. Ovalada (8.431 ind·m⁻³); le siguen los copépodos del Orden Cyclopoidea con 100 y 86 ind·m⁻³, lo que representa el 1,3 y 1,2 %, respectivamente. El segundo grupo en importancia por su abundancia en esta región fueron los cladóceros, cuyas abundancias son incluso mayores que los copépodos: en Repollal - C. Puquitrín se registraron 3.270 ind·m⁻³, mientras que I. Ovalada la abundancia fue de 17.331 ind·m⁻³ (28 y 61 % del total respectivamente). Otros grupos importantes de destacar son los Larváceos (Clase Appendicularia) que registró 343 y 338 ind·m⁻³ en las localidades de Repollal y I. Ovalada, respectivamente (2,9 y 1,2 % del total respectivamente).

En la región de Magallanes la abundancia total contabilizada es la más baja de las tres regiones muestreadas (sólo 521 ind·m⁻³), alcanzando los 402 y 119 ind·m⁻³ en Bahía Buena (M36) y Puerto Zenteno (M39), respectivamente, aportando con una fracción mínima de los individuos muestreados en la macro región sur-austral (< 0,9%).

El número de grupos zooplanctónicos observados para todo el período fue de 22, los valores máximos (entre 10 y 19) se registraron en primavera-verano y mínimos en otoño-invierno (11-13). De estos grupos, el Phylum Crustacea explica en un 95 y 88 % la abundancia total en Bahía Buena y Puerto Zenteno respectivamente (383 y 104 ind·m⁻³). En Puerto Zenteno, el principal grupo fue la Clase Copepoda con 72 ind·m⁻³, lo que representa el 60% del grupo de los crustáceos. De esta clase, los calanoídeos fueron el grupo más abundante: 63 ind·m⁻³, seguido de los cyclopoideos con 9 ind·m⁻³. En Bahía Buena el grupo más importante dentro de los crustáceos fueron los copépodos con 151 ind·m⁻³ seguido muy de cerca por los cladóceros que aportaron 143 ind·m⁻³.

5.6. Información Oceanográfica.

Estos resultados corresponden a la información oceanográfica recopilada durante los 10 cruceros realizados entre diciembre de 2008 y enero de 2010 dentro del área geográfica comprendida entre Cochamó (L02N2) en la región de Los Lagos y Pto. Eugenia (M46) en la región de Magallanes. Estos resultados se presentan en las figuras 193-252 y anexos 78-86.



Se desarrolla un análisis en términos puntuales por localidades y regiones de muestreo, así como por estratos discretos (superficie - 10 m y 10-20 m) en función de las estaciones del año y por región. Durante el estudio también se realizaron lances profundos de CTD en lugares selectos, en la medida de lo posible hasta los 100 m. En Los Lagos fueron consideradas las estaciones Cochamó (L02N2), Talcán (L14), I. San Pedro (L23), I. Guapiquilán (L24) y B. Tic-Toc (L25); en Aysén fueron consideradas Pto. Barrientos (A03), I. Ovalada (A05), Laja Brazo Pillán 1 (A06), Añihué (A10), Pta. Calquemán (A18), Pta. Lynch (A28), I. Teresa (A37) y C. Darwin (A49), mientras que en Magallanes fueron incluidas las estaciones C. Adalberto (M04), Cta. Williams (M17), B. Isthmus (M19), I. Larga (M20), E. de las Montañas (M22), E. Sullivan (M27), B. Bell (M33), Cabo San Isidro (M35), S. Ventisquero (M40) y B. Yendegaia (M43).

Por otro lado, la información analizada corresponde a la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en el agua, registrados mediante lances de CTD y mediante el monitoreo con registradores de temperatura continuos instalados en lugares selectos, además de transparencia del agua y el análisis de los nutrientes silicatos, fosfatos, nitratos y nitritos, datos estos últimos que sólo están disponibles para las mismas localidades para las cuales se recolectó zooplancton, vale decir dos estaciones por región (Anexos 78 a 86).

5.6.1. Temperatura del agua

Temperatura del agua

El análisis de la estructura vertical de la columna de agua señala la presencia de una termoclina estacional que da cuenta de ambientes relativamente estratificados, sobre todo en la época estival, si a ello se suma la presencia de importantes fuentes de agua dulce, nos encontramos con una columna de agua muy estable; a diferencia de lo que ocurre en aquellas estaciones con influencia oceánica, donde la termoclina casi desaparece dejando lugar a una columna de agua homogénea y a veces homotermal.

Al considerar toda la información conjunto para toda el área de estudio, los rangos y los promedios de la temperatura en superficie, 5, 10 y 20 m, muestran valores muy similares, no obstante que los rangos se estrechan y los promedios disminuyen levemente con la profundidad.

La temperatura en superficie considerando toda el área de muestreo varió entre 4,3 y 19,4 °C, la mínima fue registrada en Ventisquero España (M41) (12 de septiembre de 2009) ubicada en la región de Magallanes y la máxima en Laja Brazo Pillán 1 (A06) (16 de diciembre de 2008) establecida en la región de Aysén, mientras que el promedio global fue de 10,0 °C ($\pm 0,06$ °C error estándar).

A 5 m de profundidad la temperatura varió entre 4,4 y 17,5 °C, la mínima fue registrada en las estaciones Seno Ventisquero (M40) (11 de agosto de 2009) y Ventisquero España (M41) (12 de septiembre de 2009) ubicadas en la región de Magallanes y la máxima en la estación Repollal -



Canal Puquitrín (A02) (7 de diciembre de 2008) de la región de Aysén, en tanto que el promedio se mantuvo en 10,0 °C ($\pm 0,06$ °C).

A la profundidad de 10 m, la temperatura varió entre 4,5 y 16,8 °C, la mínima fue registrada en Ventisquero España (M41) (12 de septiembre de 2009) en la región de Magallanes y la máxima en Repollal- Canal Puquitrín (A02) (7 de diciembre de 2008) establecida en la región de Los Lagos, en tanto que el promedio fue de 9,9 °C ($\pm 0,05$ °C).

A 20 m la temperatura fluctuó entre 4,7 y 16,0 °C, la mínima fue registrada en Ventisquero España (M41) (12 de septiembre de 2009) en la región de Magallanes y la máxima en Repollal - Canal Puquitrín (A02) (7 de diciembre de 2008) establecida en la región de Aysén, mientras que el promedio fue de 9,8 °C ($\pm 0,05$ °C).

Cuando se efectúa un análisis de la distribución horizontal de los distintos estratos de la temperatura en las tres regiones (Figs. 193-195), se puede apreciar una amplia variedad estacional y latitudinal, pudiendo observarse que en el estrato más superficial (superficie-10 m) los máximos de temperatura se registraron en el área del estuario Reloncaví (entre 10 y 16 °C), mientras que los valores más bajos se encontraron en el área Sur de Magallanes (entre 4,3 y 9,2 °C), en tanto que la región de Aysén mantiene una posición intermedia con valores entre 8,6 y 15,2 °C en esta misma capa.

En el estrato superficial inferior (10-20 m) se observa que las temperaturas tienden a homogeneizarse en las tres regiones, manteniendo un cierto gradiente latitudinal: en Los Lagos, cuya variación es entre 9,7 y 13,2 °C, en Aysén es entre 8,7 y 14,8 °C y en Magallanes dependiendo del área, la temperatura fluctuó entre 4,7 y 10,8 °C para el sector Sur, mientras que en el área norte la temperatura fue entre 5,9 y 10,8 °C.

El análisis por región señala que en Los Lagos gran parte de los perfiles profundos son homotermales excepto los registrados en la estación Cochamó (L02N2) y algunos perfiles puntuales registrados durante la primavera y verano en las demás estaciones de muestreo de esta región. En Cochamó (L02N2) las diferencias de temperaturas superficiales registradas durante el periodo de muestreo estuvieron en torno a los 6,3 °C, las termoclinas estuvieron presentes entre los 5 y 10 m de profundidad y a partir de los 20m hasta los 100m la temperatura se mantuvo sin variaciones con una temperatura cercana a los 11 °C. En Tic-Toc (L25) las diferencias en la temperatura superficial durante el año fueron menores (5°C) aportados principalmente por los perfiles de septiembre y noviembre del 2009, el primero con una termoclina que se insinuó levemente en los primeros 5m y en el segundo con una pronunciada termoclina que afectó los primeros 20m. Los demás perfiles en esta estación fueron homotermales y cercanos a los 10°C, excepto los perfiles de mayo y junio cuyas temperaturas estuvieron situadas en torno a los 11 y 12 °C, respectivamente. En las demás estaciones solo los perfiles de noviembre y diciembre presentaron una leve termoclina en los primeros 10m de profundidad (Fig. 241).

En el esquema regular del registro oceanográfico de Los Lagos (Figs. 196-199), la temperatura del agua a los 0 m varió entre 6,7 y 16,8 °C (ambas en Estero Palvita-L17N1, pero en distintas épocas



del año: 28 de mayo y 7 de diciembre de 2009, respectivamente), mientras que el promedio fue de $10,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,08\text{ }^{\circ}\text{C}$). Los promedios superficiales por crucero muestran que durante los meses de diciembre y abril se registraron las temperaturas más elevadas con valores de $12,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,21\text{ }^{\circ}\text{C}$) y $11,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,64\text{ }^{\circ}\text{C}$) respectivamente; las más bajas se observaron durante julio y octubre con promedios de $9,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,12\text{ }^{\circ}\text{C}$) y $10,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,14\text{ }^{\circ}\text{C}$) respectivamente. Al hacer el análisis por época del año es posible observar que la temperatura superficial promedio más alta se registró en primavera con $11,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,14\text{ }^{\circ}\text{C}$) mientras que la temperatura más baja se observó en invierno con $10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,09\text{ }^{\circ}\text{C}$).

A los 5 m, la temperatura varió entre $9,2$ y $15,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, la mínima fue observada en Yates (L02) (06 de noviembre de 2009), mientras que la máxima se registró en Calbuco (L04) (30 de mayo de 2009) marcando en promedio $11,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$). Al igual que en la capa más superficial, las medias por crucero mostraron que las temperaturas más elevadas del agua se presentaron durante diciembre y abril con promedios de $11,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,16\text{ }^{\circ}\text{C}$) y $11,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,09\text{ }^{\circ}\text{C}$), respectivamente, mientras que las más bajas se observaron en julio y octubre con valores de $10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,04\text{ }^{\circ}\text{C}$) y $10,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,07\text{ }^{\circ}\text{C}$). El período del año más cálido resultó ser el otoño con una temperatura promedio de $11,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,10\text{ }^{\circ}\text{C}$), mientras que los meses más fríos se registraron en invierno con $10,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$).

A los 10 m, la temperatura fluctuó entre $9,4$ y $15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, la mínima fue registrada en Ancud-Quetalmahue (L05) (18 de agosto de 2009), mientras que la máxima fue detectada en Calbuco (L04) (25 de junio de 2009), en tanto el valor promedio fue de $10,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$). Las temperaturas promedios más altas registradas por crucero fueron las siguientes: $11,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,07\text{ }^{\circ}\text{C}$) y $11,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,08\text{ }^{\circ}\text{C}$) observadas en abril y diciembre, respectivamente. Las temperaturas más bajas se registraron en julio y septiembre con $10,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$) y $10,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,08\text{ }^{\circ}\text{C}$) respectivamente. El análisis por período del año muestra que las mayores temperaturas promedio se registraron en los meses de otoño $11,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,09\text{ }^{\circ}\text{C}$), mientras que en invierno la temperatura promedio alcanzó sólo $10,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$).

A los 20 m de profundidad la temperatura varió entre los $9,6$ y $15,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, en las estaciones Pta.Chiguao (L19) (22 de julio de 2009) y Metri (L01) (25 de junio de 2009) respectivamente. La temperatura promedio más alta registrada se observó en abril ($11,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,09\text{ }^{\circ}\text{C}$), mientras que la mínima se detectó en julio y alcanzó un promedio de $10,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,07\text{ }^{\circ}\text{C}$). Las temperaturas promedio más cálidas se obtuvieron en los meses de otoño con $11,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,07\text{ }^{\circ}\text{C}$), mientras que las temperaturas más bajas se observaron en invierno con $10,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$).

De las cuatro profundidades descritas, la superficial es la que presentó las mayores variaciones mensuales, en particular el área del Estuario de Reloncaví cuyo rango en superficie varió entre $7,4$ y $15,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, así como el caso excepcional del Estero Palvitad (L17N1) que registró la temperatura más alta y más baja del período de muestreo ($16,8$ y $6,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). En el mismo sector del estuario la temperatura a los 5 m fluctuó entre $9,2$ y $14,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a los 10 m varió entre $10,6$ y $12,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. En el resto de las estaciones las variaciones más importantes de la temperatura superficial se produjeron en Calbuco (L04) cuyo rango fluctuó entre $10,1$ y $15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, en Quetalmahue (L05) varió entre $9,4$ y $14,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y en Bahía Tic-Toc (L25) varió entre $9,4$ y $14,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Las variaciones en las demás profundidades fueron menores a las observadas en la superficie con excepción de algunas estaciones puntuales (Figs 193-195).

En términos generales, la estructura térmica en la región de Los Lagos muestra una fuerte estacionalidad tanto en el área del Estuario Reloncaví como en Chiloé, pudiendo observarse que en la primera área, las temperaturas entre superficie y 10 m, van desde los 13,5 a los 16 °C en verano, hasta 10,0 a 11,4 °C en invierno. En tanto que para el área de Chiloé las temperaturas más altas también se observaron en verano (10,7-14,3 °C), mientras que los valores más bajos se obtuvieron en invierno: 9,7-10,6 °C. La misma situación se registró en el estrato 10-20 m donde el área del estuario fluctuó desde valores de 10,8 a 11,0 °C en invierno hasta 11,5-12,2 en verano; del mismo modo que en Chiloé, donde los valores más bajos fueron en invierno: 9,7-10,5 °C, hasta alcanzar un máximo en verano entre 10,7-13,2 °C.

La temperatura promedio del estrato más superficial en todo el período en el estuario Reloncaví fue de 12,1°C ($\pm 0,35$ °C), mientras que en profundidad (10-20) fue de 11,3 °C ($\pm 0,06$ °C). En Chiloé la temperatura promedio del estrato superficie-10 m fue de 11,1 °C ($\pm 0,09$ °C), mientras que entre 10 y 20 ésta llegó a 11,0 °C ($\pm 0,07$ °C).

En el estrato más superficial también es posible observar que en verano y primavera las temperaturas más altas en el área de Chiloé se encuentran principalmente en el sector norte, desde las islas Desertores hasta el seno Reloncaví, incluyendo gran parte de la costa de Chiloé continental (Palena). En el caso del estuario Reloncaví, existe una fuerte estacionalidad, llegando en la época de verano a mantener temperaturas superficiales no inferiores a 13,5 °C, desde la boca a la cabeza, mientras que en el resto del año las temperaturas fluctuaron entre 10 y 12 °C como máximo (Figs. 196-199).

En la región de Aysén los perfiles profundos de esta región muestran cierta similitud entre las estaciones ubicadas en Melinka (Pto. Barrientos (A03) e I. Ovalada (A05) con perfiles homotermales en torno a los 9,5 y 11,1 °C, excepto en aquellos de los meses de diciembre de 2008, febrero y marzo de 2009, cuya diferencia entre lo registrado en superficie y los 50m se situaron en torno a los 3 y 1 °C. En Laja Brazo Pillán 1 (A06) las variaciones en la superficie fueron afectadas fuertemente por la estacionalidad (rango 6,9 – 19,4 °C) mostrando termoclinas que afectaron la columna de agua hasta los 30m, a partir de ahí los perfiles se comportaron como homotermales con temperaturas de cada perfil entre los 10 y 12°C hasta los 100m. En Añihué (A10) las variaciones en superficie fluctuaron entre 7,7 y 15,9 °C y estuvieron fuertemente influenciadas por la estacionalidad. Los perfiles de invierno presentaron una termoclina que se estabilizó en los primeros 5m de profundidad, mientras que los perfiles de primavera y verano presentaron termoclinas que afectaron los primeros 20m de la columna de agua, excepto el perfil de diciembre de 2009 que afectó 40m de la columna de agua. En Pta. Calquemán (A18) las variaciones de temperatura observadas en los primeros 5m estuvieron entre 9,2 y 14,9 °C. Los perfiles de invierno e inicios de primavera presentaron leves termoclinas y más bien tuvieron carácter de homotermal, mientras que los perfiles de verano presentaron termoclinas pronunciadas que afectaron la estabilidad de los primeros 30m y algunas



afectaron levemente la estabilidad hasta los 100m. En Pta. Lynch (A28) los únicos perfiles que presentaron termoclina fueron los de diciembre de 2008, marzo, junio-julio, diciembre de 2009, cuyo efecto se percibió hasta los 20m, excepto el perfil de diciembre de 2009 que fue percibido hasta los 100m. En I. Teresa (A37) la temperatura superficial entre los perfiles varió entre 9 y 18 °C, entre ellos, los que mostraron las variaciones de temperatura más amplias y que afectaron los primeros 40m de la columna de agua fueron los perfiles de diciembre 2008 y diciembre 2009, mientras que los perfiles registrados en febrero, marzo y abril, aunque no mostraron una variación tan amplia como los primeros afectaron la columna de agua hasta los 70m. Finalmente, en C. Darwin (A49) los perfiles registrados en septiembre, octubre y noviembre fueron homotermiales, mientras que los demás presentaron termoclinas con variaciones de temperatura en superficie entre 10 y 14,2 °C, entre ellos, los más notables fueron los perfiles registrados en febrero, mayo, junio-julio y diciembre de 2009 (Fig. 242)

La temperatura superficial del agua varió entre 6,6 y 19,4°C, la mínima fue registrada en Punta Baker (A60) (12 de julio de 2009) y la máxima en Laja Brazo Pillán 1 (A06) (16 de diciembre de 2008), registrando en promedio 11,1 °C ($\pm 2,10$ °C). Los dos primeros cruceros efectuados entre los meses de enero y febrero de 2009 fueron los periodos en que se observaron los promedios de temperaturas superficiales más elevadas con 13,8 °C ($\pm 0,25$ °C) y 13,6 °C ($\pm 0,14$ °C) respectivamente, en tanto que los valores promedios más bajos se observaron durante los meses de junio y septiembre (Cruceros 6 y 7) de mismo año con registros de 9,3 °C ($\pm 0,13$ °C) y 9,0 °C ($\pm 0,14$ °C) respectivamente. En términos de estacionalidad es posible observar que las mayores temperaturas superficiales se registraron en verano con 13,7 °C ($\pm 0,15$ °C), mientras que durante el invierno la temperatura promedio descendió a los 9,1 °C ($\pm 0,10$ °C).

A los 5 m la temperatura varió entre 7,4 y 17,5 °C, la mínima fue registrada en Isla Zealous (A59) (30 de mayo de 2009) y la máxima fue registrada en la estación Repollal-Canal Puquitrín (A02) (7 de diciembre de 2008), registrando en promedio 11,0 °C ($\pm 0,07$ °C). Al igual que en la capa superior, a los 5 m, las medias por crucero señalan que las temperaturas más elevadas se observaron durante los dos primeros cruceros (entre enero y marzo de 2009) con registros de 13,2 °C ($\pm 0,19$ °C) y 12,9 °C ($\pm 0,09$ °C) respectivamente, en tanto las temperaturas promedio más bajas fueron registradas durante junio y septiembre de 2009, con registros de 9,7 °C ($\pm 0,10$ °C) y 9,3 °C ($\pm 0,12$ °C) en el sexto y séptimo cruceros, respectivamente. Las temperaturas promedio más altas se registraron durante la época de verano con 13,0 °C ($\pm 0,10$ °C), en tanto que en invierno sólo hubo 9,5 °C ($\pm 0,08$ °C)

A los 10 m la temperatura varió entre 8,0 y 16,8 °C, la mínima fue registrada en la estación Isla Zealous (A59) (28 de septiembre de 2009), mientras que la máxima fue observada en Repollal-Canal Puquitrín (A02) (7 de diciembre de 2008), con un promedio de 10,9 °C ($\pm 0,06$ °C). Al igual que las profundidades anteriores, las medias por crucero más altas se registraron durante los meses de enero, febrero y marzo con temperaturas promedio de 12,8 °C ($\pm 0,16$ °C) y 12,5 °C ($\pm 0,07$ °C) en los dos primeros cruceros, respectivamente, en tanto los valores más bajos se observaron en el séptimo y octavo cruceros, es decir entre septiembre y octubre de 2009 con temperaturas promedio de 9,4 °C ($\pm 0,12$ °C) y 9,7 °C ($\pm 0,05$ °C) (Fig. 194).



A los 20 m la variación de la temperatura fue entre 8,3 y 16,0 °C, con un valor mínimo registrado el día 28 de septiembre de 2009 en cuatro estaciones de Caleta Tortel (Isla Orlebar-A55, Isla Alert - Roca Lobo-A56, Isla Porcia-A58 e Isla Zealous-A59), mientras la temperatura máxima se observó en Repollal-Canal Puquitrín (A02) (7 de diciembre de 2008). La temperatura promedio para esta profundidad fue de 10,8 °C ($\pm 0,05$ °C).

En las profundidades presentadas, la temperatura superficial fue la que presentó la mayor variación estacional, en particular el área de Tortel cuyo rango fue 7,1 y 15,2 °C, así como las estaciones: Repollal - Canal Puquitrín (A02) que fluctuó entre 8,9 y 18,0 °C, Laja Brazo Pillan 1 (A06) entre 7,1 y 19,4 °C, Faro Marta-Canal Puyuhuapi (A20) entre 7,9 y 17,3 °C. y la estación Isla Teresa (A37) entre 9,0 y 18,0 °C. En la profundidad de 5 m las variaciones en la temperatura se siguen manteniendo para las estaciones de caleta Tortel (entre 7,5 y 13,8 °C), así como Repollal - Canal Puquitrín (A02) que fluctuó entre 8,8 y 17,5 °C, y Faro Marta-Canal Puyuhuapi (A20) entre 8,4 y 16,6 °C. A los 10 m de profundidad estas diferencias comienzan a disminuir conservándose las estaciones de Tortel con variaciones entre 8,0 y 13,3 °C, mientras que sólo Repollal - Canal Puquitrín (A02) que varió entre 8,8 y 17,5 °C, se mantiene una variación importante: entre 8,8 y 16,8 °C. A los 20 m es posible apreciar una columna de agua con una variación entre 8,6 y 13,0 °C.

Al hacer un análisis de la distribución horizontal de la temperatura del estrato más superficial en el sector de Aysén y de Tortel, se aprecia que durante el verano la columna de agua muestra valores cercanos a los 15 °C; para el caso de Tortel en prácticamente toda el área de muestreo, mientras que en Aysén, se circunscribe a los alrededores de Isla Magdalena, es decir, en los canales Yacaf, Puyuhuapi y el lado este del Canal Moraleda (Fig. 200-203). También en el sector de Melinka y Raúl Marín Balmaceda. En el estrato 10-20 m, las altas temperaturas se mantienen sólo el sector de Melinka, alcanzando los 14,8 °C en la estación Isla Repollal-C.Puquitrín (A02), mientras que las demás estaciones conservaron valores cercanos al promedio del período: 12,3 °C.

En la Región de Magallanes, los perfiles profundos de las estaciones B. Bell (M33) y Cabo San Isidro (M35) presentaron una estructura homotermal en la mayoría de los perfiles, en la primera estación las temperaturas superficiales variaron entre 6,6 y 8,5 °C y los perfiles de registrados en diciembre 2008, mayo y diciembre 2009 presentaron termoclina que afectaron los primeros 10m, en la segunda estación las temperaturas superficiales oscilaron entre 5,8 y 9,7 °C y los perfiles registrados en marzo y diciembre de 2009 presentaron pequeñas termoclinas que afectaron los primeros 10m. En C. Adalberto (M04) se observó una marcada variación de las temperaturas superficiales cuyos valores oscilaron entre 6,9 y 13,3 °C, todos los perfiles presentaron termoclinas que afectaron los primeros 40m y algunos perfiles mostraron inestabilidad en la columna de agua hasta los 100. En Cta. Williams (M17) las temperaturas superficiales fluctuaron entre 5,4 y 10,5 °C afectando fuertemente los primeros 40m de la columna de agua, sin embargo a esa profundidad aún persistía una diferencia entre los distintos perfiles de 1,7 °C, los que se estabilizaron a los 70m en torno a los 8,7 °C. En B. Isthmus (M19) las diferencias de temperatura en superficie estuvieron entre 5,6 y 10,7 °C afectando los primeros 50m de la columna de agua lugar en que se podía observar diferencias de 1,7 °C entre los diferentes perfiles. En I. Larga (M20) la situación fue semejante a lo sucedido en la



estaci3n anterior, en que las temperaturas oscilaron entre 5,6 y 10,5 °C afectando los primeros 30m de la columna de agua en cuya profundidad las diferencias entre perfiles bordearon los 2 °C. En E. de las Montañas (M22) las temperaturas superficiales fluctuaron entre 5,9 y 11,0 °C afectando los primeros 40m ya que a partir de esa profundidad las temperaturas se ajustaron a un valor cercano a 9 °C, excepto el perfil de junio que se ajust3 a la temperatura de los otros perfiles a la profundidad de 60 m. En E. Sullivan (M27) las temperaturas superficiales variaron entre 5,2 y 10,4 °C afectando fuertemente los primeros 20m de la columna y levemente la porci3n que alcanza los 50m, a partir de esa profundidad los perfiles fueron homotermal en el rango de 7,2 y 8,3 °C entre los diferentes perfiles. En S. Ventisquero (M40) y B. Yendegaia (M43) las variaciones fueron menores, en el primero la temperatura superficial oscil3 entre 4,4 y 8,4 °C afectando los 30m de la columna y muy levemente hasta los 100m, mientras que la segunda estaci3n la temperatura vari3 entre 5,2 y 9,0 °C afectando los primeros 40m de la columna, excepto los perfiles de invierno e inicios de primavera cuyos perfiles fueron homotermal (Fig. 243).

En el esquema superficial de la columna de agua, la temperatura a 0 m vari3 entre 4,3 y 13,3 °C, la mínima fue registrada en Ventisquero España (M41) (12 de septiembre de 2009) y la máxima fue observada en Canal Adalberto (M04) (4 de diciembre de 2008), en tanto que el valor promedio fue de 8,0 °C ($\pm 0,08$ °C). Las medias por crucero señalan que durante los primeros dos cruces efectuados entre diciembre de 2008 e inicios de marzo de 2009, se presentaron las temperaturas promedio más elevadas con 9,7 °C ($\pm 0,18$ °C) y 9,9 °C ($\pm 0,16$), respectivamente; mientras que las más bajas se observaron en el sexto y séptimo cruces, desarrollados entre julio y septiembre, con valores promedio de 5,7 °C ($\pm 0,25$ °C) y 6,4 °C ($\pm 0,14$ °C) respectivamente. Desde el punto de vista estacional se observa que en los meses de invierno es donde se registran las menores temperatura promedio: 6,2 °C ($\pm 0,13$ °C), mientras que en verano el promedio sube a 9,8 °C ($\pm 0,14$ °C).

A los 5 m de profundidad la temperatura fluctu3 entre 4,4 y 12,7 °C, con promedio en torno a los 8,0 °C ($\pm 0,08$ °C). La menor temperatura se observ3 en las estaciones Seno Ventisquero (M40) (11 de agosto de 2009) y Ventisquero España (M41) (12 de septiembre de 2009), mientras que el valor máximo se obtuvo en la estaci3n Canal Adalberto (M04) (1 de febrero de 2009) (Fig. 195). Los meses que tuvieron las máximas temperaturas se presentaron en los tres primeros cruces efectuados entre diciembre de 2008 y marzo de 2009 con valores de 9,3 °C ($\pm 0,12$), 9,8 °C ($\pm 0,10$) y 9,3 °C ($\pm 0,13$) respectivamente. Los valores más bajos se obtuvieron entre julio y septiembre, donde el sexto y séptimo cruces presentaron valores de 5,8 °C ($\pm 0,25$) y 6,4 °C ($\pm 0,14$), respectivamente. Se aprecia una clara estacionalidad en la temperatura ya que en invierno se observa un valor promedio de s3lo 6,3 °C ($\pm 0,13$ °C), mientras que en verano se alcanzan los 9,2 °C ($\pm 0,12$ °C).

A las profundidades de 10 y 20 m no se aprecian diferencias significativas en la distribuci3n de la temperatura, ya que la fluctuaci3n a los 10 m fue entre 4,5 y 12,5 °C, mientras que a los 20 m fue de 4,7 y 11,9 °C. El valor promedio fue de 8,0 y 7,9 °C respectivamente. En ambos estratos el valor mínimo fue registrado en la estaci3n Ventisquero España (M41) (2 de septiembre de 2009), mientras que las máximas temperaturas se observaron en Canal Adalberto (M04) (1 de febrero de 2009) e Isla Topar (M11) (23 de marzo de 2009).



De los niveles descritos, el superficial es el que registra una mayor variación en términos de mínimas y máximas, ya que en algunas estaciones se presentaron variaciones importantes como en Isla Ballesteros (M23) que fluctuó entre 5,0 y 12,5 °C, Canal Adalberto (M04) (entre 6,9 y 13,3 °C) y Estero Silva Palma (M23) (entre 4,7 y 10,8 °C). A 5 m las variaciones se hacen menos importantes entre las distintas estaciones y épocas del año, sin embargo, Isla Ballesteros (M23) y Canal Adalberto (M04) siguen manteniendo una amplia fluctuación (entre 5,1 y 12,0 °C y 6,9 y 12,7 °C respectivamente), así como Puerto Zenteno (M39) que varió entre 6,2 y 11,8 °C. A los 10 m las diferencias se hacen aún menos importantes, sólo se destacan Isla Ballesteros (M23) (que varió entre 5,2 y 11,5 °C) y Bahía Liberta (M05) (que varió entre 6,8 y 12,5 °C). Por último, a los 20 m sólo Seno Europa (M10) registra una variación importante entre la máxima y la mínima (11,0 °C y 5,5 °C).

La observación horizontal de las temperaturas muestra que en el estrato superficie-10 m se obtuvo una tendencia más o menos similar entre cada una de las áreas de la región, a saber, una fuerte estacionalidad marcada por altas temperaturas en verano, con valores en el área norte entre 8,3 y 11,9 °C, entre 7,6 y 10,1 °C en el área centro y entre 7,9 y 9,2 °C el área sur. Mientras que en invierno las temperaturas fluctúan entre 4,9-8,3 °C, 6,0-7,6 °C y 4,3-6,2 °C en las mismas áreas respectivamente.

Por otro lado, en el estrato 10-20 los valores mínimos y máximos son: entre 5,9 y 10,8 °C en la zona norte (promedio de 8,5 °C $\pm$ 0,12 °C), entre 5,4 y 9,9 °C en el área centro (promedio de 8,0 $\pm$ 0,10 °C) y entre 4,7 y 9,1 °C en la zona sur (promedio de 6,9 $\pm$ 0,23 °C) (Figs. 204-209).

5.6.2. Temperatura del agua obtenida mediante sensores de registro continuo.

Se instalaron equipos de registro continuo de temperatura en algunas estaciones de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Debido a que estos equipos sufrieron pérdidas involuntarias o deterioros de otros casos, solo se rescataron datos de temperatura en una estación ubicada en la región de Los Lagos, en siete estaciones ubicadas en la región de Aysén y en seis estaciones ubicadas en la región de Magallanes.

En general, los datos de temperatura muestran una tendencia a la disminución con la latitud y las variaciones entre máximas y mínimas son amplias en sectores como Repollal - Canal Puquitrín (A02) (8,25 °C), Seno Magdalena (A19) (7,64 °C), Faro Marta-Canal Puyuhuapi (A20) (7,62 °C) y Puerto Amparo (A21) (7,15 °C), en el resto de las estaciones sin considerar Magallanes, las variaciones estuvieron entre 5,2 y 4,0 °C. En Magallanes, los datos fueron recolectados a partir de julio y agosto y en este periodo las variaciones estuvieron entre 5,5 y 2,7 °C. Por otro lado, los registros completos que incluyeron diciembre de 2008 y diciembre de 2009 sugieren que la temperatura del agua fue más baja durante el último periodo, en algunos casos superaron los 2 °C.

En la región de Los Lagos se recolectaron datos de temperatura en forma continua en Sotomó (L02N01) a partir de marzo de 2009 hasta inicios de noviembre del mismo año, pero con una



interrupción que afectó la data de parte de junio, todo julio y parte de agosto. En adelante los datos asociados a rangos de temperatura corresponden a promedios diarios.

En Sotomó (L02N2) las temperaturas del agua fueron registradas a una profundidad de 10m durante el periodo comprendido entre los días 26 de marzo de 2009 y 7 de noviembre de 2009, con una interrupción menor localizada entre el 20 de junio y 13 de agosto. El rango de temperaturas observadas en esta área varió entre 10,02 y 14,24 °C (Promedios diarios registrados el 17 de junio y 28 de marzo, respectivamente). Las mayores variaciones se observaron entre marzo y mayo (Fig. 250).

En la región de Aysén se registraron datos de temperatura de siete equipos instalados en Repollal - Canal Puquitrín (A02), Isla Jesús (A38N1), Seno Magdalena (A19), Faro Marta-Canal Puyuhuapi (A20), Puerto Amparo (A21), Isla Rojas Paso 3 Cruces (A54) e Isla Scout (A57).

En Canal Puquitrín (A02) las temperaturas del agua fueron registradas a una profundidad de 10m durante el periodo comprendido entre el 7 de diciembre de 2008 y el 17 de octubre de 2009, con una interrupción que afectó el periodo comprendido entre el 1 de mayo y 24 de julio de 2009. Las temperaturas registradas variaron entre 8,00 y 16,25 °C (promedios diarios) y fueron notables las oscilaciones de temperatura observadas entre diciembre y marzo y entre julio y octubre. En la primera se observaron variaciones de temperatura en ciclos que fluctuaron entre 10 y 16 días con diferencias de temperatura menores de 2 °C entre las mínimas y las máximas y en la segunda se observaron fluctuaciones de temperatura leves cuyos ciclos de 15 días mostraron diferencias menores de 1 °C entre la mínima y la máxima (Fig. 251).

En Isla Jesús (A38N1) las temperaturas del agua fueron registradas a una profundidad de 10m durante el periodo comprendido entre el 14 de diciembre de 2008 y el 3 de diciembre de 2009, sin interrupciones. Las temperaturas registradas variaron entre 8,83 y 12,21 °C (promedios diarios). Entre enero y abril se observan las mayores variaciones, con oscilaciones de temperatura inferiores a 1 °C en ciclos de 30 días.

En Seno Magdalena (A19) las temperaturas del agua fueron registradas a una profundidad de 10m durante el periodo comprendido entre el 19 de diciembre de 2008 y el 5 de diciembre de 2009, sin interrupciones. Las temperaturas registradas variaron entre 8,49 y 16,13 °C (promedios diarios) y fueron notables las oscilaciones de temperatura observadas entre enero y febrero y entre mayo y agosto. En la primera se observaron grandes variaciones de temperatura en un ciclo de 30 días, con diferencias de 1,7 y 3,0 °C entre la mínima y la máxima y en la segunda se observaron fluctuaciones de temperatura leves cuyos ciclos de 30 días mostraron diferencias de 0,7 y 1,9 °C entre la mínima y la máxima (Fig. 251).

En Faro Marta – C. Puyuhuapi (A20) las temperaturas del agua fueron registradas a una profundidad de 10m durante el periodo comprendido entre el 19 de diciembre de 2008 y 31 de diciembre de 2009, sin interrupciones. Las temperaturas registradas variaron entre 6,70 y 14,32 °C (promedios diarios) y fueron notables las oscilaciones de temperatura observadas entre diciembre y marzo y



entre mayo y agosto. En ambos episodios se observaron variaciones con ciclos de 30 días y las diferencias entre las mínimas y las máximas no superaron los 2 °C.

En P. Amparo (A21) las temperaturas del agua fueron registradas a una profundidad de 10m durante el periodo comprendido entre el 19 de diciembre de 2008 y el 31 de diciembre de 2009, sin interrupción. Las temperaturas registradas variaron entre 7,82 y 14,97 °C (promedios diarios) y las variaciones se presentaron en ciclos irregulares que en algunos casos fueron mensuales y en otras cada 15 días con diferencias cercanas a los 2 °C entre los valores mínimos y los máximos de cada ciclo.

En I. Rojas – Paso Tres Cruces (A54) los registros de temperatura del agua fueron obtenidos a 10m de profundidad durante el periodo comprendido entre el 29 de diciembre de 2008 y 21 de diciembre de 2009. Las temperaturas variaron entre 8,33 y 11,77 °C (promedios diarios) y se observaron pequeñas fluctuaciones inferiores a 0,5 °C en periodos mensuales.

En I. Scout (A57) los registros de temperatura fueron obtenidos a 10m de profundidad durante el periodo comprendido entre el 28 de enero y 31 de octubre de 2009, con una interrupción en la data acontecida entre el 25 de abril y 27 de septiembre de 2009. Las temperaturas registradas variaron entre 7,32 y 12,52 °C (promedios diarios) y las variaciones se presentaron en ciclos mensuales particularmente durante los primeros meses de registro y cuyas fluctuaciones de temperatura fueron leves, cercanas a un grado entre la mínima y la máxima de cada ciclo (Fig. 251)

En la región de Magallanes se registraron datos de temperatura de seis equipos instalados en Puerto Edén (M06), Bahía Isthmus (M19), Bahía Mussel (M30), Puerto Zenteno (M39), Seno Ventisquero (M40) y Puerto Navarino (M44).

En Puerto Edén (M06) las temperaturas del agua fueron registradas a una profundidad de 10m durante el periodo comprendido entre el 31 de julio y el 9 de diciembre de 2009, sin interrupción. Las temperaturas registradas variaron entre 7,23 y 10,83 °C (promedios diarios) y las variaciones en este periodo fueron leves y en su mayoría estuvieron en el mes de agosto (Fig. 252).

En Bahía Isthmus (M19) las temperaturas del agua fueron registradas a una profundidad de 10m durante el periodo comprendido entre el 3 de agosto y el 11 de diciembre de 2009, sin interrupción. Las temperaturas registradas variaron entre 5,25 y 8,88 °C (promedios diarios) y las variaciones en este periodo fueron muy leves.

En Bahía Mussel (M30) las temperaturas del agua fueron registradas a una profundidad de 10m durante el periodo comprendido entre el 29 de julio y el 13 de enero de 2010, sin interrupción. Las temperaturas registradas variaron entre 6,07 y 8,82 °C (promedios diarios) y las variaciones en este periodo fueron leves y con énfasis durante diciembre, con ciclos irregulares cercanos a 30 días y con diferencias en torno a 1 °C entre las mínimas y máximas observadas en cada ciclo.



En Puerto Zenteno (M39) las temperaturas del agua fueron registradas a una profundidad de 10m durante el periodo comprendido entre el 23 de julio y el 8 de enero de 2010, sin interrupción. Las temperaturas registradas variaron entre 6,01 y 9,62 °C (promedios diarios) y las variaciones en este periodo fueron muy leves e irregulares.

En Seno Ventisquero (M40) las temperaturas del agua fueron registradas a una profundidad de 10m durante el periodo comprendido entre el 11 de agosto y el 19 de diciembre de 2009, sin interrupción. Las temperaturas registradas variaron entre 4,03 y 7,64 °C (promedios diarios) y las variaciones en este periodo fueron muy leves e irregulares sin un patrón definido.

En Puerto Navarino (M44) las temperaturas del agua fueron registradas a una profundidad de 10m durante el periodo comprendido entre el 12 de agosto y el 20 de diciembre de 2009, sin interrupción. Las temperaturas registradas variaron entre 5,00 y 7,85 °C (promedios diarios) y las variaciones de temperatura en este periodo mostraron ciclos semanales con oscilación cercana a 1 °C a partir de octubre (Fig. 252).

5.6.3. Salinidad del agua

La distribución de la salinidad en la vertical muestra una estructura estable a largo de todo el año en la mayor parte de las estaciones muestreadas, donde la presencia de una fuerte haloclina mantiene una columna de agua dividida en dos capas. Esta división está marcada por la acción directa de grandes y variadas fuentes y aportes de agua dulce, desde la alta pluviosidad, hasta el derretimiento de glaciares, pasando por ríos que entregan importante caudales al sistema de canales y fiordos.

La salinidad en superficie considerando toda el área de muestreo varió ampliamente entre 1,4 y 33,5 psu, la mínima fue registrada en Cochamó (L02N2) (6 de enero de 2010) y el valor máximo en las estaciones Bahía Inio (L22N2), Isla San Pedro (L23), Canal Guamblad (L23N1), Isla Guapiquilán (L24) e Isla Guapiquilán 2 (L24N1) (9 y 10 de octubre de 2009), todas ubicadas en la región de Los Lagos. El valor promedio para toda el área de muestreo fue de 26,0 psu ($\pm 0,20$ psu).

A la profundidad de 5 m la salinidad varió entre 3,3 y 33,7 psu, la mínima fue registrada en Potrerillos (L03N1) (1 de diciembre de 2009) y la máxima en Isla Chaulinec (L13), Isla Acui (L16), Isla Chaullín (L16N1) e Isla Guapiquilán (L24) (entre 20 y 31 de mayo de 2009). El promedio fue 28,3 ($\pm 0,13$ psu).

A los 10 m la salinidad varió entre 9,4 y 34,1 psu, con un valor máximo registrado en las estaciones Isla Acui L16 e Isla Chaullín L16N1 (25 de abril de 2009), mientras que la salinidad mínima se obtuvo en Bahía Liberta M05 (21 de marzo de 2009). El valor promedio fue de 29,7 psu ($\pm 0,08$ psu).

Finalmente, a los 20 m los valores máximos y mínimos de salinidad estuvieron entre 17,8 y 34,9 psu, donde la estación Isla Ballesteros (M23) (24 de marzo de 2009) registró el valor mínimo, mientras que en Ensenada Quilanlar (L22N1) se obtuvo el valor máximo.



Cuando se efectúa un análisis de la salinidad en las distintas regiones, se puede apreciar una amplia variedad estacional y latitudinal dada por la geografía y las distintas fuentes que aportan al sistema; en ese sentido, aquellas estaciones que se encuentran en las cercanías de grandes ríos y/o glaciares tienen salinidades inferiores a aquellas que recibe la influencia oceánica. Esto se manifiesta especialmente en el estrato superficial del estuario Reloncaví donde las estaciones ubicadas en la cabeza llegan a tener salinidades de 12,5 psu, las que se mantienen bajas hasta alcanzar la boca del estuario donde se recibe agua más salina desde el seno Reloncaví (Figs. 213-216). Situación parecida se observa la región de Aysén donde la mayoría de las estaciones que se encuentran cerca de fiordos y canales interiores (canales Puyuhuapi y Yacaf, fiordos Aysén y Quitalco) muestran concentraciones de salinidad superficial bajo 23 psu (Figs. 217-220). En Magallanes, la zona norte la mayor parte de las estaciones registran salinidades inferiores a 30 psu. Las mismas condiciones se observan en el brazo noroeste del canal Beagle donde las salinidades se encuentran bajo 28 psu (Figs. 221-226). El estrato más profundo (10-20 m) muestra que en todas las regiones la salinidad está sobre 30 psu, lo que denota la influencia directa de aguas oceánicas.

El análisis por región señala que en Los Lagos la salinidad del agua a nivel superficial varió entre 1,4 y 33,5 psu, la menor salinidad fue registrada en Cochamó (L02N2) (6 de enero de 2009), mientras que la máxima fue registrada en varias estaciones en distintos cruceros: Bahía Inio (L22N2) (6 de diciembre de 2009), Isla San Pedro (L23) (10 de octubre de 2009), Canal Guamblad (10 de octubre de 2009) (L23N1), Isla Guapiquilán (L24) (9 de octubre de 2009) e Isla Guapiquilán 2 (L24N1) (9 de octubre de 2009), en tanto que el promedio estuvo en 27,1 psu ($\pm 0,62$ psu).

Los meses que registraron las máximas salinidades promedio corresponden a los cruceros efectuados en abril (cuarto) y julio (sexto), con 29,3 ($\pm 1,05$) y 28,2 ($\pm 1,05$ psu), respectivamente. Por otro lado, las salinidades más bajas se obtuvieron en octubre y noviembre: 22,7 psu ($\pm 2,62$) y 26,3 psu ($\pm 1,77$ psu).

Desde el punto de vista estacional las mayores salinidades a nivel superficial se registraron en otoño: 28,4 psu ($\pm 0,90$ psu), mientras que los valores promedios más bajos de salinidad se observaron en primavera con 25,7 psu. ($\pm 1,11$ psu) A los 5 m la salinidad varió entre 3,3 y 33,7 psu, el rango menor fue registrado en Potrerillos (L03N1) (1 de diciembre de 2009), en tanto que el rango mayor se presentó en I. Guapiquilán (L24) (31 de mayo de 2009), mientras que el promedio se mantuvo en 30,1 psu ($\pm 0,40$ psu). Los meses con menores salinidades fueron noviembre y octubre: 25,8 psu ($\pm 2,26$ psu) y 28,4 psu ($\pm 1,44$ psu), mientras que en mayo y abril se registran los mayores valores: 31,7 psu ($\pm 0,60$ psu) y 31, 6 psu ($\pm 0,57$ psu), respectivamente.

En términos estacionales la mayor salinidad promedio se obtuvo en los meses de otoño ($31,7 \pm 0,41$ psu), mientras que los valores mínimos se observaron en primavera con 28,3 psu ($\pm 0,87$ psu). A los 10 m, esta misma variable fluctuó entre 26,0 y 34,1 psu, la extrema superior fue registrada en Isla Acui (L16) e Isla Chaullín (L16N1) (25 de abril de 2009), en tanto que la extrema inferior fue registrada en Pocolihúen (L02N4) (4 de noviembre de 2009), mientras que el valor promedio estuvo en 32,5 psu ($\pm 0,08$ psu). Los meses en que se registraron las menores salinidades son noviembre con 31,4 psu ($\pm 0,42$ psu) y octubre con 32,0 psu ($\pm 0,31$ psu), mientras que las mayores



salinidades se observan en abril y mayo con 33,4 ($\pm 0,09$ psu) y 32,9 psu ($\pm 0,19$ psu) respectivamente.

El análisis por estaciones del año registra valores bajos de salinidad en primavera (32 psu $\pm 0,16$ psu) mientras que las mayores salinidades se observan en otoño (33,2 psu $\pm 0,11$ psu). A los 20 m de profundidad los extremos de salinidad fluctuaron entre 29,6 y 34,9 psu, observándose el valor mínimo en la estación Metri (L01) el día 25 de junio de 2009, mientras que la mayor salinidad se obtuvo el día 30 de mayo de 2009 en la estación E.Quilanlar (L22N1). Durante los meses de septiembre y noviembre se registraron las salinidades más bajas: 32,5 ($\pm 0,07$ psu y $\pm 0,10$ psu respectivamente), mientras que en abril y mayo se obtuvieron los valores máximos de salinidad: 34,3 psu ($\pm 0,05$ psu) y 34,0 psu ($\pm 0,14$ psu). Desde el punto de vista estacional, durante invierno y primavera la salinidad se encuentra en torno a 32,7 psu ($\pm 0,05$ psu), mientras que en otoño ésta alcanza a las 34,2 psu ($\pm 0,08$ psu)

De las profundidades descritas es posible afirmar que las salinidades más bajas se observaron en las estaciones ubicadas en el Estuario Reloncaví, cuyas variaciones mensuales registradas en superficie variaron entre 1,4 y 30,2 psu. También presentaron salinidades bajas las estaciones Metri (L01) (rango 24,4 – 32,0 psu), Caleta La Arena (L03) (11, 2– 31,5 psu) e Isla Caicura (L06N1) (rango 5,4 – 25,6 psu), posiblemente debido a que se ubican en lugares muy cercanas al Estuario y reciben aportes de aguas con baja salinidad. Las estaciones ubicadas en la provincia de Palena en Chiloé continental también presentaron variaciones importantes en su salinidad, estas fueron: Ayacara (L10) (rango: 27,3 – 31,5 psu), Bahía Pumalín (L10N3) (rango: 15,7 – 31,6 psu), Estero Palvitad (L17N1) (rango: 18,4 – 29,1 psu), Bahía Corcovado (L21) (rango: 28,6 – 32,4 psu) y Bahía Tic-Toc (L25) (rango: 26,8 y 32,4 psu) (Fig. 210).

A los 5 m muy sólo algunas estaciones presentaron variaciones estacionales considerables, sólo aquellas ubicadas en el Estuario de Reloncaví además de Isla Caicura (L06N1), Caleta la Arena (L03) y Metri (L01) mostraron diferencias importantes. Las primeras variaron entre 3,3 y 31,3 psu, mientras que las tres últimas registraron valores que fluctuaron entre 24,9 y 32,0 psu. A los 10 m las diferencias en las salinidades fueron muy poco evidentes, solo en el Estuario de Reloncaví y las estaciones fuera de esa área, pero que reciben influencia de este mismo, presentaron variaciones menores cuyo rango varió entre 26,0 y 33,3 psu. Bajo los 20 m de profundidad las diferencias son poco significativas, registrando un rango entre 29,6 y 34,9 psu

En Aysén las salinidades observadas en superficie variaron entre 2,0 y 33,0 psu, la mínima fue registrada en Repollal-E. Las Islas-A08 (18 de junio de 2009), mientras que la máxima fue registrada en Pto. Barrientos-A03 (21 de marzo de 2009), en tanto que el valor promedio fue de 24,4 psu ($\pm 0,28$ psu). Los meses que registraron las más altas salinidades superficiales fueron cruceros efectuados en octubre de 2009 (27,3 psu $\pm 0,51$ psu), junio-julio de 2009 (25,6 psu $\pm 0,91$ psu) y diciembre de 2008 (25,5 psu $\pm 0,82$ psu). Las menores salinidades se obtuvieron en los cruceros desarrollados en febrero-marzo, diciembre y abril-mayo de 2009 (23,3 psu $\pm 0,95$ psu, 23,3 psu $\pm 0,76$ y 23,5 psu $\pm 0,93$ psu respectivamente). Al hacer un análisis estacional se observa que en general no hubo grandes diferencias, ya que en los meses donde se produjo la salinidad más baja



(otoño), ésta alcanzó los 23,6 psu ($\pm 0,54$ psu), mientras que en primavera, donde se obtuvieron las máximas salinidades, ésta llegó a 24,9 psu ($\pm 0,45$ psu) (Fig. 211).

A los 5 m las salinidades fluctuaron entre 8,9 y 33,2 psu, la extrema inferior fue registrada en Isla Porcia-A58 el día 31 de marzo de 2009 y la máxima fue observada en Pto. Barrientos-A03 el día 21 de marzo de 2009. El promedio fue de 27,4 psu ($\pm 0,16$ psu), con los meses de junio-julio y octubre con las máximas salinidades registradas: 29,0 psu ($\pm 0,27$ psu) y 28,3 psu ($\pm 0,40$ psu) respectivamente, mientras que las menores salinidades se observaron entre marzo y junio (Cruceros 3-5) con valores promedio entre 26,3 psu ($\pm 0,54$) y 26,9 psu ($\pm 0,77$ psu).

En términos estacionales las menores salinidades se obtuvieron en otoño con un valor promedio de 26,7 psu ($\pm 0,36$ psu), mientras que fue invierno donde la salinidad fue máxima: 27,9 psu ($\pm 0,28$ psu). A los 10 m las salinidades variaron entre 19,1 y 33,4 psu, la mínima fue registrada en Isla Zealous (A59) (1 de diciembre de 2008) y la máxima fue en Puerto Barrientos (A03) (8 de septiembre de 2009), mientras que el valor promedio fue de 29,1 psu ($\pm 0,08$ psu). En general, no se aprecian diferencias importantes entre los distintos meses de muestreo, ya que el mes de mayo registra un valor mínimo de 28,3 psu ($\pm 0,25$ psu) mientras que el máximo se observa en junio-julio con 29,5 psu ($\pm 0,19$ psu). Misma situación se aprecia al analizar por estación del año.

A la profundidad de 20 m los valores de salinidad fluctuaron entre 24,6 y 33,8 psu, con un valor mínimo encontrado en la estación Isla Scout (A57) (28 de enero de 2009) y una salinidad máxima observada en la estación Isla García (A34) el 8 de septiembre de 2009.

De las profundidades descritas anteriormente es posible afirmar que las mayores variaciones estacionales de la salinidad superficial se encuentran las estaciones ubicadas en el sector de Caleta Tortel, donde la mayoría mantiene rangos amplios de variación, como por ejemplo Isla Porcia (A58) que tiene un rango entre 5,7 y 23,7 psu, o en Isla Alert - Roca Lobo (A56) que fluctuó entre 8,2 y 26,0 psu. En algunas estaciones cercanas a Raúl Marín Balmaceda, canal Yacaf, Canal Puyuhuapi y fiordo Aysén la amplitud fue aún mayor: en Añihue (A10), la salinidad estuvo entre 7,3 y 32,2, así como en Repollal-Estero Las Islas (A08) que tuvo salinidades entre 2,0 y 24,8 psu, en isla Manuel (A15) el rango fue entre 14,2 y 28,9 psu, mientras que en Cinco Hermanas (A24) la salinidad fue entre 3,4 y 25,9 psu.

A los 5 m se perciben salinidades bajas y amplia variación estacional en muy pocas estaciones, entre ellas, Laja Brazo Pillán1 (A06) (rango 18,8 y 28,8 psu), Repollal-E. Las Islas (A08) (15,6 y 29,4 psu), Seno Magdalena (A19) (rango 15,6 y 28,1 psu) e Isla San Andrés (A22) (rango 18,0 y 29,6). Todas las estaciones del sector de Caleta Tortel mantienen una fuerte amplitud. A los 10 y 20 m se observan diferencias aún menores, sólo se aprecia una amplitud importante en algunas estaciones de caleta Tortel: entre isla Orlebar e isla Zealous (Figs. 217-220).

En Magallanes las salinidades registradas en superficie oscilaron entre 9,2 y 33,5 psu, la extrema menor fue registrada en Bahía Liberta (M05) (21 de marzo de 2009), mientras que la máxima fue registrada en Pto. Zenteno (M39) (8 de enero de 2009), en tanto que el promedio fue de 27,7 psu ($\pm$



0,18 psu). Los meses que registraron las más bajas salinidades se presentaron en el tercero y quinto cruceros (15 mar-01 abr y 28 may-19 jun 2009, respectivamente) con 25,0 psu ($\pm 0,85$ psu) y 26,5 psu ($\pm 0,26$ psu), mientras que las máximas salinidades estuvieron en primer y sexto cruceros (2 dic de 2008-12 ene 2009 y 22 jul-13 ago de 2009) con 29,7 ($\pm 0,34$ psu) y 29,1 psu ($\pm 0,43$ psu). En términos estacionales se pudo observar que durante otoño se producen las salinidades mínimas (26,5 psu $\pm 0,38$ psu), mientras que en invierno se registraron los valores más altos: 29,1 psu ($\pm 0,31$ psu) (Fig. 212).

Al igual que el estrato más superficial, a los 5 m las salinidades estuvieron entre 9,2 y 33,5 psu, con las mismas estaciones anteriores, es decir, Bahía Libertá (M05) (21 de marzo de 2009), como mínimo y Puerto Zenteno-M39 (8 de enero de 2009) como máximo. El promedio a este estrato fue de 28,3 psu ($\pm 0,17$ psu). Los meses con valores más altos de salinidad se observaron en el primer y sexto cruceros (2 dic de 2008-12 ene 2009 y 22 jul-13 ago de 2009) con 29,8 ($\pm 0,22$ psu) y 29,4 psu ($\pm 0,41$ psu), mientras que las más bajas salinidades se presentaron en los Cruceros 3 y 5 (15 mar-01 abr y 28 may-19 jun 2009 respectivamente) con 26,4 psu ($\pm 0,82$ psu) y 27,7 psu ($\pm 0,87$ psu). Desde el punto de vista estacional se registra un otoño con salinidades bajas (27,4 psu $\pm 0,35$ psu), mientras que en invierno se registraron los valores más altos: 29,2 psu ($\pm 0,30$ psu). A los 10 m de profundidad las diferencias con los otros estratos son mínimas, ya que se observó una fluctuación entre salinidades mínimas y máximas en torno a los 9,4 y 33,5 psu. Con las mismas estaciones y los mismos días que los estratos anteriores, es decir, Bahía Libertá (M05) y Pto. Zenteno (M39). El promedio fue de 28,8 psu ($\pm 0,15$ psu). Lo mismo se registró en los meses con los valores más altos (primer y sexto cruceros) y más bajos (tercer y cuarto cruceros) de salinidad. Sólo a los 20 m las salinidades registran una diferencia, variando entre 17,8 y 33,4 psu, con la mínima registrada en Isla Ballesteros (M23) (24 de marzo de 2009) y la máxima fue registrada en Isla Topar (M11) (3 de diciembre de 2008), mientras que el valor promedio fue de 29,9 psu ($\pm 0,12$ psu). Los meses con mayores salinidades fueron muestreados entre diciembre de 2008 y marzo de 2009 con valores que fluctuaron entre 31,2 psu ($\pm 0,27$ psu) y 31,1 psu ($\pm 0,28$ psu) en el primer y segundo cruceros, respectivamente, mientras que la salinidad mínima se obtuvo en el cuarto crucero (abril-mayo de 2009) con 28,0 psu ($\pm 0,41$ psu).

Las salinidades más bajas y con mayor variación estacional en la superficie se presentaron en las estaciones localizadas entre el C. Adalberto e Isla Crossover, mostrando fluctuaciones entre 14,0 y 31,2 psu. Dentro de este grupo se observaron estaciones con diferencias notables, entre ellas, C. Adalberto (M04) (rango 13,0 y 28,4 psu) y Bahía Libertá (M05) (rango 9,2 y 27,6 psu). Importantes variaciones muestran también las estaciones de Seno Europa (M10) (rango entre 28,4 y 16,8 psu) e Isla Ballesteros (M23) (rango entre 26,0 y 13,9 psu). En el estrecho de Magallanes también es posible observar grandes fluctuaciones, aunque sólo en algunos cruceros: Estero Sullivan (M27) (rango entre 16,1 y 32,1 psu), Bahía Nash (M31) (rango entre 18,3 y 31,9) y Bahía Cordes M32 (entre 16,8 y 32,2).

A los 5 m las estaciones que presentaron salinidades más extremas fueron nuevamente C. Adalberto (M04) (rango 16,7 y 28,8 psu), Bahía Libertá (M05) (rango 9,2 y 28,9 psu), Estero Sullivan (M27) (rango entre 18,3 y 32,0 psu), Bahía Nash (M31) (rango entre 19,3 y 32,1) y Bahía Cordes



(M32) (entre 17,0 y 32,2). También en el canal Beagle aparece una estación con una fluctuación importante: Ventisquero Holanda (M42), quien tuvo una mínima 21,0 psu de un máxima de 32,2 psu. A la profundidad de 10 m se repiten las amplias fluctuaciones en las estaciones Adalberto (M04) (rango 19,0 y 29,8 psu), Bahía Liberta (M05) (rango 9,4 y 29,4 psu), Bahía Nash (M31) (rango entre 19,1 y 32,2) y Bahía Cordes (M32) (entre 17,2 y 32,2). A los 20 m de profundidad las fluctuaciones se hacen menos evidentes en la mayoría de las estaciones, sólo aquellas ubicadas en Estero de Las Montañas (M22) (rango entre 19,2 y 31,3 psu), Bahía Fanny (M24) (17,8 28,3 psu), Bahía Nash M31 (rango entre 20,5 y 32,3) y Bahía Cordes M32 (rango entre 20,5 y 32,3) muestran variaciones importantes (Figs. 221-226).

5.6.4. Concentración del oxígeno disuelto en el agua

Los resultados para esta variable se encuentran en los Anexos 78-80, y Figs. 227-240. De manera general, el oxígeno en superficie considerando las tres regiones de muestreo, varió entre 1,8 y 15,0 mg·L⁻¹, el mínimo fue registrado en Cochamó (L02N2) (11 de agosto de 2009) ubicada en la región de Los Lagos y la máxima en Isla San Andrés (A22) (9 de septiembre de 2009) establecida en la región de Aysén, mientras que el promedio fue de 9,3 mg·L⁻¹ ($\pm 0,35$, error estándar). A 5 m de profundidad el oxígeno varió entre 5,2 y 14,3 mg·L⁻¹, la mínima fue registrada en la estación de Agua Fresca (M37) (11 de mayo de 2009) en la región de Magallanes y la máxima en Isla San Andrés (A22) (09 de septiembre de 2009) de la región de Aysén, en tanto que el promedio fue de 9,3 mg·L⁻¹ ($\pm 0,34$). A la profundidad de 10 m, el oxígeno varió entre 5,0 y 13,8 mg·L⁻¹, la mínima y máxima fueron registradas en la región de Aysén, en las localidades de Cinco Hermanas (A24) (22 de abril de 2009) y Grupo Enjambre (A36) (10 de noviembre de 2009), respectivamente. En tanto que el promedio fue de 9,0 mg·L⁻¹ ($\pm 0,34$). A 20 m el oxígeno varió entre 4,3 y 13,2 mg·L⁻¹, la mínima fue registrada en Picoihuén (L02N4) (6 de enero de 2010) en la región de Los Lagos y en Cinco Hermanas (A24) (22 de abril de 2009) en la región de Aysén, mientras que el máximo de oxígeno se presentó en Grupo Enjambre (A36) (10 de noviembre de 2009) establecida en la región de Aysén, mientras que el promedio fue de 8,6 mg·L⁻¹ ($\pm 0,34$).

Observando la distribución horizontal del oxígeno en todas las regiones, se puede apreciar una amplia variedad estacional y latitudinal dada por la geografía y las distintas fuentes que aportan al sistema.

Para la región de Los Lagos, las localidades que se encuentran en las cercanías de grandes ríos y/o glaciares tienen valores de oxígeno más altos a aquellas que recibe la influencia oceánica. Estacionalmente, en el estrato superficial del estuario de Reloncaví, se observan mayores concentraciones de oxígeno durante otoño y primavera, especialmente en áreas de la boca y cabezal del fiordo, mientras que durante el invierno los valores integrados del oxígeno disuelto disminuyen hasta alcanzar valores de 5,5 mg/L en el sector de Cochamó. Para el estrato más profundo, las menores concentraciones de oxígeno se distribuyen geográficamente de manera más extensa, y tienden a disminuir hacia el cabezal, mostrando durante otoño e invierno una mayor oxigenación en la boca del estuario, cerca de Isla Calcura, y condiciones más homogéneas en la



distribución de este parámetro durante primavera. En el área de Chiloé, la concentración integrada del oxígeno disuelto en los primeros metros, resulta mayor en los sectores aledaños a los fiordos continentales donde alcanza los 9,5 mg/L en el sector de Ayacará durante el invierno; y en el sector de Calbuco – Paso Quenu y Auchemó – Bahía Corcovado en primavera. La situación entre los 10 a 20 m de profundidad no varío, mostrando una proyección de lo ocurrido en el estrato superficial.

En la región de Aysén la mayoría de las estaciones que se encuentran cerca de fiordos y canales interiores (canales Puyuguapi y Jacaf, fiordos Aysén y Quitalco) muestran concentraciones integradas de oxígeno superficial que en primavera registraron hasta 12,5 mg/L. En el estrato mas profundo, los valores disminuyen alcanzando un máximo de 11 mg/L, en los mismos sectores y época del año que en superficie; los registros mínimos llegaron hasta 5 mg/L, y se concentraron en el área de Isla Julia-Grupo Peligroso a Isla Valverde, en la sección norte de la región de Aysén. Para el área de Tortel, en el estrato superficial, fue en otoño cuando se registro la menor concentración integrada de oxígeno disuelto, la que alcanzó 7 mg/L. El valor máximo se observó durante primavera, llegando a 11 y 11,5 mg/L, desde Punta Baker a Isla Scout respectivamente. En los 10 – 20 m de profundidad, la situación es muy parecida al estrato superior, solo se alcanzan valores más extremos en las mínimas, llegando a los 6,5 mg/L durante el otoño en el sector de Punta Baker. Las máximas ocurrieron en primavera también y alcanzaron valores de 11 mg/L en las mismas estaciones que resultaron para el nivel superficial.

En Magallanes los niveles de oxígeno son mas homogéneos que en las regiones antecesoras, el área norte registro para el nivel superficial de 0 a 10 m, concentraciones integradas de oxígeno entre 8 y 11 mg/L mostrando el máximo en verano, cerca de la localidad de Puerto Bueno. Tanto en verano como en otoño se alcanzaron las mayores distribuciones geográficas de los valores mas altos de oxígeno. Para el estrato inferior la situación muestra extensas áreas con la máxima concentración de 10,5 mg/L desde Seno Europa a Isla Piazzì en invierno; y las mínimas concentraciones desde Bahía Liberta a Puerto Edén, donde se observó 7,5 mg/L durante el verano. En el área Centro, las distribución horizontal de la concentración de oxígeno en los primeros 10 metros de profundidad fluctuó entre los 8,5 y 10,5 mg/L, el mínimo en el sector de Bahía Buena – Cabo San Isidro durante invierno y primavera, respectivamente; y el máximo en Bahía Bell y Cabo San Isidro, durante el verano y otoño. Para el estrato mas profundo, hasta los 20 metros, el registro máximo aumenta a los 11 mg/L en Bahía Buena – Cabo San Isidro durante el invierno y; en Silva Palma, Bahía Nash y Bahía Buena durante la primavera. El mínimo registro a esta profundidad se observo en el sector de Canal Jerónimo, entre Estero Sullivan y Estero Núñez, y alcanzo 7 mg/L. En el área sur, de Canal Beagle, los valores se mantienen altos durante todo el año, destacándose la concentración de primavera en el sector de Seno Ventisquero a Ventisquero España con 10,5 mg/L. El mínimo valor integrado se alcanzó en Puerto Navarino, con 9,5 mg/L. En el estrato inferior, la concentración del oxígeno continuo siendo alta y alcanza un nivel mayor que el estrato de 0 – 10 m, tal como se observa en el sector de Ventisquero España durante primavera. Es en el área sur de Magallanes donde se observó una relación mas homogénea en la distribución horizontal del oxígeno entre la capa de superficie y la de los 20 m de profundidad.



Cuando se efectúa un análisis de la distribución horizontal del oxígeno en las distintas regiones, se puede apreciar una amplia variedad estacional y latitudinal dada por la geografía y las distintas fuentes que aportan al sistema; en ese sentido, las estaciones que se encuentran en las cercanías de grandes ríos y/o glaciares tienen valores de oxígeno menores a aquellas que reciben la influencia oceánica. Esto se manifiesta especialmente en el estrato superficial del Estuario Reloncaví donde las estaciones ubicadas en la cabeza llegan a tener concentraciones desde los $3,2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, las que se mantienen bajas hasta alcanzar la boca del estuario donde se recibe agua más oxigenada desde el Seno Reloncaví, encontrándose valores de oxígeno de $10,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Una situación inversa se observa la región de Aysén donde la mayoría de las estaciones que se encuentran cerca de fiordos y canales interiores (canales Puyuhuapi y Yacaf, fiordos Aysén y Quintralco) muestran concentraciones superficiales hasta los $12,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. En Magallanes, la zona norte la mayor parte de las estaciones registran concentraciones entre $12,0$ y $6,9 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. En el área centro las concentraciones de oxígeno varían entre los $11,2$ y $5,2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, mientras que en el Canal Beagle (áreas sur) la mayoría de las concentraciones de oxígeno llegan hasta los $11,8$ y las mínimas alrededor de los $8,4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

El análisis por región señala que en Los Lagos la concentración de oxígeno del agua superficial varió entre $1,8$ y $14,6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, en la estación de Cochamo (L02N2) (11 de agosto y 30 de noviembre de 2009), en tanto que el promedio estuvo en $7,9 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($\pm 0,10$). Los meses que registraron las máximos valores de oxígeno promedio corresponden a los cruceros efectuados en junio y noviembre, con $8,3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($\pm 0,53$) y $8,3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($\pm 0,63$), respectivamente. Por otro lado, las concentraciones de oxígeno más bajas se observaron en los meses de mayo con $7,4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($\pm 0,35$) y julio con $7,4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($\pm 0,48$).

Desde el punto de vista estacional las mayores concentraciones de oxígeno a nivel superficial se registraron en invierno: $13,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($\pm 0,53$), mientras que los valores promedios más bajos de oxígeno se observaron en primavera con $7,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($\pm 1,11$). A los 5 m concentración de oxígeno varió entre $6,1$ y $12,6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, el rango menor fue registrado en Isla Butachauques (L09) (22 de diciembre de 2009), en tanto que el rango mayor se presentó en B. Corcovado (L21) (22 de noviembre de 2009), mientras que el promedio fue de $8,1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($\pm 0,10$). Los meses con menores concentraciones promedio de oxígeno fueron julio - agosto con $7,7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($\pm 0,15$), mientras que en noviembre se registra el mayor valor: $8,9 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($\pm 0,23$). En términos estacionales la mayor concentración de oxígeno promedio se observó en los meses de primavera ($8,4 \pm 0,21 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$), mientras que los valores promedio mínimos se observaron en otoño con $7,8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($\pm 0,07$). A los 10 m, esta misma variable varió entre $5,7$ y $12,6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, la extrema inferior fue registrada en Caleta La Arena (L03) (4 de enero de 2009), en tanto que la extrema superior fue registrada en Estero Auchemó (L17) (22 de noviembre de 2009), mientras que el valor promedio estuvo en $7,8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($\pm 0,16$). Los meses en que se registraron las menores concentraciones de oxígeno fueron abril - mayo con $7,4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($\pm 0,08$), mientras que las mayores concentraciones de oxígeno se observaron en noviembre con $8,8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($\pm 0,20$). El análisis por estaciones del año registra valores bajos de oxígeno en verano ($7,0 \pm 0,11 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) mientras que la mayor concentración se observó en primavera ($8,1 \pm 0,18 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$).



A los 20 m de profundidad los extremos de la concentración de oxígeno variaron entre 4,3 y 9,9 mg·L⁻¹, observándose el valor mínimo en la estación Pocolihúen (L02N4) el día 6 de enero de 2010, mientras que la mayor concentración de oxígeno en la columna de agua se obtuvo el día 29 de julio de 2009 en Ayacara (L10). El valor promedio de oxígeno en esta profundidad fue de 7,3 ± 0,14 mg·L⁻¹. Durante los meses de diciembre 2009 – enero 2010 se registraron las concentraciones de oxígeno más bajas: 6,9 (± 0,11 mg·L⁻¹), mientras que en mayo – junio se obtuvieron los valores máximos con 8,0 (± 0,12 mg·L⁻¹). Desde el punto de vista estacional, durante el verano el oxígeno disminuye en torno a 6,2 (± 0,15 mg·L⁻¹), mientras que en invierno este alcanzó los 7,6 (± 0,14 mg·L⁻¹).

En Aysén, el oxígeno medido en superficie varió entre 5,6 y 15,0 mg·L⁻¹, la mínima fue registrada en Repollal - Canal Puquitin (A02) (30 de abril de 2009), mientras que la máxima fue registrada en Isla San Andrés (A22) (9 de septiembre de 2009), en tanto que el valor promedio fue de 9,6 (± 0,23 mg·L⁻¹). El mes que registró la mayor concentración de oxígeno superficial fue durante el crucero efectuado en noviembre de 2009 (11,± 0,15 mg·L⁻¹). El menor valor promedio se obtuvo en el crucero desarrollado en abril – mayo de 2009 (7,8 ± 0,26 mg·L⁻¹). Al hacer un análisis estacional se observó que en otoño se registra el menor valor promedio que alcanzó los 8,2 (± 0,14 mg·L⁻¹) de oxígeno, mientras que en primavera se obtuvieron los registros máximos alcanzando a 10,8 (± 0,15 mg·L⁻¹).

A los 5 m el oxígeno varió entre 5,3 y 14,3 mg·L⁻¹, la extrema inferior fue registrada en Repollal - Canal Puquitin (A02) el día 30 de abril de 2009 y la máxima fue observada en Isla San Andrés (A22) el día 9 de septiembre de 2009. El promedio fue de 9,5 (±0,24 mg·L⁻¹), con noviembre registrando el valor promedio máximo de oxígeno: 11,6 (± 0,15 mg·L⁻¹), mientras que el menor registro se observó en abril – mayo de 2009, con valor promedio de 7,7 ± 0,18 mg·L⁻¹. En términos estacionales el menor valor promedio de oxígeno se obtuvo en otoño con un valor de 8,0 (± 0,15 mg·L⁻¹), mientras que fue en primavera donde la concentración promedio de oxígeno fue máxima: 11,0 (± 0,16 mg·L⁻¹).

A los 10 m el oxígeno varió entre 5,0 y 13,8 mg·L⁻¹, la mínima fue registrada en Cinco Hermanas (A24) (22 de abril de 2009) y la máxima fue en Grupo Enjambre (A36) (10 de noviembre de 2009), mientras que el valor promedio fue de 9,2 (± 0,24 mg·L⁻¹). En general, se repite el esquema de la profundidad anterior, ya que el mes de abril – mayo registró un valor mínimo de 7,3 (± 0,17 mg·L⁻¹) mientras que el máximo se observó en noviembre con 11,6 (± 0,15 mg·L⁻¹). Estacionalmente el patrón sigue siendo el de la profundidad superior, donde el menor valor promedio de oxígeno se obtuvo en otoño con un valor de 7,7 (± 0,14 mg·L⁻¹), mientras que fue en primavera donde la concentración promedio de oxígeno fue máxima: 10,9 (± 0,16 mg·L⁻¹).

A la profundidad de 20 m los valores de oxígeno variaron entre 4,3 y 13,2 mg·L⁻¹, la mínima fue registrada en Cinco Hermanas (A24) (22 de abril de 2009) y la máxima fue en Grupo Enjambre (A36) (10 de noviembre de 2009), mientras que el valor promedio fue de 8,6 (± 0,23 mg·L⁻¹). En general, se repite el esquema de la profundidad anterior, ya que el mes de abril – mayo registró un valor mínimo de 7,3 (± 0,17 mg·L⁻¹) mientras que el máximo se observó en noviembre con 11,6 (± 0,15



mg $\cdot$ L⁻¹). Estacionalmente el patrón sigue siendo el de la profundidad superior, donde el menor valor promedio de oxígeno se obtuvo en otoño con un valor de 7,7 ($\pm$ 0,14 mg $\cdot$ L⁻¹), mientras que fue en primavera donde la concentración promedio de oxígeno fue máxima: 10,9 ($\pm$ 0,16 mg $\cdot$ L⁻¹).

En Magallanes las concentraciones de oxígeno registradas en superficie variaron entre 5,9 y 12,0 mg $\cdot$ L⁻¹, la extrema menor fue registrada en Bahía Agua Fresca (M37) (11 de mayo de 2009), mientras que la máxima fue registrada en Estero Peel (M13) (6 de septiembre de 2009), en tanto que el promedio fue de 10,0 ($\pm$ 0,10 mg $\cdot$ L⁻¹). El mes que registró el valor promedio de oxígeno mas bajo estuvo en el quinto crucero (mayo – junio 2009) con 9,7 ($\pm$ 0,11 mg $\cdot$ L⁻¹), mientras que el máximo estuvo en el décimo crucero (diciembre 2009 – enero 2010) con 10,4 ($\pm$ 0,09 mg $\cdot$ L⁻¹). En términos estacionales se pudo observar que durante otoño el oxígeno registró su mínimo (9,8 $\pm$ 0,13 mg $\cdot$ L⁻¹), mientras que en primavera se registraron los valores más altos: 10,2 ($\pm$ 0,09 mg $\cdot$ L⁻¹).

A los 5 m el oxígeno se midió en un rango de 5,2 y 11,8 mg $\cdot$ L⁻¹, con la misma estación anterior para su menor registro, es decir, Bahía Agua Fresca (M37) (11 de mayo de 2009) y Seno Ventisquero (M40) (17 de noviembre de 2009) como máximo. El promedio en este estrato fue de 9,9 ($\pm$ 0,11 mg $\cdot$ L⁻¹). Los meses con valores más altos de oxígeno se observaron en el décimo crucero (diciembre 2009 – enero 2010) con 10,4 ($\pm$ 0,19 mg $\cdot$ L⁻¹), mientras que el más bajo se registró en el quinto crucero (mayo – junio de 2009) con 9,5 ($\pm$ 0,13 mg $\cdot$ L⁻¹). Desde el punto de vista estacional se registra en otoño el menor promedio de oxígeno (9,6 $\pm$ 0,15 mg $\cdot$ L⁻¹), mientras que en primavera se promediaron los valores más altos: 10,1 ($\pm$ 0,10 mg $\cdot$ L⁻¹).

A los 10 m de profundidad las condiciones se mantienen, ya que se observó una variación entre niveles de oxígeno mínimos y máximos en torno a los 5,1 y 11,8 mg $\cdot$ L⁻¹. Con las mismas estaciones y los mismos días que el estrato superior, es decir, Bahía Agua Fresca (M37) (11 de mayo de 2009) y Seno Ventisquero (M40) (17 de noviembre de 2009). El promedio fue de 9,7 ($\pm$ 0,12 mg $\cdot$ L⁻¹). En la descripción por meses, los valores más altos se registraron en diciembre 2009 – enero 2010 (décimo crucero) con 10,2 ($\pm$ 0,12 mg $\cdot$ L⁻¹), mientras el registro más bajo se presentó en dos oportunidades, inicialmente en mayo (cuarto crucero) con 9,3 ($\pm$ 0,18 mg $\cdot$ L⁻¹) y luego en mayo – junio (quinto crucero) con 9,3 ($\pm$ 0,14 mg $\cdot$ L⁻¹).

A los 20 m las concentraciones de oxígeno registraron el mismo patrón, variando entre 5,2 y 11,6 mg $\cdot$ L⁻¹, con la mínima registrada en Bahía Agua Fresca (M37) (11 de mayo de 2009) y Seno Ventisquero (M40) (17 de noviembre de 2009), mientras que el valor promedio fue de 9,2 ($\pm$ 0,13 mg $\cdot$ L⁻¹). Los meses con mayores concentraciones de oxígeno fueron muestreados entre julio – agosto de 2009 (sexto crucero) y octubre de 2009 (octavo crucero) con valores que fluctuaron entre 9,6 ($\pm$ 0,05 mg $\cdot$ L⁻¹) y 9,6 ($\pm$ 0,13 mg $\cdot$ L⁻¹) respectivamente, mientras que el valor promedio más bajo de oxígeno se obtuvo en el cuarto crucero (mayo de 2009) con 8,3 ($\pm$ 0,15 mg $\cdot$ L⁻¹).

5.6.5. Transparencia del agua

La transparencia considerando toda el área de muestreo y durante los 10 cruceros realizados varió entre 0,5 y 15 m, con valores muy cercanos en las regiones de Los Lagos y de Aysén, con



promedios de 5,4 m ($\pm 0,14$ m) y 5,3 m ($\pm 0,10$ m), respectivamente, mientras que en Magallanes el promedio llega a 7,4 m ($\pm 0,07$ m). De igual forma, las fluctuaciones estacionales son menos importantes en Magallanes, alcanzando valores entre 6,0 y 9,0 m, mientras que en Los Lagos y Aysén se llega hasta diferencias de 14,5 m entre máximos y mínimos estacionales. En ese sentido, en general es posible apreciar algún grado de dinámica entre las estaciones del año en las dos primeras regiones, con valores máximos en invierno (6,1 m $\pm 0,39$ m en Los Lagos y 6,6 m $\pm 0,31$ en Aysén), mientras que primavera-verano se observan valores más bajos: 4,8 m en Los Lagos y entre 4,9 y 5,1 m en Aysén. En la región de Magallanes, no se observaron variaciones estacionales, variando en verano con un mínimo de 7,2 m ($\pm 0,20$), mientras que el valor máximo se presentó en otoño con 7,5 m ($\pm 0,11$ m) (Anexos 81-83).

En Los Lagos la transparencia del agua varió entre 0,5 y 15 m, la mínima fue registrada en Caleta La Arena (L03) (22 de agosto de 2008) y la superior fue observada en varias estaciones en distintos periodos del año: Calbuco (L04) (11 de mayo de 2009), Isla Mechuque (L08) (22 de diciembre de 2009) y Canal Dalcahue (L11) (28 de julio de 2009), mientras que el valor promedio alcanzó 5,4 m ($\pm 0,14$ m). Los promedios mensuales muestran que desde el cuarto al sexto cruceros (mayo-agosto de 2009) se registraron los valores más altos de transparencia: 6,4 m ($\pm 0,48$ m), 6,3 ($\pm 0,35$ m) y 6,9 ($\pm 0,63$ m) respectivamente, mientras que en el primero, segundo y noveno cruceros se registraron los valores de transparencia mínimos: 4,7 m ($\pm 0,29$ m), 4,5 m ($\pm 0,34$ m) y 4,7 m ($\pm 0,40$ m). En términos estacionales, la transparencia del agua tuvo valores mínimos principalmente durante la época de primavera-verano, alcanzando en ambos periodos una transparencia promedio de 4,8 m, mientras que en otoño este valor llegó a 6,3 m ($\pm 0,30$ m). (Anexo 81).

En Aysén la transparencia varió entre 0,5 y 15,0 m, la mínima se observó en las estaciones Laja Brazo Pillán (A06), Canal (07), Repollal-Estero Las Islas (A08), Añihué (A10) (todas muestreadas el 18 de junio de 2009) y Cinco Hermanas (A24) (26 de febrero de 2009), en tanto que la máxima fue registrada en Isla Virginia - Bahía Low (A01), Isla Julia - Grupo Peligroso (A03), Isla Ovalada (A05), Isla Valverde (A06), Isla Concoto (A33), Isla García (A34) (muestreadas entre 25 y 27 de julio de 2009). El valor promedio de todo el periodo alcanzó los 5,3 m ($\pm 0,10$ m). Los valores más bajos fueron observados durante el tercer y cuarto cruceros (entre marzo y mayo de 2009) con valores de 3,4 m ($\pm 0,16$ m) y 4,6 m ($\pm 0,25$ m), respectivamente, mientras que las transparencias más altas se observaron durante el sexto y séptimos cruceros (entre junio y septiembre de 2009) cuyos valores promedio fueron 7,2 m ($\pm 0,46$ m) y 6,1 m ($\pm 0,40$ m). Desde el punto de vista estacional, la transparencia alcanzó sus máximos valores durante el invierno (6,6 m $\pm 0,31$ m), mientras que otoño se alcanzan los valores mínimos: 4,6 m ($\pm 0,15$ m) (Anexo 82).

En Magallanes la transparencia varió entre 2,5 y 12,0 m, la mínima fue registrada en E.Ringdove (M25N) (31 de enero de 2009), mientras que el rango máximo fue registrado en Cabo San Isidro (M35) (31 de mayo de 2009), en tanto que el promedio fue de 7,4 m ($\pm 0,07$ m). Los valores medios más altos se registraron durante el primer y quinto cruceros (diciembre y mayo-junio de 2009) con promedios de 8,2 m ($\pm 0,20$ m) y 7,9 m ($\pm 0,23$ m), respectivamente, mientras que los promedios más bajos se observaron durante el segundo, tercero y octavo cruceros (entre febrero-marzo y octubre de 2009) con valores de 6,3 ($\pm 0,28$ m), 6,9 ($\pm 0,16$ m) y 6,9 m ($\pm 0,23$ m) respectivamente.



En términos estacionales se observó que durante todo el año la diferencia entre los valores más altos y más bajos es mínima: en verano se registró un valor de 7,2 m ($\pm 0,20$), mientras que en otoño es de 7,5 m ($\pm 0,11$ m) (Anexo 83).

5.6.7. Nutrientes

Los seis sitios de muestreo en los cuales se recolecta información adicional están distribuidos de a dos por cada región administrativa de estudio. En cada sitio se recolectan muestras para la determinación de nutrientes, específicamente fosfato, silicato, nitrato y nitrito. De ellos, el compuesto más abundante fue nitrato y le sigue el silicato, mientras que el que presentó una menor concentración fue el nitrito. También se observó que los nutrientes alcanzaron mayores concentraciones en Aysén y Los Lagos, excepto el nitrito que fue levemente más abundante en Magallanes. (Anexos 84 a 86).

Los niveles de fosfato observados en las estaciones seleccionadas variaron entre 0,01 y 0,7 mg $\cdot$ L⁻¹, mientras que el promedio fue de 0,08 mg $\cdot$ L⁻¹ ($\pm 0,008$ error estándar) considerando ambos estratos (superficie-10 m y 10-20 m). En la región de Los Lagos presentó niveles que variaron entre 0,02 y 0,17 mg $\cdot$ L⁻¹ con un promedio de 0,06 mg $\cdot$ L⁻¹ ($\pm 0,006$), mientras que en Aysén los valores fluctuaron entre 0,02 y 0,70 mg $\cdot$ L⁻¹, con un promedio de 0,09 mg $\cdot$ L⁻¹ ($\pm 0,023$) y en Magallanes las concentraciones de este compuesto se movieron entre 0,01 y 0,19 mg $\cdot$ L⁻¹, con un promedio de 0,08 mg $\cdot$ L⁻¹ ($\pm 0,006$).

Las concentraciones de silicato estuvieron entre 0,03 y 1,71 mg $\cdot$ L⁻¹, en tanto que el promedio fue de 0,41 mg $\cdot$ L⁻¹, ($\pm 0,032$) considerando ambos estratos (superficie-10 m y 10-20 m). En los Lagos, los silicatos se presentaron en concentraciones que variaron entre 0,13 y 1,67 mg $\cdot$ L⁻¹ con un promedio de 0,52 mg $\cdot$ L⁻¹ ($\pm 0,049$), en Aysén este compuesto varió entre 0,17 y 1,71 mg $\cdot$ L⁻¹ marcando en promedio 0,62 mg $\cdot$ L⁻¹ ($\pm 0,067$), mientras que en Magallanes varió entre 0,03 y 0,35 mg $\cdot$ L⁻¹, con un promedio de 0,11 mg $\cdot$ L⁻¹, ($\pm 0,025$).

Las concentraciones de nitrato variaron entre 0,09 y 1,20 mg $\cdot$ L⁻¹, en tanto que el valor promedio fue de 0,64 mg $\cdot$ L⁻¹, ($\pm 0,030$) considerando ambos estratos (superficie-10 m y 10-20 m). En los Lagos, los nitratos se presentaron en concentraciones que variaron entre 0,50 y 1,20 mg $\cdot$ L⁻¹ con un promedio de 0,86 mg $\cdot$ L⁻¹ ($\pm 0,029$), en Aysén este compuesto varió entre 0,50 y 1,10 mg $\cdot$ L⁻¹ con una media de 0,79 mg $\cdot$ L⁻¹, ($\pm 0,020$), mientras que en Magallanes varió entre 0,09 y 1,00 mg $\cdot$ L⁻¹ observando en promedio 0,28 mg $\cdot$ L⁻¹ ($\pm 0,040$).

El contenido de nitritos fue el más bajo de todos, las concentraciones registradas estuvieron entre 0,00 y 0,20 mg $\cdot$ L⁻¹, en tanto que el promedio fue de 0,03 mg $\cdot$ L⁻¹, ($\pm 0,003$) considerando ambos estratos (superficie-10 m y 10-20 m). En la región de los Lagos los nitritos se presentaron en concentraciones que estuvieron entre 0,01 y 0,20 mg $\cdot$ L⁻¹, con un promedio de 0,02 mg $\cdot$ L⁻¹ ($\pm 0,005$), en Aysén este compuesto varió entre 0,00 y 0,07 mg $\cdot$ L⁻¹ con un promedio de 0,02 mg $\cdot$ L⁻¹ ($\pm 0,002$), mientras que en Magallanes estuvo entre 0,01 y 0,12 mg $\cdot$ L⁻¹ y un promedio de 0,04 mg $\cdot$ L⁻¹ ($\pm 0,005$).



5.7. Información Meteorológica.

5.7.1. Registros meteorológicos obtenidos con estaciones de registro continuo

A continuación se presenta la información meteorológica registrada con estaciones meteorológicas de registro continuo entre diciembre 2008 a diciembre 2009 en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. (Figs. 253 a 256).

Temperatura del aire

Las temperaturas medias en las tres regiones consideradas muestran una tendencia a la disminución en función del incremento de la latitud, así para Aysén y Magallanes las temperaturas medias anuales fueron de 8,5 y 6,6 °C, respectivamente, en Los Lagos solo existe un promedio mensual, de noviembre de 2009. En términos generales, para las dos regiones administrativas con información suficiente, es posible observar el incremento de la temperatura promedio en los meses estivales, más certeramente desde diciembre 2008 a febrero 2009, mes en el que se tuvieron los registros más cálidos, a pesar que durante diciembre en Aysén se observó el promedio mensual máximo para las tres regiones (Fig. 253). Los meses de otoño e invierno concordaron con los períodos más fríos, iniciándose un paulatino aumento de las temperaturas desde junio a diciembre. Así en Aysén, se alcanzó el promedio mensual más bajo durante agosto de 2009 con 5,1 °C, al mismo tiempo que el mínimo promedio diario registrado en ese mismo mes y durante septiembre alcanzó los -0,2 °C. En Magallanes, durante 2009 se registró el promedio mensual con 0,1 °C; y las mínimas puntuales alcanzaron registros de hasta -5,6 y -6,0 °C en junio y julio, respectivamente (Tabla 23). En cuanto a los valores más altos durante esta etapa, en Aysén, el máximo promedio mensual se registró en diciembre de 2009 con 14,4 °C. Durante ese mes también se alcanza la mayor temperatura diaria con 25,6 °C. Finalmente en la región de Magallanes el promedio mensual más elevado se registró en febrero de 2009 con 12,1 °C y el dato puntual máximo se registró en marzo de 2009, donde se alcanzaron los 25,4 °C (Tabla 23).

Humedad relativa del aire

La humedad relativa evidenció la misma tendencia y comportamiento en toda el área de estudio, pero los valores más altos fueron registrados en la región de Aysén, seguido por la región de Magallanes. En las dos regiones se observó una disminución en los porcentajes de saturación del aire hacia los meses estivales y de verano coincidiendo con los incrementos de temperatura que se observaron en estas áreas (Fig. 254). En la región de Aysén el promedio mensual máximo se presentó en julio de 2009 con 93,6% sin contar que en repetidas ocasiones durante el periodo analizado se alcanzó la máxima puntual de 100% en la humedad del aire, La mínima en esta región durante 2009 se registró en diciembre, con 73,3% de humedad promedio mensual, mientras que el registro más bajo fue el dato puntual de noviembre de 2009 con 37% de humedad relativa. Finalmente, en Magallanes, los promedios mensuales estuvieron entre 89,3% y 68,9%, en junio y enero de 2009. Destaca en esta última región, la mínima puntual registrada durante marzo de 2009, con 14,8 % de humedad relativa, concordante con la máxima temperatura registrada en ese año (Tabla 24).



Velocidad del Viento

Las mayores velocidades de este meteoro se registraron en la regi3n de Magallanes con una velocidad promedio anual de $7,9 \text{ m seg}^{-1}$ seguido de Ays3n con un promedio de $0,8 \text{ m seg}^{-1}$. No se considera la regi3n de Los Lagos por presentar solo el promedio mensual de noviembre, el que registr3 $3,1 \text{ m seg}^{-1}$ (Tabla 25), Teniendo en consideraci3n que muchos d3as del reporte de las estaciones autom3ticas no tuvieron registros diarios de este meteoro (0 m seg^{-1}), las velocidades promedio mensuales en Ays3n variaron entre $1,0 \text{ m seg}^{-1}$ (agosto 2009) y $0,6 \text{ m seg}^{-1}$ (diciembre 2009) (Fig. 255). La m3xima velocidad puntual se observ3 en agosto y registr3 $8,9 \text{ m}^*\text{seg}^{-1}$ (Tabla 25). En Magallanes, las velocidades mensuales promedio variaron entre $13,9 \text{ m seg}^{-1}$ (noviembre 2009) y $3,7 \text{ m seg}^{-1}$ (junio 2009), denotando un incremento conforme avanza el tiempo hacia los meses de mayor radiaci3n solar y mostrando valores promedio muy por encima de las otras regiones en estudio, aun en las m3nimas de los meses invernales; el valor puntual m3ximo en 2009 tambi3n excedi3 el registro hist3rico del estudio, alcanzando los $41,6 \text{ m seg}^{-1}$ en agosto (Tabla 25).

Precipitaciones

Las precipitaciones de lluvia fueron considerablemente mayores en la regi3n de Ays3n, con un valor total de $667,7 \text{ mm}$, seguido por la regi3n de Magallanes con $362,2 \text{ mm}$, un esquema esperado seg3n la disposici3n latitudinal de las estaciones. En t3rminos generales, los meses en que se presentaron las menores precipitaciones fueron enero, julio, septiembre, noviembre y diciembre de 2009, con valores de $23,4$ y $18,8 \text{ mm}$ durante julio y septiembre para Ays3n; y valores de $9,8$, $0,0$, $10,2$ y $5,6 \text{ mm}$ en enero, septiembre, noviembre y diciembre, respectivamente, para Magallanes. Para 2009, los periodos de mayor precipitaci3n fueron entre marzo y mayo en Magallanes, donde se alcanzo 102 mm de agua ca3da en abril; mientras que para la regi3n de Ays3n, en agosto y fines del 2009 se registraron precipitaciones de $177,0 \text{ mm}$ para el primer caso, mientras que en octubre y noviembre se med3an $179,0$ y $216,5 \text{ mm}$ respectivamente (Fig. 256). Considerando que existen periodos con nula precipitaci3n durante el estudio, en Ays3n los datos puntuales m3ximos variaron entre $0,3 \text{ mm}$ (julio 2009) y $38,6 \text{ mm}$ (diciembre 2009); para Magallanes que cuenta con un registro mas extenso, de casi todo un a3o, las precipitaciones extremas del registro puntual estuvieron entre $1,0 \text{ mm}$ (diciembre 2009) y $3,0 \text{ mm}$ (junio 2009) (Tabla 24).

5.7.2. Resultados de los registros meteorol3gicos puntuales

Los antecedentes recolectados corresponden a la informaci3n meteorol3gica registrada con equipos port3tiles durante el trabajo de terreno en cada sitio de muestreo establecido en el 3rea de estudio. Los datos corresponden al lapso diciembre de 2008 a diciembre de 2009 (Anexos 87 a 89).

Temperatura ambiente

Considerando las tres regiones administrativas en conjunto, los registros puntuales obtenidos durante las campa3as de muestreo mostraron una m3nima de $-4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (V. Holanda, M42) y una m3xima de $25,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Repollal – E. Las Islas, A08). Tambi3n se observ3 que en promedio las temperaturas m3s altas fueron registradas en las regiones de Ays3n y Los Lagos, mientras que las m3s bajas se observaron en la regi3n de Magallanes.



En la regi3n de Los Lagos, la temperatura vari3 en un rango de 2,2 °C (E. Palvitad, L17N1) y 25 °C (Yelcho, L19N1) registrando en promedio 12,4 °C ($\pm 0,18$ °C error estandar), mientras que en Aysén, éstas variaron entre 2,7 °C (I. Ovalada, A05) y 25,4 °C (Repollal – E. Las Islas, A08) exhibiendo un promedio de 13,5 °C ($\pm 0,17$), finalmente, en Magallanes las temperaturas variaron entre -4 °C (V. Holanda, M42) y 16 °C (P. Edén, M06; I. Morton, M01N; I. Carlos, M02N y A. Hamond, M03N) mostrando un promedio 7,4 °C ($\pm 0,14$).

Cubierta nubosa

Gran parte de las estaciones fueron monitoreadas con cielos despejados y parciales, sin embargo, esta condici3n refleja las condiciones necesarias para la realizaci3n del trabajo de terreno, vale decir, la existencia de buenas condiciones climáticas.

En la regi3n de Los Lagos la visibilidad promedio de la bóveda celeste durante los monitoreos fue 5,11 ($\pm 0,15$ Error Estandar) y los porcentajes en que estuvieron representados cada uno de los niveles fue, 17,9% (Completamente despejado), 1,7% (1/8 nubosidad), 5,0% (2/8 nubosidad), 2,4% (3/8 nubosidad), 15,8% (4/8 nubosidad), 1,7% (5/8 nubosidad), 10,7% (6/8 nubosidad), 2,4% (7/8 nubosidad) y 42,5% (completamente cubierto). Por otro lado, durante diciembre de 2008 fue cuando se presentó la mayor visibilidad de la bóveda celeste, mientras que durante octubre y noviembre de 2009 fue cuando se presentó su menor visibilidad. (Anexo 87).

Periodo de muestreo (mes)	Cielos completamente despejado (%)	Cielos completamente cubierto (%)
1	45,2	11,9
2	21,4	45,2
3	21,4	26,2
4	26,8	39,0
5	28,6	52,4
6	9,5	50,0
7	9,5	31,0
8	0	71,4
9	2,4	59,5
10	14,4	38,1

En la regi3n de Aysén la visibilidad promedio de la bóveda celeste durante los monitoreos fue 6,10 ($\pm 0,11$ Error Estandar) y los porcentajes en que estuvieron representados cada uno de los niveles fue, 7,0% (Completamente despejado), 4,6% (1/8 nubosidad), 3,4% (2/8 nubosidad), 4,1% (3/8 nubosidad), 4,4% (4/8 nubosidad), 5,4% (5/8 nubosidad), 7,4% (6/8 nubosidad), 11,1% (7/8 nubosidad) y 52,5% (completamente cubierto). Por otro lado, durante diciembre de 2009 fue cuando



se present3 la mayor visibilidad de la b3veda celeste, mientras que durante mayo fue cuando se present3 su menor visibilidad. (Anexo 88).

Periodo de muestreo (mes)	Cielos completamente despejado (%)	Cielos completamente cubierto (%)
1	16,4	60,7
2	8,2	49,2
3	0	41,0
4	6,6	47,5
5	3,3	68,9
6	6,6	47,5
7	0	60,7
8	1,6	60,7
9	0	67,2
10	27,9	19,7

En Magallanes la visibilidad promedio de la b3veda celeste durante los monitoreos fue 7,0 ($\pm$ 0,08 Error Est3ndar) y los porcentajes en que estuvieron representados cada uno de los niveles fue, 0,2% (Completamente despejado), 2,7% (1/8 nubosidad), 2,7% (2/8 nubosidad), 1,0% (3/8 nubosidad), 1,9% (4/8 nubosidad), 2,7% (5/8 nubosidad), 8,5% (6/8 nubosidad), 16,5% (7/8 nubosidad) y 63,8% (completamente cubierto). Por otro lado, durante diciembre de 2008, mayo-junio y julio-agosto de 2009 fue cuando se present3 la mayor visibilidad de la b3veda celeste, mientras que durante marzo, abril y octubre de 2009 fue cuando se present3 su menor visibilidad. (Anexo 89).

Periodo de muestreo (mes)	Cielos completamente despejado (%)	Cielos completamente cubierto (%)
1	0	41,7
2	0	47,9
3	0	81,3
4	0	79,2
5	2,1	64,6
6	0	54,2
7	0	75,0
8	0	56,3
9	0	70,8
10	0	66,7

Presi3n barom3trica

La presi3n barom3trica registrada de manera puntual en el 3rea geogr3fica que comprende el estudio durante la toma de muestras vari3 entre 818 mba (B. Isthmus, M19) y 1035 mba (Ens. Quilanmar, L22N1 e I. Orlebar, A55), en tanto que el valor promedio fue 1011,4 mba ($\pm$ 0,31 Error Est3ndar).



En la región de Los Lagos las presiones barométricas variaron entre 997 (C. Coldita, L19N2 e I. San Pedro, L23) y 1.035 (Ens. Quilanlar, L22N1) mba, registrando en promedio 1016,5 mba ($\pm 0,33$), en tanto que en Aysén las presiones se movieron entre 966 (S. Millar, A14) y 1.035 (I. Orlebar, A55) mba, exhibiendo en promedio 1013,7 mba ($\pm 0,37$), mientras que en Magallanes las presiones variaron entre 818 (B. Isthmus, M19) y 1028 (S. Europa, M10) mba, con un promedio de 1.004 ($\pm 0,69$) (Anexo 87).

Igual que en otros años, las presiones barométricas promedio observadas en Magallanes fueron claramente inferiores a las observadas en Los Lagos y Aysén. En Los Lagos, las presiones barométricas promedio más altas fueron observadas durante diciembre de 2008 (1020,4 mba), mayo-junio (1018,3 mba), julio-agosto (1020,1 mba) y septiembre (1020,7 mba), mientras que las más bajas fueron observadas durante el desarrollo de los enero a marzo (1013 mba) y noviembre (1011,2 mba). El Aysén las presión barométrica promedio más elevada fue observada durante el desarrollo del septiembre (1018,9 mba) mientras que la más baja fue registrada durante el mayo (1002,4 mba) (Anexo 88). Finalmente, en Magallanes la presión barométrica promedio más elevada fue observada en el diciembre-enero (1011,7 mba) en tanto que las más bajas fueron observadas durante el marzo (995,4 mba), abril-mayo (997,3 mba) y noviembre (997,7 mba) (Anexo 89).

Velocidad y dirección del viento

La velocidad del viento registrada puntualmente durante el trabajo de terreno varió entre estados de calma y $31,2 \text{ m s}^{-1}$, con un promedio global de $3,2 \text{ m s}^{-1}$ ($\pm 0,08$ Error estándar). En general, las mayores velocidades del viento fueron registradas en Magallanes, mientras que las velocidades más bajas fueron registradas en Aysén, sin embargo se debe tener presente que la planificación de los cruceros coinciden con las velocidades del viento más bajas, precisamente para acceder sin inconvenientes a todas las estaciones de muestreo. En cuanto a la dirección del viento, en cada región se observaron condiciones disímiles, así en los Lagos los vientos del norte fueron los predominantes, mientras que para Aysén y Magallanes lo fue el viento del norweste.

En la región de Los Lagos la velocidad del viento registrada durante las actividades de muestreo estuvieron en el rango de estados de calma y $13,1 \text{ m s}^{-1}$, observándose en promedio un valor de $3,0 \text{ m s}^{-1}$ ($\pm 0,10$ Error estándar), en tanto que en Aysén la velocidad del viento durante varió en el rango de $0,1$ y $11,9 \text{ m s}^{-1}$, mostrando en promedio velocidades de $2,8 \text{ m s}^{-1}$ ($\pm 0,08$) y en Magallanes estuvo entre estados de calma y $31,2 \text{ m s}^{-1}$, mostrando en promedio velocidades de $3,7 \text{ m s}^{-1}$ ($\pm 0,19$).

En Los Lagos, los vientos con mayor magnitud se observaron en las estaciones ubicadas en el área norte del Golfo Corcovado, mientras que en Aysén los vientos con mayor magnitud fueron observados en el área cercana a la desembocadura del Fiordo Aysén, en tanto que en Magallanes las mayores magnitudes se observaron en el área de Puerto Williams.

En cuanto a la dirección del viento, en la región de Los Lagos el 28,2% de los registros provenían del norte, el 23,7% del surweste y el 22,3% del sur, mientras que en Aysén el 19,3% de los registros



provenían del norte, el 19,5% del weste, el 19,2% del norweste y el 17,5% del surweste, y finalmente en Magallanes el 41,2% de los registros provenían del norweste y el 16% del weste.

5.8. Análisis integrado de la información.

5.8.1. Diagramas Temperatura – Salinidad (TS), veneno paralizante de los mariscos (VPM) y veneno diarreico de los mariscos (VDM)

Veneno paralizante de los mariscos (VPM)

Durante el estudio se observaron niveles de VPM en concentraciones $> 80 \mu\text{g eq. STX } 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco en el área Golfo Corcovado, área Melinka, área continental de Aysén, área insular de Aysén, área Caleta Tortel y las áreas norte, centro y sur de Magallanes.

Considerando los diagramas generales, los niveles de VPM $> 80 \mu\text{g eq. STX } 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco estuvieron fuertemente asociados con salinidades en el rango de 20 a 34 psu, sin embargo en algunas estaciones ubicadas en la región de Aysén especialmente en las áreas Raúl Marín Balmaceda, Litoral continental de Aysén y Caleta Tortel las toxicidades fueron observables a salinidades menores en niveles de 8 psu y en una estación, a 4 psu. En cuanto a las temperaturas vinculadas con la toxicidad en los mariscos, en Los Lagos esta varió entre 11 y 14 °C, en Aysén estuvo entre 7 y 17 °C y en Magallanes entre 5 y 12 °C.

Cabe destacar, que las áreas cuyas toxicidades aparecen vinculadas con bajas salinidades corresponden a lugares con influencias de afluentes que afectan los primeros metros de la columna de agua. Por otro lado, no necesariamente estos valores corresponden a la temperatura o salinidad del ambiente que circunda a los mariscos recolectados, ya que tanto la temperatura como la salinidad utilizada para la integración de la toxicidad corresponden al promedio de los desde el datos que conforman el perfil de cada una de las variables (Figs. 257-259).

Veneno Diarreico de los Mariscos

El veneno diarreico estuvo distribuido en todas las áreas geográficas definidas en el estudio, desde el área Estuario de Reloncaví hasta el área Puerto Williams y su presencia en cada una de ellas estuvo vinculada con las características hidrográficas particulares de cada área. Así en el Estuario Reloncaví, Raúl Marín Balmaceda, Litoral Continental de Aysén, Caleta Tortel, en algunas estaciones del área norte, centro y sur de Magallanes el veneno diarreico de los mariscos estuvo asociado a un amplio rango de salinidades, que fueron desde 2 a 35 psu. En las demás áreas como Canal de Chiloé, Golfo Corcovado, Melinka y Litoral Insular de Aysén, este veneno estuvo presente en salinidades entre 19 y 35 psu. En tanto, la temperatura asociada a este complejo tóxico considerando las tres regiones varió entre 5 y 19 °C. (Figs. 260-262).



5.8.2. Análisis multivariado

La información recolectada durante los monitoreos fue agrupada y examinada utilizando estadística multivariada con análisis de componentes principales. Por otro lado, con el propósito de mejorar la resolución del análisis e interpretación de los datos, el área geográfica del estudio fue subdividida en nueve sectores cuyos nombres corresponden a Sector Estuario y Seno de Reloncaví, Sector Golfo de Ancud e Islas desiertos, Sector Golfo Corcovado, Sector sur de Canal Moraleda y lugares adyacentes, Sector Caleta Tortel, Sector Puerto Edén y Canal Trinidad, Sector Puerto Natales, Sector Estrecho de Magallanes y lugares adyacentes y Sector Puerto Williams.

Para el sector Estuario y Seno Reloncaví se incluyeron 9 estaciones ubicadas entre Cochamó (L02N2) e I. Calcula (L06N1), en el sector Golfo de Ancud e Islas Desiertos se consideraron 13 estaciones localizadas entre Calbuco (L04) e I. Talcán (L14), en el sector Golfo Corcovado y lugares adyacentes se incluyeron 37 estaciones ubicadas entre I. Chaulín (L16N1) y Auchemó (L17) por el norte e I. Valverde (A05N1) e I. Gama Zañartu-C. Yacaf (A16) por el sur, en el sector sur del Canal Moraleda y lugares adyacentes se incluyeron 35 estaciones de muestreo distribuidas entre Punta Cálqueman (A18) y Pto. Bonito (A29), en el sector Caleta Tortel se consideraron las 6 estaciones que incluye el monitoreo en ese sector, en el sector Puerto Edén y Canal Trinidad se consideraron 14 estaciones de muestreo ubicadas entre C. Adalberto (M04) e I. Figueroa (M12), en el sector Puerto Natales se incluyeron 11 estaciones de muestreo ubicadas entre E. peel (M13) e I. Ballesteros (M23), en el sector Estrecho de Magallanes y lugares adyacentes se 16 sitios de muestreo distribuidas entre B. Fanny (M24) y Pto. Zenteno (M39) y en el sector Puerto Williams se consideraron las 7 estaciones que incluye el monitoreo en este sector.

Sector Estuario y Seno de Reloncaví

Los resultados muestran que la varianza total explicada resume el 79,37% de los datos en 8 componentes, de los cuales el primero de ellos explica solo el 18,81% y el segundo el 18,21% de los datos (Tabla 27). También se observa que el determinante de la matriz de correlación se adecua satisfactoriamente al análisis ($4,54 \times 10^{-11}$) y la medida de adecuación de los datos es levemente satisfactoria (Kaiser-Meyer-Olkin = 0,52).

En la representación gráfica del análisis se observa que el primero de los componentes está correlacionado negativamente con las variables Abundancia Relativa de *D. acuminata* (C), Nubosidad (N) y Número de organismos del fitoplancton (densidad) (W) en tanto que este mismo componente se correlaciona positivamente con las variables Abundancia relativa de *P.cf. australis* (D), Abundancia relativa de *P. cf. pseudodelicatissima* (E), Transparencia del agua (J), Presión barométrica (L), y la Salinidad del agua en superficie (T0), a 5m (T5), a 10m (T10) y a 20m (T20). El componente 2 se correlaciona negativamente con las variables Concentración de oxígeno a 10m (U10) y a 20m (U20) mientras que el mismo componente se correlaciona positivamente con las variables Temperatura del aire (K) y Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5) y a 10m (S10) (Fig. 263).



Sector Golfo de Ancud e Islas Desertores

En esta área de muestreo los datos indican que la varianza total explicada resume el 83,40% de los datos en 7 componentes, de los cuales el primero de ellos explica el 22,71% y el segundo el 19,02% de los datos (Tabla 28). También se observa que el determinante de la matriz de correlación se adecua satisfactoriamente al análisis ($8,09 \times 10^{-18}$) y la medida de adecuación de los datos es levemente satisfactoria (Kaiser-Meyer-Olkin = 0,57).

En la representación gráfica del análisis se observa que el primero de los componentes está correlacionado negativamente con la variable Abundancia Relativa de **D. acuminata** (C) en tanto que este mismo componente se correlaciona positivamente con las variables Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m (S10) y Salinidad del agua en superficie (T0), a 5m (T5), a 10m (T10) y a 20m (T20). El componente 2 sólo se correlaciona positivamente con las variables Abundancia relativa de **P.cf. pseudodelicatissima** (E), Índice G (H), Presión barométrica (L) y Concentración de oxígeno en superficie (U0), a 5m (U5), a 10m (U10) y a 20m (U20) (Fig. 264).

Sector Golfo Corcovado

En esta área de muestreo los datos indican que la varianza total explicada resume el 72,10% de los datos en 6 componentes, de los cuales el primero de ellos explica el 24,99% y el segundo el 18,67% de los datos (Tabla 29). También se observa que el determinante de la matriz de correlación se adecua satisfactoriamente al análisis ($7,84 \times 10^{-5}$) y la medida de adecuación de los datos es satisfactoria (Kaiser-Meyer-Olkin = 0,73).

En la representación gráfica del análisis se observa que el primero de los componentes está correlacionado negativamente con la variable Índice G (H) y se correlaciona positivamente con las variables Abundancia relativa de **D. Acuta** (B), Abundancia Relativa de **D. acuminata** (C), Abundancia relativa de **P. australis** (D), Abundancia relativa de **P. cf. pseudodelicatissima** (E), Abundancia relativa de **P. reticulatum** (G), Número de especies del fitoplancton (I), Temperatura del agua en superficie (S0) y Número de organismos del fitoplancton (W). El componente 2 solo se correlaciona positivamente con las variables Abundancia relativa de **A. catenella** (A) y Salinidad del agua en superficie (T0), a 5m (T5) y a 10m (T10) (Fig. 265).

Sector sur de Canal Moraleda y lugares adyacentes

En esta área de muestreo los datos indican que la varianza total explicada resume el 78,07% de los datos en 8 componentes, de los cuales el primero explica el 26,93% y el segundo el 12,61% de los datos (Tabla 30). También se observa que el determinante de la matriz de correlación se adecua satisfactoriamente al análisis ($6,56 \times 10^{-10}$) y la medida de adecuación de los datos es satisfactoria (Kaiser-Meyer-Olkin = 0,77).

En la representación gráfica del análisis se observa que el primero de los componentes está correlacionado negativamente con la variable Índice G (H) y se correlaciona positivamente con las variables Abundancia relativa de **A. catenella** (A), Abundancia Relativa de **D. acuta** (B), Abundancia Relativa de **D. acuminata** (C), Abundancia relativa de **P. reticulatum** (G), Temperatura del aire (K), Veneno paralizante de los mariscos (P) y Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m



(S10) y a 20m (S20). El componente 2 se relaciona negativamente con las variables Abundancia relativa de *P. cf. australis* (D), Abundancia relativa de *P. cf. pseudodelicatissima* (E), Número de especies del fitoplancton (I), Número de organismos del fitoplancton (W) en tanto que se relaciona positivamente con las variables Transparencia del agua (J) y Salinidad del agua en superficie (T0), a 5m (T5) y a 10m (T10) (Fig. 266).

Sector Caleta Tortel

En esta área de muestreo los datos indican que la varianza total explicada resume el 80,04% de los datos en 6 componentes, de los cuales el primero de ellos explica el 31,03% y el segundo el 13,97% de los datos (Tabla 31). También se observa que el determinante de la matriz de correlación se adecua satisfactoriamente al análisis ($8,03 \times 10^{-21}$) y la medida de adecuación de los datos es satisfactoria (Kaiser-Meyer-Olkin = 0,61).

En la representación gráfica del análisis se observa que el primero de los componentes está correlacionado negativamente con las variables Índice G (H), Temperatura del agua a 10m (S10) y a 20m (S20) mientras que se relaciona positivamente con las variables Abundancia relativa de *A. catenella* (A), Abundancia relativa de *P. cf. australis* (D), Número de especies del fitoplancton (I), Presión barométrica (L), Veneno paralizante de los mariscos (P), Salinidad del agua a 5m (T5) y a 10m (T10), Concentración de oxígeno en superficie (U0), a 5m (U5), a 10m (U10) y a 20m (U20) y Número de organismos del fitoplancton (W). Por otra parte, el componente 2 solo se correlaciona positivamente con las variables Abundancia Relativa de *D. acuminata* (C), Abundancia relativa de *P. cf. pseudodelicatissima* (E) y Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5) y a 10m (S10) (Fig. 267).

Sector Puerto Edén y Canal Trinidad

En esta área de muestreo los datos indican que la varianza total explicada resume el 74,86% de los datos en 7 componentes, de los cuales el primero de ellos explica el 26,13% y el segundo el 12,15% de los datos (Tabla 32). También se observa que el determinante de la matriz de correlación se adecua satisfactoriamente al análisis ($1,39 \times 10^{-15}$) y la medida de adecuación de los datos es satisfactoria (Kaiser-Meyer-Olkin = 0,70).

En la representación gráfica del análisis se observa que el primero de los componentes está correlacionado negativamente con las variables Temperatura del aire (K) y Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m (S10) y a 20m (S20) y se relaciona positivamente con las variables Abundancia relativa de *A. catenella* (A), Abundancia relativa de *P. cf. australis* (D), Abundancia relativa de *P. cf. pseudodelicatissima* (E), Salinidad del agua en superficie (T0) y a 5m (T5) y Concentración de oxígeno en superficie (U0), a 5m (U5), a 10m (U10) y a 20m (U20). Por otro lado, el componente 2 se relaciona negativamente con las variables Transparencia del agua (J) y Temperatura del agua a 20m (S20) y se relaciona positivamente con las variables Número de especies del fitoplancton (I) y Número de organismos del fitoplancton (W) (Fig. 268).



Sector Puerto Natales

En esta área de muestreo los datos indican que la varianza total explicada resume el 79,52% de los datos en 7 componentes, de los cuales el primero de ellos explica el 29,92% y el segundo el 17,84% de los datos (Tabla 33). También se observa que el determinante de la matriz de correlación se adecua satisfactoriamente al análisis ($4,2 \times 10^{-17}$) y la medida de adecuación de los datos es satisfactoria (Kaiser-Meyer-Olkin = 0,75).

En la representación gráfica del análisis se observa que el primero de los componentes está correlacionado negativamente con las variables Temperatura del aire (K) y Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m (S10) y a 20m (S20) y también se relaciona positivamente con las variables Abundancia relativa de *A. catenella* (A), Abundancia relativa de *P. cf. australis* (D), Abundancia relativa de *P. cf. pseudodelicatissima* (E) y Concentración de oxígeno en superficie (U0), a 5m (U5), a 10m (U10) y a 20m (U20). El componente 2 se correlaciona negativamente con las variables Índice G (H), Velocidad del viento (M) y Concentración de oxígeno en superficie (U0), a 5m (U5), a 10m (U10) y a 20m (U20) mientras que el mismo componente se relaciona positivamente con las variables Veneno diarreico de los mariscos (Q) y Salinidad del agua en superficie (T0), a 5m (T5), a 10m (T10) y a 20m (T20) (Fig. 269).

Sector Estrecho de Magallanes y lugares adyacentes.

En esta área de muestreo los datos indican que la varianza total explicada resume el 79,78% de los datos en 7 componentes, de los cuales el primero de ellos explica el 31,69% y el segundo el 18,15% de los datos (Tabla 34). También se observa que el determinante de la matriz de correlación se adecua satisfactoriamente al análisis ($2,11 \times 10^{-19}$) y la medida de adecuación de los datos es satisfactoria (Kaiser-Meyer-Olkin = 0,81).

En la representación gráfica del análisis se observa que el primero de los componentes está correlacionado negativamente con las variables Concentración de oxígeno en superficie (U0), a 5m (U5), a 10m (U10) y a 20m (U20) y este mismo componente se relaciona positivamente con las variables Temperatura del aire (K), Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m (S10) y a 20m (S20) y Salinidad del agua en superficie (T0), a 5m (T5), a 10m (T10) y a 20m (T20). Por otro lado, el componente 2 se correlaciona negativamente con las variables Abundancia Relativa de *D. acuta* (B), Índice G (H), Presión barométrica (L) y Velocidad del viento (M) en tanto que se relaciona positivamente con las variables Abundancia relativa de *A. catenella* (A), Abundancia Relativa de *D. acuminata* (C), Abundancia relativa de *P. cf. australis* (D), Abundancia relativa de *P. cf. pseudodelicatissima* (E), Número de especies del fitoplancton (I) y Veneno paralizante de los mariscos (P) (Figura 270).

Sector Puerto Williams.

En esta área de muestreo los datos indican que la varianza total explicada resume el 72,33% de los datos en 4 componentes, de los cuales el primero de ellos explica el 33,29% y el segundo el 20,72% de los datos (Tabla 35). También se observa que el determinante de la matriz de correlación se adecua satisfactoriamente al análisis ($6,06 \times 10^{-11}$) y la medida de adecuación de los datos es satisfactoria (Kaiser-Meyer-Olkin = 0,74).



En la representación gráfica del análisis se observa que el primero de los componentes está correlacionado negativamente con las variables Índice G (H) y Nubosidad (N) pero se correlaciona positivamente con las variables Abundancia Relativa de *D. acuminata* (C), Abundancia relativa de *P. cf. australis* (D), Abundancia relativa de *P. cf. pseudodelicatissima* (E), Número de especies del fitoplancton (I), Temperatura del aire (K) y Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m (S10) y a 20m (S20). El componente 2 se correlaciona negativamente con las variables Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m (S10) y a 20m (S20) y este mismo componente se relaciona positivamente con las variables Abundancia relativa de *A. catenella* (A), Abundancia Relativa de *D. acuminata* (C), Abundancia relativa de *P. cf. australis* (D), Abundancia relativa de *P. cf. pseudodelicatissima* (E) y Número de especies del fitoplancton (I) (Fig. 271).

Sectores con información de nutrientes y zooplancton.

En estos sectores de muestreo los datos indican que la varianza total explicada resume el 85,73% de los datos en 8 componentes, de los cuales el primero de ellos explica el 31,05% y el segundo el 18,99% de los datos (Tabla 36). También se observa que el determinante de la matriz de correlación se adecua satisfactoriamente al análisis (0,0000).

En la representación gráfica del análisis se observa que el primero de los componentes está correlacionado negativamente con las variables Índice G (H) y Concentración de nitritos (X3), pero se relaciona positivamente con las variables Abundancia Relativa de *D. acuminata* (C), Concentración de nitrato (X2), Concentración de silicatos (X4), Número de grupos del zooplancton (Y), Temperatura del agua en superficie (S0), a 5m (S5), a 10m (S10) y a 20m (S20) y Salinidad del agua en superficie (T0), a 5m (T5) y a 10m (T10). El componente 2 solo se correlaciona positivamente con las variables Abundancia relativa de *A. catenella* (A), Abundancia relativa de *P. cf. australis* (D), Abundancia relativa de *P. cf. pseudodelicatissima* (E), Número de especies del fitoplancton (I) y Concentración de oxígeno en superficie (U0), a 5m (U5), a 10m (U10) (Fig. 272).

Objetivo específico 4

5.9. Muestreo complementario en regiones de Aysén y Magallanes: abundancia relativa, toxina, caracterización de sedimentos y quistes de *A. catenella*.

5.9.1. Veneno Paralizante de los Mariscos en los sitios de muestreo complementarios

Las regiones con muestras complementarias fueron Aysén (21 sitios) y Magallanes (29 sitios) en ambas se recolectaron muestras en dos oportunidades, otoño y primavera.

En la región de Aysén, en el primer muestreo (12 abril – 1 mayo) 17 muestras corresponden a cholga, 9 a chorito y 2 a almeja. Hubo 7 localidades en que se recolectaron cholga y chorito y dos sitios en que no se recolectaron transvectores. El rango abarca desde no detectable hasta 11.873 µg



STX eq. 100 g⁻¹ de carne de marisco (cholga) valor registrado en Isla Filomena (AC02) o 13.838 µg STX eq. 100 g⁻¹ de carne de marisco (chorito) en Grupo Smith (AC06). Hubo nueve localidades que presentaron una toxicidad no detectable mediante el bioensayo. Durante este lapso la toxicidad media en estas localidades fue alta 3.098 ± 778 µg STX eq. 100 g⁻¹ de carne de marisco (media $\pm$ error estándar). Durante este lapso, descontando las localidades en que no se detectó veneno paralizante, el promedio de toxicidad fue elevado, 4.738 µg STX eq. 100 g⁻¹ de carne de marisco, de hecho sólo hubo tres localidades que presentaron una toxicidad inferior a los 1000 µg STX eq. 100 g⁻¹ de carne de marisco, Bahía Erasmo – Roca Cupquellán (AC10), con 919, Isla Tahuenhuc – Estero Parra (AC01) con 628 e Isla Level (AC3) con 564 µg STX eq. 100 g⁻¹ de carne de marisco. En el segundo muestreo (18 octubre – 1 noviembre) hubo tres localidades sin muestra y siete que presentaron un nivel de toxina paralizante no detectable con el bioensayo y once que presentaron un nivel de toxina paralizante < 80 µg STX eq. 100 g⁻¹ de carne de marisco. La toxicidad promedio fue notablemente más baja que en el muestreo de otoño, 77 ± 18 µg STX eq. 100 g⁻¹ de carne de marisco, reflejo del marcado descenso de la toxicidad en todas las localidades muestreadas. El rango de toxicidad varió entre no detectable y 317 µg STX eq. 100 g⁻¹ de carne de marisco, valor este último registrado en Isla Filomena (AC02) (Tabla 37).

En la región de Magallanes, de los veintinueve sitios muestreados, en veintiséis se recolectaron choritos y en 3, cholgas. El primer muestreo se realizó entre 14 febrero – 3 abril y el segundo, 7 – 27 de octubre. En ambos cruceros los niveles de toxicidad promedio no fueron elevados, no obstante que durante el segundo muestreo complementario alcanzó $300 \pm 89,7$, con un rango entre no detectable y 1.645 µg STX eq. 100 g⁻¹ de carne de marisco, pero en el primero fue de sólo $21 \pm 6,4$ y con un rango entre no detectable y 120 µg STX eq. 100 g⁻¹ de carne de marisco; en este período hubo diecinueve sitios que presentaron un nivel de toxicidad no detectable con el bioensayo, y en el segundo fueron ocho los sitios con muestras con una toxicidad no detectable. Las toxicidades mayores se presentaron en Seno Las Nieves (MC12) con 120 µg STX eq. 100 g⁻¹ de carne de marisco en el primer muestreo y, en Isla Ophidro (MC03) con 1.645 µg STX eq. 100 g⁻¹ de carne de marisco, en el segundo (Tabla 38).

5.9.2 Abundancia relativa de *Alexandrium catenella* en los sitios de muestreo complementarios

Los períodos en que se recolectaron las muestras para las estimaciones de abundancia relativa, fueron 12 abril – 1 mayo y 18 octubre – 1 noviembre en la región de Aysén y 14 febrero – 3 abril y 7 – 27 octubre en la región de Magallanes.

En la región de Aysén, en ambos muestreos hubo dos localidades en que no se recolectaron muestras para estimar abundancia relativa. En esta región en ambos períodos se observaron células de *A. catenella*. Las estimaciones fueron en el primer crucero de $3,5 \pm 0,70$ (media $\pm$ error estándar), con un rango entre ausente (5 sitios) e hiper abundante (nivel 7) en cinco localidades, en tanto que en el segundo crucero, las estimaciones fueron más bajas $2,3 \pm 0,29$, con un rango entre ausente (dos sitios) y abundante (nivel 4) registrado en dos localidades (Tabla 39).



En la región de Magallanes, durante el primer crucero en ninguno de los sitios de muestreo se detectó la presencia de esta microalga, en tanto que en el segundo muestreo, la abundancia relativa promedio fue de $2,9 \pm 1,33$, lapso en que hubo sólo una localidad con ausencia de **A. catenella**, Canal Valdés (MC06). Hubo once localidades que presentaron una estimación de regular (nivel 3). El máximo registrado correspondió a muy abundante (nivel 5) observado en cuatro sitios, I. Shaffer (MC01), Puerto Profundo (MC08), Bahía Félix (MC09) y Seno Las Nieves (MC12). Con un nivel de raro hubo también cuatro sitios que presentaron esta estimación, Bahía Coruña (MC05), Punta Shoal (MC07), Seno Dunze (MC17) e Isla Única (MC26) (Tabla 40).

5.9.3 Caracterización de sedimentos en los sitios de muestreo complementarios

Fracciones de sedimentos finos y contenido de materia orgánica en sedimentos

La caracterización granulométrica y estimación de la proporción de materia orgánica en los sedimentos de los sitios de muestreo está orientada a pesquisar la presencia de quistes de **A. catenella**. Las muestras fueron recolectadas sólo en las regiones de Aysén y Magallanes desde sectores que no son abordados por el muestreo regular, en la región de Aysén fueron 19 localidades y en la región de Magallanes, 10 sitios.

La granulometría y proporción de materia orgánica en las distintas estaciones son muy variables. De manera general se aprecia que en los 29 sitios de muestreo evaluados, en ambas regiones en la fracción de sedimentos finos y muy finos, y limo arcillas, que éstos últimos son los más importantes. En la región de Aysén de manera general la proporción de sedimentos finos y muy finos, corresponden con la proporción de limo arcillas, distribución que se mantiene en la región de Magallanes, pero los sedimentos muy finos son muy poco importantes. En la región de Aysén hubo una proporción parecida de sitios de muestreo, que presentó seis de los diecinueve sitios de muestreo con una fracción de limo arcilla $\geq 20\%$, en comparación con la región de Magallanes, que presentó tres de los diez sitios con una fracción $\geq 20\%$. En Aysén es el caso de I Irene (AC18), 59,7%; Punta Leopardo (AC14), 39,5%; Punta Felisa (AC17), 34,2%; Islas Las Madrinas (AC04), 20,6%; Isla Cupquelán (AC13), 20,0% y Bahía Erasmo – R. Cupquelán (AC10), 20,0%. En tanto que en Magallanes, fueron Seno Ballena (MC13), 47,7%, Rada Douglas (MC27), 32,4% e Isla Ophidro (MC03), 29,9%. En cuanto a la materia orgánica, ésta presentó un rango más amplio y un promedio mayor en la región de Magallanes con $2,1 - 19,9\%$ y $6,8 \pm 2,00$ (promedio $\pm$ error estándar), puesto que en la región de Aysén, el rango fue de $0,7 - 3,6\%$, y el promedio de $1,9 \pm 0,18$ (Tablas 41 – 42).

5.9.4 Abundancia de quistes de *Alexandrium catenella* en sedimentos

Durante el desarrollo del estudio en dos oportunidades se recolectaron muestras de sedimento para realizar análisis de quistes del dinoflagelado. En la región de Aysén se realizaron los muestreos en período de primavera (18-27 de octubre) de 2009, y en la región de Magallanes en períodos de verano e inicios de otoño (15 de febrero a 2 de abril) y primavera (7-27 de octubre) de 2009. Las estaciones de muestreo fueron seleccionadas de acuerdo al contenido de fango que presentaba cada lugar, por ello en Aysén fueron muestreadas 6 estaciones ubicadas al sur de Melinka, otras al



sur del Canal Moraleda, y una al sur de Isla Traiguen, mientras que en Magallanes se muestrearon 15 estaciones ubicadas en el límite norte de la región, en cercanías del Golfo Almirante Montt, otras en el occidente y sur del Estrecho de Magallanes y una al sur del Canal Beagle.

En Aysén, durante el periodo de primavera se registraron quistes de *A. catenella* en 2 de las 6 estaciones muestreadas, estas fueron I. Tahuenhuac – E. Parra (AC01) con 17,3 quistes / mL e Isla Filomena (AC02) con 22,7 quistes / mL.

En Magallanes, los sitios muestreados no presentaron quistes del dinoflagelado.

En general se observa que la presencia de quistes de *A. catenella* es muy baja o ausente en las localidades consideradas. En la región de Aysén, considerando muestras recolectadas durante periodo de primavera en seis sitios, sólo se detectaron quistes en I. Tahuenhuac – E. Parra (AC01): 17,3 e Isla Filomena (AC02): 22,7. En Magallanes, con sitios muestreados desde el límite norte de la región hasta el sur del Canal Beagle, todos establecidos en el área con mayores probabilidades de floración de esta microalga, no hubo presencia de quistes del dinoflagelado.

5.9.5 Análisis presencia y abundancia de *A. catenella*, en el sector límite norte del área FAN.

La representación de los conglomerados obtenidos del análisis de cluster con SIMPROF, que se entrega en la Fig. 45, muestra que se genera naturalmente una agrupación localizada al sur de la Isla Coldita, lo cual coincide parcialmente con el límite norte definido para el área plaga de *A. catenella* en el Informe Técnico N° 2168/2008. Sin embargo, dado que este mismo documento plantea que el análisis de la información para evaluar presencia/ausencia y niveles de abundancia relativa en un área se basa en un período de 2 años consecutivos; se realizó un análisis similar con la información acumulada de los 2 últimas temporadas de monitoreo; es decir, desde octubre de 2007 a diciembre de 2009, cuya representación geográfica se entrega en la Fig. 279. En ésta, la agrupación significativa mediante SIMPROF y ANOSIM (valor $R > 0,93$ comparado con todos los demás conglomerados) de la zona sur de Chiloé se extiende hasta el sur de la Isla Tranqui. Además, la representación de la proporción de niveles de abundancia relativa y promedio de abundancia relativa para las estaciones de los conglomerados de Chiloé Sur y de Melinka para el período octubre 2007 a diciembre de 2009, presentada en la Fig 280, muestra claramente que las 2 áreas, durante el período comprendido en el análisis, han cumplido al menos en una ocasión con los criterios establecidos en el Informe Técnico, tanto en la proporción superior al 50% de estaciones positivas a la presencia de *A. catenella*, y de estaciones con nivel 3 o superior, y en el valor promedio de las abundancias relativas para el área, con valores sobre 3. También son destacables las diferencias entre estas dos áreas en el comportamiento de la abundancia relativa; mientras que Melinka presentó mayor constancia y niveles más elevados, el área sur de Chiloé tiene periodos en los que la especie se mantuvo prácticamente ausente.



Objetivo espec3fico 6

5.10. Flujo de informaci3n hacia organismos p3blicos.

Tal como se ha indicado en la metodolog3a, de manera peri3dica se informa a Subsecretar3a de Pesca sobre el estado de los muestreos, con informaci3n relevante para conocer la distribuci3n y abundancia relativa de *Alexandrium catenella* y otras especies nocivas presentes en el 3rea de estudio. Estos antecedentes est3n contenidos en dos archivos: una planilla digital y un Sistema de Informaci3n Geogr3fico (SIGMARO).

Para mantener flujos constantes y actualizados de informaci3n, la macro zona de muestreo ha sido subdividida en 3reas de muestreo, en cada una de las regiones administrativas consideradas. Ellas son:

- Regi3n de Los Lagos:
 - o 3rea Estuario, Seno Reloncav3, Ancud y Manao
 - o 3rea Quemchi
 - o 3rea Quell3n
- Regi3n de Ays3n:
 - o 3rea Melinka
 - o 3rea Litoral Ays3n
 - o 3rea Tortel
- Regi3n de Magallanes:
 - o 3rea Norte
 - o 3rea Centro
 - o 3rea Sur

Esta divisi3n de 3reas permite informar progresivamente a medida que se completa cada uno de los cruceros, es decir, terminado el muestreo en cada una de estas 3reas se analizan las muestras respecto de la abundancia relativa de los siete taxones considerados y se informan inmediatamente los resultados obtenidos.

Como primer env3o de informaci3n se remite a Subsecretar3a de Pesca una planilla Excel con los resultados y paralelamente v3a correo electr3nico se advierte sobre la actualizaci3n del SIG a las autoridades del Servicio de Salud (Los Lagos, Ays3n y Magallanes), Ministerio de Salud y Servicio Nacional de Pesca.

Es preciso se3alar que esta publicaci3n Web, est3 disponible en 2 niveles de informaci3n, una para usuarios restringidos mencionados anteriormente, a trav3s de la Web: http://www.ifop.cl/Marea_Roja, la cual solicita al momento de ingresar, un nombre de usuario y una contrase3a (Fig. 273).



El segundo nivel de información es para “Publico en General” los cuales ingresan por el siguiente enlace: http://www.ifop.cl/Marea_Roja_Publico/ (Fig 274).

La diferencia entre estos dos niveles de información, radica en que para los usuarios restringidos la información va siendo entrega parcialmente por área de muestreo, según ha sido indicado previamente, sin perjuicio que una vez conocidas las estimaciones de abundancia relativa del período correspondiente, éstas son informadas de forma integral. De esta manera la autoridad además de recibir la información en forma progresiva, hasta completar los antecedentes del período que se informa (crucero), sino que además puede acceder a la información histórica para consulta y análisis. El publico general solo visualiza los resultados de abundancia relativas de cada período una vez que se ha completado la estimación de la abundancia relativa de los taxones nocivos de toda el área de estudio.

Objetivo específico 7

5.11. Sistema de Información Geográfico.

Para representar de manera sistemática y espacialmente toda la información, se generó un Sistema de Información Geográfico para el Estudio Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, período diciembre 2008 – diciembre 2009, el cual es auto ejecutable (autorun) y funciona directamente desde un disco compacto (CD) (Fig. 275, Anexo 90). Este cuenta con enlaces directos a toda la información gráfica (SIG) la cual está estructurada, estandarizada y normalizada (Fig. 276), además de disponer de acceso a información tabular (Anexo 90).

El CD está completamente personalizado con los datos de cada período de muestreo (cruceros), información de apoyo y de ayuda para su visualización, lo cual se realizó ingresando la información vía software o programación de algoritmos, entregando un despliegue gráfico del SIG que es soportado por una página Web stand-alone, siendo un producto intuitivo y de fácil consulta (Figs. 277 - 278).



6. DISCUSION

6.1. Aspectos generales.

El sector geogr3fico que se aborda en esta oportunidad es el mismo considerado en etapas previas, vale decir los fiordos y canales entre Cocham3, en el estero de Reloncav3 en el sector septentrional de los canales de la regi3n de Los Lagos, hasta Puerto Eugenia en el Canal Beagle, en el extremo sur de la regi3n de Magallanes. En consecuencia se mantienen la amplitud y complejidad del sector geogr3fico considerado y se circunscribe a las regiones administrativas de Los Lagos, Ays3n y Magallanes, no obstante que el sector al sur del 3rea de Tortel hasta el l3mite norte de la regi3n de Magallanes no es considerado por este estudio, como tampoco todo el sector representado por el Golfo de Penas. Una situaci3n similar ocurre con los canales occidentales de Ays3n y Magallanes, pero mientras se mantenga la tecnolog3a que se utiliza actualmente para recoger la informaci3n y muestras, no hacen factible incorporar estos sectores derivado de factores log3sticos y de costos. En la medida que comiencen a desarrollar actividades productivas con asentamientos fijos ser3 probablemente factible incorporar nuevas 3reas geogr3ficas a este estudio. Los resultados comprenden el lapso entre diciembre 2008 y diciembre 2009.

Los resultados y los antecedentes que aporta este estudio constituyen la mejor fuente de informaci3n para que la autoridad proteja la salud p3blica y minimice los impactos sobre las actividades de la pesca y la acuicultura, adem3s de servir como fuente de informaci3n para adoptar medidas vinculadas con las plagas hidrobiol3gicas. Hasta ahora la 3nica especie que ha sido declarada formalmente como especie plaga de floraciones de algas nocivas (especie plaga FAN) es *Alexandrium catenella*.

De manera similar a lo se3alado en la etapa previa (v3ase Guzm3n et al., 2007, 2009) los resultados reiteran las diferencias entre regiones en todas las variables consideradas, vale decir toxinas detectadas mediante las t3cnicas utilizadas, presencia y abundancia de los taxones nocivos o potencialmente nocivos, adem3s de claras diferencias ambientales, incluyendo disimilitudes en el fitoplancton cualitativo y cuantitativo, como tambi3n de tipo oceanogr3ficas y meteorol3gicas. En esta discusi3n, sin perjuicio de presentar un an3lisis particular para los temas m3s relevantes de los t3picos considerados, se incluye tambi3n un an3lisis integrado de la informaci3n, aunque en esta oportunidad considerando la informaci3n sectorizadamente, para identificar y describir las relaciones ambientales claves, orientadas a lograr una mejor comprensi3n de las marcadas diferencias entre las regiones consideradas e incluso entre las 3reas dentro de una misma regi3n. Se incluyen tambi3n comentarios sobre el flujo de informaci3n que se remite peri3dicamente a la autoridad y respecto del sistema de informaci3n geogr3fico desarrollado para lograr una mejor comprensi3n y presentaci3n de los antecedentes reunidos. La discusi3n se presenta siguiendo el mismo orden en que se entregan los resultados.



Objetivos específicos 1, 2, 3 y 5

6.2. Veneno Paralizante de los Mariscos y *Alexandrium catenella*.

De la misma forma como se ha señalado en las etapas previas de este estudio, los resultados de los niveles de veneno paralizante en mariscos y de la abundancia relativa y densidad de *Alexandrium catenella* muestran que estas variables abarcan amplios sectores geográficos y claramente tienen una mayor representatividad en las dos regiones más australes, Aysén y Magallanes, pero en esta oportunidad también involucran al sector costero del sureste de la Isla de Chiloé, en la región de Los Lagos. En estas regiones, se aprecian además que existen sectores que presentan niveles más altos de toxina y de abundancia relativa de la microalga, como también que existen sectores localizados que no presentan toxina detectable mediante el bioensayo y que *A. catenella* estuvo ausente, si bien éstos son muy acotados en términos espaciales y representan una mínima fracción del territorio de cada una de las regiones administrativas consideradas. Por otro lado, estos resultados muestran que no obstante que la distribución geográfica del dinoflagelado *A. catenella* y de la toxina paralizante abarcan un amplio espacio geográfico, dentro del área de estudio, que existen factores locales que regulan la distribución y abundancia de la microalga y consecuentemente determinan sectores con mayores probabilidades de detectar a *A. catenella* y la toxina paralizante. Asimismo los antecedentes sustentan las claras diferencias interanuales respecto de la distribución y los niveles alcanzados tanto por el complejo tóxico, como por la abundancia relativa y la densidad de la microalga, reiterando lo señalado sobre el particular en trabajos previos (Fernández & Tocornal, 2000; Guzmán et al., 2002a, 2007, 2009).

Los resultados que se presentan muestran la presencia de una extensa floración de *A. catenella* y la consecuente toxicidad en mariscos centinela, abarcando un amplio sector de la región de Aysén continental e insular además de Melinka, excluidas las áreas de Raúl Marin Balmaceda y Tortel, floración que además abarcó a la región de Los Lagos, en el sector sur de la Isla de Chiloé abarcando por el norte hasta Isla Acui (L16), pero iniciada con un retardo de aproximadamente un mes con respecto a lo observado en Aysén. Asimismo se observó otra floración en la primavera, particularmente en la región de Magallanes, en especial en las áreas centro y sur de esta región, pero también ocurrió un incremento de la abundancia de este dinoflagelado en la región de Aysén, incluyendo incluso el área de Tortel, sector que habitualmente no es afectado por floraciones asociadas a veneno paralizante de los mariscos y también el área norte de la región de Magallanes.

Consecuentemente, el escenario en que se desarrolló esta tercera etapa 2008 – 2009 fue totalmente distinta a aquellos señalados en etapas previas de este estudio (Guzmán et al., 2007, 2009), en cuanto a que los antecedentes disponibles parecían indicar que las floraciones de *A. catenella* y la toxicidad de los mariscos, además de constituir un fenómeno de gran cobertura geográfica, mostraba como característica su iniciación en la región de Magallanes, particularmente el área norte de esta región durante la primavera tardía, y luego con un desfase de uno o dos meses, ocurría la floración y toxicidad en los mariscos en la región de Aysén; los antecedentes indicaban también una gran cobertura geográfica en esta región, tanto de la floración como de la distribución de los mariscos tóxicos. En este escenario, podría ocurrir que en determinados años, por razones no



identificadas, la floración y toxicidad con veneno paralizante en mariscos podía manifestarse en el extremo sur de Chiloé, cuya extensión geográfica por la costa este de la Isla y duración, dependería de las condiciones particulares asociadas a cada floración. En la floración de 2006 esta microalga no se distribuyó más al norte que Isla Acui, puesto que durante 2002 alcanzó hasta Canal Dalcahue, pero presentando una extensión temporal muy distinta, del orden de un mes en la primera y aproximadamente seis meses en la segunda. Y en este estudio se comunica la tercera floración (marzo – abril 2009), con una duración de aproximadamente un mes. Estos resultados están mostrando que estas floraciones en el extremo sur de la Isla de Chiloé, están recurriendo con mayor frecuencia y además que la microalga está siendo detectada, aunque forma rara en sectores en los cuales no había sido reportada. Por otro lado, también están mostrando, no obstante que no se dispone de información para la floración ocurrida durante 2002, que las floraciones de ***A. catenella*** que ocurren en el extremo sur y sectores adyacentes a la costa sur este de la Isla de Chiloé, que estarían ligadas a la ocurrencia de floraciones de esta especie en la región de Aysén, y muy probablemente del área de Melinka. Si la floración que ocurre en Chiloé es una extensión, por razones oceanográficas de lo que ocurre en Aysén, o que se originan localmente derivado de factores similares a los que favorecen el desarrollo del fenómeno en esa región, por el momento no es factible aseverarlo, pero el desfase en la iniciación en Chiloé sugiere que presenta mayores probabilidades de ser correcta la primera de estas hipótesis. En Guzmán et al., (2009) se señaló que si este sector es individualizado como aquel con mayores probabilidades para la iniciación de una floración o el incremento numérico de ***A. catenella***, los antecedentes disponibles, sugieren que no es el más apropiado para explicar floraciones de esta microalga, pues el área recibe el aporte constante de aguas oceánicas provenientes del Pacífico (Palma & Aravena, 2002; Palma & Silva, 2004; Palma et al., 2007a; Bustos et al., 2008), caracterizadas por una baja productividad (Ramírez & Pizarro, 2005) y una columna de agua muy homogénea producto de la mezcla por acción del viento (Palma et al., 2007b) condiciones que no favorecen altas densidades planctónicas. Estas características no determinan condiciones de estabilidad de la columna de agua y consecuentemente no son las más apropiadas para favorecer el predominio de los dinoflagelados sobre la diatomeas, y menos de floración de algún dinoflagelado, pues éstas requieren condiciones de estratificación de la columna de agua, que es muy poco probable que ocurran en el extremo sur de la Isla de Chiloé (véase Margalef et al., 1979).

Por otro lado, los datos muestran para el lapso 23-26 de abril el término o la declinación marcada de la floración en el área sur y sureste de Chiloé, no obstante que los muestreos de mayo y junio e inclusive hasta octubre mostraron nuevamente la presencia de ***A. catenella***, particularmente en el extremo sur de Chiloé, pero incluso tan al norte como Calbuco y en localidades como Isla Talcán, Bahía Pumalín y Palvitad, pero con abundancias relativas bajas (rara) y que no estuvieron asociadas a mariscos tóxicos con veneno paralizante, mostrando un cambio temporal y espacial en su distribución. El muestreo de emergencia, permitió seguir con mayor detalle la evolución de la floración en Chiloé, pero el monitoreo regular permitió detectar a una escala geográfica amplia, el comportamiento espacial de la distribución de esta microalga. También permitió apreciar que la dinámica del veneno paralizante en los mariscos transvectores (chorito), está caracterizada por tasas de incremento y de eliminación de la toxina, notoriamente mayores que aquellas señaladas para las regiones de Aysén y de Magallanes. De hecho en lapso de días los mariscos pueden no estar aptos



para consumo humano y en un par de semanas o un poco más, pueden mostrar una disminución marcada de la toxicidad. Derivado de esta circunstancia la frecuencia del muestreo regular impidió detectar un registro importante de toxicidad en Coldita ($>1.000 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne de marisco), el cual sólo pudo ser detectado por el muestreo de emergencia, que tuvo una frecuencia de muestreo semanal.

Consecuentemente muestreos con una mayor frecuencia (semanal) para casos particulares en áreas que requieren una mayor vigilancia, en situaciones de floración, constituyen una necesidad cuyas bondades han quedado mostradas en este estudio. Asimismo, un criterio similar ha mostrado también ser eficiente para definir con certeza los eventuales cambios en la distribución de la microalga plaga FAN, en áreas límites de su cobertura geográfica, como ocurre en el extremo norte del mar interior de Chiloé. En esta oportunidad los muestreos señalaron durante la primavera tardía e inicios de verano, este dinoflagelados no estaba presente en forma constante y abarcando una fracción importante de los sitios de muestreo establecidos en el áreas septentrional del mar de Chiloé, al norte de Dalcahue, incluyendo la costa de la provincia de Palena.

La floración observada en la región de Aysén alcanzó concentraciones de hasta $1.132.200 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$, en Puerto Barrientos (A03) el 21 de marzo. La extensión del fenómeno y los niveles de toxicidad alcanzados estuvieron asociados a intoxicaciones en seres humanos por consumo de mariscos que incluyeron dos casos fatales en la región de Aysén. Ello obligó tanto a la autoridad de la región de Los Lagos como a la de la región de Aysén a adoptar las medidas pertinentes en términos de aplicar vedas en un amplio espacio del litoral de Aysén y en un sector acotado del extremo sur de Chiloé. En la floración registrada en la primavera en Magallanes también obligó a la autoridad adoptar medidas, puesto que hubo intoxicados por consumo de mariscos en sectores remotos de esta región.

Desde el punto de vista ambiental, llaman la atención al menos, dos puntos respecto de la floración ocurrida en el verano en la región de Aysén: a) la ausencia, mientras ocurría el fenómeno en la región de Aysén, de una floración de esta microalga en la región de Magallanes y b) la presencia en el océano Pacífico de aguas con una temperatura superficial con una anomalía estandarizada con casi dos desviaciones estándares con respecto al promedio entre fines de febrero y mediados de marzo de 2009. Respecto del primer punto, sólo se dispone de información a partir de diciembre y el muestreo de la etapa previa de este estudio (2007-2008) fue interrumpida en septiembre de 2008; por tanto pareciera que los niveles de toxina presentes en las localidades del núcleo de toxicidad de Última Esperanza en el área norte de esta región, sería residual de las floraciones observadas durante 2007-2008 (Guzmán et al., 2009), pero los datos disponibles no permiten excluir una floración durante la primavera (meses de octubre y noviembre), previo al inicio del muestreo de este estudio. Pero los antecedentes disponibles parecieran indicar que la floración registrada en Aysén ocurrió sin que al parecer haya existido una floración previa en Magallanes. En cuanto al segundo punto, las aguas señaladas ingresarían subsuperficialmente al sistema de fiordos y canales a través del Golfo de Corcovado y Canal Moraleda, además de los canales que comunican los fiordos de Aysén con el Océano Pacífico. Según los antecedentes provistos por CIIFEN la masa de agua superficial en el mar abierto del océano Pacífico debería tener una temperatura superficial en



alrededor de 1° C más alta que el promedio y la dirección de los vientos orienta el desplazamiento de ésta hacia la costa, según se aprecia en imágenes satelitales registradas entre diciembre de 2008 y fines de marzo de 2009 (Figs 281-283).. Si bien la temperatura no sería el factor que explica la iniciación de las floraciones de ***A. catenella***, estos antecedentes estarían indicando que la hipótesis climática oceanográfica es la que tiene un mayor sustento para explicar floraciones de gran cobertura geográfica, tal como ha sido observado entre mediados de febrero y mediados de abril en Aysén, entre mediados de marzo y fines de abril en Chiloé y entre noviembre y diciembre en la región de Magallanes. Esta situación de macroescala, respecto de las temperaturas superficiales de las aguas oceánicas también ocurre en el sentido opuesto, en cuanto que aguas frías ingresarían a los fiordos y canales, según se aprecia en una imagen satelital registrada el 25 de diciembre (CIIFEN). Cabe recordar que durante febrero también ocurrió una floración en el mar interior de Chiloé causada por ***Prorocentrum micans***. Por tanto los fenómenos oceanográficos y también los climáticos que regulan los procesos en las aguas estuarinas de fiordos y canales es un aspecto que deberá ser considerado en cualquier intento por explicar el origen y mantención de las floraciones de ***A. catenella***.

Sin embargo, durante 2009, este aparente patrón general de distribución y abundancia de ***A. catenella*** y consecuente toxicidad en los mariscos señalado en estudios previos (Guzmán et al., 2007, 2009), se modificó absolutamente, por cuanto la floración se inició en el mes de febrero y también marzo en la región de Aysén, expresándose además con niveles de densidad y abundancia relativa de ***A. catenella*** sorprendentemente altos y abarcando virtualmente gran parte de la geografía que aborda este estudio. La excepción la constituyeron la mayor parte de los sitios de muestreo establecidos en Raúl Marín Balmaceda y aquellos de Caleta Tortel. Además se presentó con un desfase de aproximadamente un mes en el extremo sur y este de las aguas costeras de Chiloé, fenómeno que declinó a fines de abril, pero también mostró una característica diferencial con años previos, en cuanto a que permaneció con abundancias relativas bajas y densidades muy bajas en el extremo sur de la Isla, e incluso con posterioridad, en primavera alcanzó a sectores en la costa de la provincia de Palena, como Bahía Pumalín, y en las islas que caracterizan dicho sector de la geografía del mar interior de Chiloé, como las Islas Talcán, e incluso presentándose como rara en una localidad tan septentrional como Calbuco. Ello refleja también una diferencia con respecto a la floración de 2002, pues, en esta ocasión, la extensión geográfica fue más amplia. Sin embargo, en el período de primavera tardía e inicios del verano, esta microalga no estuvo presente en las muestras de fitoplancton cualitativo en el sector septentrional del más interior de Chiloé. Con los resultados logrados para el extremo sur de Chiloé, ratifican lo adelantado en las etapas previas en cuanto a que apoyan la hipótesis de la existencia en este sector de Chiloé de condiciones que favorecen la viabilidad de la forma vegetativa de ***A. catenella***, pero ello no debe ser interpretado como un sector con mayores probabilidades de presentar o iniciar eventos asociados a ***A. catenella*** y brotes de veneno paralizante, en el sentido como debe ser entendido un núcleo de toxicidad, que reconoce la presencia conjunta de la microalga y de la toxicidad en mariscos, pero los niveles de toxina paralizante son significativos, no como ha ocurrido hasta ahora, en el sur de Chiloé, que tanto la densidad, como la toxicidad han sido de grado bajo. De hecho los resultados muestran que no obstante que el sur de Chiloé es un sector en que es factible encontrar este dinoflagelado, las mayores densidades de esta especie y las toxicidades más altas han sido observadas en torno al



sector de Coldita. Consecuentemente los datos disponibles por ahora impiden entregar una opinión más taxativa.

Por otro lado, en la región de Aysén, además se presentó otra situación diferente, tipificada por una floración de primavera detectada en un conjunto importante de sitios de muestreo, no tan marcada como la ocurrida durante el verano previo, en cuanto a abundancia relativa, densidad y toxicidad, que constituye un rasgo que no había sido observado hasta ahora, pero mostró también otro rasgo que no había sido detectado a través de las distintas etapas de este estudio, puesto que abarcó los sitios de muestreo establecidos en el área de Tortel, no sólo con la presencia de la microalga, sino que además con mariscos tóxicos detectables mediante bioensayo, marcando una diferencia sustancial a lo registrado en años previos. Incluso se había postulado que en dichos sectores, las bajas salinidades como consecuencia de la influencia del Río Baker, parecían establecer condiciones limitantes para la distribución y abundancia de **A. catenella**, que se expresarían en bajísimas probabilidades de encontrar mariscos tóxicos detectables mediante bioensayo, de manera similar a lo señalado para los sitios de Estero de Las Montañas (M22) e Isla Ballesteros (M23) en el extremo meridional del área norte de la región de Magallanes, aunque en este caso además del aporte fluvial concurre la influencia de la fusión de hielo glaciar. Sin embargo, en todos estos sectores, no obstante que se ha detectado mediante bioensayo la presencia de veneno paralizante y también de la forma vegetativa de **A. catenella**, los resultados muestran que los niveles de toxicidad que se alcanzan en estos sectores, no son de la magnitud que se ha apreciado en otras áreas de las regiones de Aysén y de Magallanes. Por tanto la salinidad estaría de todas formas limitando la distribución y abundancia de esta microalga, pero no excluyendo su presencia durante ciertos lapsos.

Además, en la región de Magallanes, 2009 estuvo caracterizado por la ausencia de una floración de **A. catenella** durante otoño, en especial en las áreas norte y centro de esta región, pero la floración ocurrió en la primavera 2009, con una mayor expresión a fines de esta estación y geográficamente abarcó las áreas centro y sur de esta región, no obstante que en el área norte también estuvo presente. La presencia de floraciones en Magallanes en ese período del año, no constituye una novedad, sino que la diferencia está marcada por las distribuciones temporales de las floraciones apreciadas desde Los Lagos hacia el sur y por la ausencia de una floración durante otoño en la región de Magallanes. Las estimaciones de abundancia relativa de **A. catenella**, más bajas y por períodos menores, determinan niveles de toxicidad mayores en la región de Magallanes, que en la región de Aysén, cuando se analizan por localidades puntuales, por cuanto en promedio los niveles de toxicidad registrados en la región de Aysén fueron mayores que aquellos observados en Magallanes. El gradiente de incremento de los niveles de toxicidad máximos con la latitud, es un rasgo descrito, pero que en esta oportunidad sólo es aplicable para los niveles máximos detectados en localidades puntuales. Por ahora no existe una explicación que de cuenta de esta gradiente de los niveles máximos de veneno paralizante medidos en mariscos comparables (e.g. cholga o chorito) en el área de estudio. Las diferencias en cuanto a los niveles de abundancia relativa y/o densidad de la microalga entre regiones sugiere que eventualmente **A. catenella** de Magallanes tendría una mayor toxicidad o bien que las temperaturas más bajas favorecen una mayor toxicidad. La literatura, sustenta el gradiente norte sur observado en este estudio, de incremento de la toxicidad, de hecho



para el Estrecho de Magallanes, en Cabo San Isidro (M35) se ha señalado un registro de $52.920 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Uribe et al., 1995) y para el área de C. Beagle, $127.000 \mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Benavides et al., 1995).

Pero, la gran cobertura geográfica mostrada por las floraciones observadas en las regiones de Aysén y de Magallanes, y al parecer también en la región de Los Lagos, sustenta que los factores gatillantes de estas floraciones son del tipo climático – oceanográfico y que luego las floraciones son mantenidas localmente por factores locales. Pero por otro lado, los resultados están mostrando también que estos factores gatillantes no actúan simultáneamente en toda el área cubierta por este estudio, sino que afecta determinados sectores, de amplia extensión, en el área de monitoreo.

Otro aspecto que también marca una diferencia de la floración de ***A. catenella*** registrada en el verano de 2009 en la región de Aysén, dice relación con las estimaciones de abundancia relativa y densidad. Las primeras fueron tan elevadas que hubo que incorporar dos niveles en la escala de abundancia relativa (i.e. ultra abundante y mega abundante). Se estima que situaciones de esta naturaleza debieran ser raras y por tanto se considera que los dos nuevos niveles sólo serían utilizados en situaciones de excepción, como la floración que se describe en este informe y por lo mismo, no se justifica redefinir una nueva escala que mantenga el número de niveles que tenía hasta ahora. Asimismo, las densidades estimadas mostraron ser de las más altas registradas en Chile. En efecto, hasta ahora no se habían apreciado densidades tan elevadas como las presentadas en este estudio, y abarcando un sector geográfico tan amplio.

Los antecedentes disponibles actualmente (este estudio y en Guzmán et al., 2002a, 2007, 2009) permiten señalar que los lapsos con mayores probabilidades que ocurran floraciones de ***A. catenella*** y brotes de veneno paralizante muestran que para la región de Los Lagos, éstos podrían ocurrir en la primavera tardía o con mayor probabilidad en el verano), en tanto que en la región de Aysén, el período con mayor probabilidad es el verano, pero existen antecedentes que muestran que también pueden ocurrir en otoño y en este estudio, se ha mostrado que pueden ocurrir floraciones en primavera. Un caso especial es el área de Tortel, dado que en este estudio ha mostrado que podría ocurrir en el invierno tardío. Esto último está en relación con el lapso en el cual podría iniciarse la floración de primavera, pudiendo adelantarse para los meses de agosto o primeras semanas de septiembre. Para Magallanes se mantienen los lapsos señalados previamente, primavera – verano y otoño para el área norte, primavera-verano y otoño para el área centro y primavera tardía e inicios de verano para el área sur.

Los resultados del análisis de conglomerados y MDS aplicados han permitido ordenar los sitios de muestreo, ordenación que surge como consecuencia de las concentraciones de toxinas que presentan los mariscos centinela o del nivel de las estimaciones de abundancia relativa, pero también de la oportunidad en que fue detectado el complejo tóxico o la microalga. La intención es identificar sectores con mayores probabilidades de presentar a la microalga y toxina detectable mediante el bioensayo, i.e. definir núcleos de toxicidad. Pero también permiten distinguir los sectores en que la microalga y consecuentemente la toxicidad estuvieron ausentes. Los resultados muestran claramente las diferencias entre regiones, tanto sobre la base de la toxicidad como de la distribución



y abundancia de *A. catenella*, segregando distintivamente cada región administrativa. En la región de Los Lagos la ordenación refleja tanto los bajos niveles de toxina paralizante detectada mediante el monitoreo regular, como también a las estimaciones de abundancia relativa, que individualizan claramente el sector sur y sur este de la Isla Chiloé, que corresponde con el área en que la floración y la toxicidad se manifestaron durante marzo y abril de 2009. En cambio en la región de Aysén la amplia cobertura geográfica y los niveles de toxicidad y de las estimaciones de abundancia relativa, no permitieron segregar un conjunto de sitios con una nitidez clara, con la excepción de aquellos que presentaron estimaciones puntuales significativas (e.g. Isla Julián), pero en lo global se puede señalar que el área de Melinka y los sitios de Aysén continental y Aysén insular representan sectores que deberían constituir "núcleos de toxicidad" particularmente aquellos que están ubicados en el sector meridional de Aysén continental y Aysén insular y desde luego aquellos ubicados en el área de Melinka. Para la región de Magallanes se han ratificado los núcleos de toxicidad de Última Esperanza meridional y del Estrecho de Magallanes – Seno Otway (véase Guzmán et al., 2002a), no obstante que son más relevantes los sitios ubicados en el estrecho.

Si bien en Guzmán et al., (2009) se entregan comentarios respecto de las tasas de eliminación de toxina paralizante en cholga, chorito, almeja y culengue, en esta oportunidad se evaluaron estas tendencias mediante un análisis de regresiones y posteriormente tanto las tasas de incremento como los interceptos fueron comparados mediante un análisis de varianza para distintos recursos en una misma localidad y entre sitios de muestreo para cada recurso evaluado. Los resultados muestran para las tendencias de incremento, que el modelo potencial es el que da mejor cuenta de la relación entre la toxicidad y el tiempo, explicando en una alta proporción la varianza de la toxicidad en función de la variable independiente. Los resultados muestran que entre localidades por recurso, se apreciaron claras diferencias para la almeja y culengue (pendiente e intercepto) y cholga (pendiente), pero en el chorito no hubo diferencias significativas, reflejando tasas de incremento de la toxicidad (pendientes) muy homogéneas. El encontrar diferencias entre recursos no constituye una novedad, pues es conocido que presentan naturalmente disimilitudes, aquellas referidas a los interceptos dice relación con el nivel de toxina presente en los recursos (día 0) al iniciar el estudio, las cuales se originan justamente por la distribución en la localidad muestreada, hábitat (almeja en arena), entre otros aspectos. En cuanto a la homogeneidad en cuanto a las tasas de incremento del nivel de toxina observada en el recurso chorito, se considera pertinente reunir nuevos antecedentes que permitan confirmar la homogeneidad entre las tasas de incremento encontradas, pero es poco probable que ello ocurra, pues es dable suponer que estos resultados sólo serán válidos para la situación que ha sido analizada (este estudio).

Por otro lado, respecto de las tendencias de eliminación del veneno paralizante, para el caso entre recursos por localidad, se aprecian estimaciones de pendientes e interceptos muy disímiles con ambos modelos (potencial y exponencial linealizados), para la cholga, chorito, almeja y culengue, con las excepciones que se indican. Las pendientes entre recursos para Punta Cálqueman (exponencial) y para Isla Orestes (potencial), mostraron diferencias no significativas para la pendiente (exponencial) la probabilidad supera $P=0,10$ ($p=0,1333$), lo está reflejado para estas localidades que los cuatro recursos evaluados presentan una misma tasa de eliminación de la toxina, independientemente de los niveles de toxina observados al iniciarse el estudio (día 0). Por



otro lado, al contrastar por recurso entre localidades, sólo hubo tres situaciones en que las diferencias fueron significativas, reflejando homogeneidad por recurso entre localidades, respecto de las tasas de detoxificación (pendientes) y niveles de toxicidad al iniciarse el proceso evaluado (interceptos). Sobre el particular, son necesarios nuevos antecedentes que permitan sustentar estos interesantes resultados, pues a priori existe la percepción que deberían existir marcadas diferencias entre los aspectos contrastados. Las excepciones fueron tres interceptos (dos potenciales y una exponencial) para almeja y culengue, respectivamente. Por ahora no es posible entregar otros comentarios respecto de los resultados encontrados en cuanto a las tasas de eliminación de toxinas y entre interceptos para los recursos evaluados y los sitios considerados.

Finalmente, el uso de sondas moleculares es una técnica basada en la capacidad de hibridar oligonucleóticos marcados con sustancias fluorescentes sobre el material genético del organismo blanco, en este caso ***A. catenella***.

El oligonucleótido descrito por Scholin cuya estructura posee un número cercano a 20 nucleótidos usados para este ensayo FISH y PCR Tiempo Real no es suficientemente compatible con la secuencia de las cepas locales para producir las concordancias ("matches") necesarias que favorezcan la hibridación. Los ensayos hacen suponer que existen diferencias muy leves en la estructura del material genético de las cepas locales con otras descritas en la literatura, suficientes para debilitar la identificación basada en métodos moleculares de esta especie. Por ello, es necesario generar las instancias de investigación orientadas a definir la estructura de nucleótidos que conforman esta región del ADN de ***A. catenella*** en las cepas locales, parte de este trabajo ya se ha iniciado en al menos 6 clones regionales.

La información bibliográfica obtenida en los trabajos de Hosoi-Tanabe & Sako (2004 & 2006) y a la información que disponíamos respecto a la autofluorescencia natural o bioluminiscencia de estos dinoflagelados (Y. Z. Tang & F.C: Dobbs, 2007), es que se supone que podría tratarse de una cepa distinta a la japonesa para la cual se preparó la sonda (OF72 de Bahía Ofunato, Japón; GenBank, Hosoi-Tanabe & Sako 2006). Del mismo modo, cuando se analiza mediante el programa BLAST (BLASTn - megablast) esta secuencia (20 nucleótidos) de esta cepa (OF72) con otras disponibles de ***A. catenella*** en la base de datos (AD2-China, A4-China, AL-China, AD1-China, ACDH-China, LAC35-USA, YSC98a-Corea del Sur, ACTRA02-N.Zelanda, ACQH01-Suecia, A3-Dinamarca, CCMP1493-Hong Kong) se obtuvo que en esta región D2 de la subunidad mayor del RNA ribosomal de ***A. catenella*** existen variaciones de hasta 8 nucleótidos o discordancia ("mismatches") por ejemplo con la cepa Danesa o Sueca, por lo que esta falta de unión podría deberse a que la cepa aislada de nuestras costas chilenas tiene una secuencia semejante al ***Alexandrium catenella*** de estos países nórdicos o alguna otra secuencia con la variación en la secuencia suficiente para impedir la hibridación de la sonda.

Actualmente, usando técnicas de PCR se han generado amplicones de la zona utilizada como blanco de hibridación para ensayos FISH de todos los clones de ***A. catenella*** aislados por IFOP dentro del área de estudio, adicionalmente se han secuenciado todos los amplicones para identificar la secuencia de los 20 nucleótidos que conformarán esta nueva sonda específica para la población



local de este taxón nocivo. Esto asegura que la complementariedad de la sonda molecular con el material genético de la especie a identificar es adecuada para el ensayo FISH. Cabe tener presente, que la potencialidad de la sonda, no sólo está ligada a la mayor certidumbre para identificar a la microalga, sino que además permitirá disponer de estimaciones de abundancia relativa en tiempos sustancialmente menores que aquellos usados con el método que se usa actualmente

6.3. Veneno Diarreico de los Mariscos y *Dinophysis acuminata*, *D. acuta* y *Protoceratium reticulatum*

Okadaatos vs Yesotoxinas y Pectenotoxinas

El Veneno Diarreico de Los Mariscos (VDM), complejo conformado por los okadaatos (ácido okadaico, AO y dinofisistoxinas, DTXs) por producir el síndrome diarreico, es detectado por el bioensayo semi-cuantitativo (Yasumoto modificado 2004) y está presente en las tres regiones administrativas consideradas en este estudio. Particularmente durante el 2009 estuvo presente durante todo el año en Aysén mientras que la región de Los Lagos y Magallanes estuvo ausente solo en el invierno. Lo más frecuente es que la toxicidad por VDM ocurra en verano-primavera tal como ha ocurrido en los dos periodos anteriores del programa.

No obstante estos resultados, siempre se debe tener presente la existencia de falsos positivos en la toxicidad por VDM, es decir la muerte de los ratones debido a otras toxinas lipofílicas distintas a los okadaatos pero que pueden estar presentes en igual o mayor concentración en los moluscos muestreados. Tal es el caso de las yesotoxinas (YTXs), de efectos cardiotoxicos (Terao et al., 1990) y las pectenotoxinas (PTXs) de efectos hepatotóxicos (Terao et al., 1986) solo por citar dos toxinas que son las que presentan mayormente evidencias históricas de su existencia en Chile. En general, las toxinas lipofílicas son coextraídas con los okadaatos y una muestra inyectada intraperitonealmente en el ratón conteniendo alguna de estas toxinas también provocará la muerte de éste.

Tanto las YTXs como las PTXs no producen la muerte del ratón si son administradas por vía oral (Aune et al., 2002, Miles et al., 2004), sin embargo sus efectos crónicos son desconocidos.

La permanente vigilancia *D. acuminata* y *D. acuta* en los diferentes años que lleva el programa de monitoreo, se han basado en las evidencias que las han asociado a la presencia de okadaatos en moluscos provenientes de la zona sur –austral de Chile. Así, una floración de *D. acuminata* ocurrida en el Estero Núñez (53° S) en la región de Magallanes durante el 1998, fue asociada a la detección de DTX1 en chorito (*Mytilus chilensis*) (Uribe et al., 2001) mientras que previamente, en el área de Puerto Aguirre (45° S) en la región de Aysén, la detección de OA y DTX1 (Zhao et al., 1993) en *M. chilensis* fue asociada a la presencia de *D. acuta* (Lembeye et al., 1993).

En el caso de las YTXs, se sospecha que su detección en el agua mediante detectores químicos pasivos en la región de Los Lagos (Pizarro et al., 2006), se debe a la presencia de la microalga *Protoceratium reticulatum* debido a que hasta ahora se ha reportado con mayor abundancia



respecto de otras especies en las tres regiones más australes de Chile, especialmente en la región de Aysén (Guzmán et al., 2007, 2009). Previamente, esta toxina y uno de sus análogos (45-OH-YTX), ya había sido detectada en 1991 en mariscos recolectados en el mes de enero en el archipiélago de Chonos, región de Aysén (Yasumoto & Takizawa, 1997).

Nuestros resultados obtenidos durante el periodo de muestreo, indican una correlación significativa entre el nivel de toxicidad y la presencia de las especies de *Dinophysis* y apoyan las evidencias antes señaladas respecto de los okadaatos, no obstante que alguna de estas especies, sino ambas, pudieran estar produciendo falsos positivos en la eventualidad de que se encuentren asociadas a la producción de PTXs, hecho que aún no ha sido conformado para las regiones del sur de Chile.

Sin embargo, una mayor correlación que con las especies de *Dinophysis*, altamente significativa del nivel de toxicidad con la presencia *P. reticulatum*, está indicando que probablemente los falsos positivos debido a YTXs sean más altos de lo que hasta ahora se piensa.

Recientemente, las YTXs, también fueron detectadas mediante LC-MS en muestras de fitoplancton recolectadas en la Bahía de Arica (Krock et al., 2009a) y asociada

La producción de YTXs por parte de esta especie fue establecida a partir de cultivos de cepas de Nueva Zelanda (Satake et al., 1997), evidencia que requiere ser establecida con la misma metodología para el caso de Chile. Sin embargo, hay que considerar también la existen otras dos especies en las que se ha comprobado la producción de YTXs en otras partes del mundo: *Lingulodinium polyedrum* (Tubaro et al., 1998) y en cultivos de *Gonyaulax spinifera* (Rhodes et al., 2006).

G. spinifera ha sido detectada alguna vez en las tres regiones australes de Chile aunque su abundancia es bastante menor y esporádica que la citada para *P. reticulatum* (Guzmán et al., 2007, 2009). La única referencia de la presencia de *L. polyedrum* en Chile fue en muestras recolectadas en Aysén en el año 1970 pero citada por primer vez en 1992 (Avaria 1992). Hay que recordar que la primera cita de esta especie asociada a la producción de YTXs fue a partir de 1998 (Tubaro et al., 1998; Draisci et al., 1999) y luego confirmada en cultivos de esta microalga (Paz et al., 2004).

Siguiendo con la situación en el país, solo recientemente se han reportado quistes de esta especie en la región de Los Lagos (P. Salgado, com. pers., tesis de Magíster en revisión, U, Concepción). Esta situación indica que la fase vegetativa de esta especie también estaría presente en la región de Los Lagos.

La falta de citas de la presencia de *L. polyedrum* en Chile, se puede deber a que es de ocurrencia esporádica y/o aún no se ha aprendido o es difícil de reconocer en las muestras de fitoplancton por parte de los analistas.

En cualquier caso y al igual que para *P. reticulatum*, se requiere confirmar urgentemente la asociación de estas microalgas a la producción de YTXs mediante cultivos de las especies



“chilenas”, tarea que sin duda no es un objetivo de los programas de monitoreos sino de investigaciones específicas enfocadas a generar el conocimiento básico que se requiere.

En el caso de la región de Magallanes, tanto *G. spinifera* como *P. reticulatum* ocurren en muy bajas concentraciones mientras *L. polyedrum* nunca ha sido reportada.

Las pectenotoxinas (PTXs) de efectos hepatotóxicos (Terao et al., 1986), lo mismo que los okadaatos y las YTXs, producen la muerte del ratón al ser inyectados intraperitonealmente (Miles et al., 2004; Suzuki et al., 2006) produciendo falsos positivos cuando los okadaatos y/o las YTXs son minoritarias o no están en la muestra. Las PTXs se encuentra asociada con las floraciones de especies de microalgas pertenecientes al género *Dinophysis*.

En Europa han sido asociadas a *D. acuminata*, *D. acuta* y/o *D. caudata* (e.g. Fernández-Puente et al., 2004, Vale 2004, Fernández et al., 2001) lo mismo que en Nueva Zelanda (MacKenzie et al., 2005), pero en Chile solo ha sido asociada a *D. acuminata* en el norte del país con una distribución entre Bahía Inglesa y Bahía Tongoy (Blanco et al., 2007).

En el sur de Chile, esta toxina fue detectada en el agua mediante sensores químicos pasivos, incluso con una mayor frecuencia que el AO y DTX1, en las muestras procedentes de la región de Los Lagos (Pizarro et al., 2006). Se sospecha de la microalga *D. acuminata* como fuente primaria de esta toxina por ser las especies con mayor frecuencia de aparición en la región sur, seguida de *D. acuta*, mientras que *D. caudata* solo ha sido citada muy esporádicamente.

Recientemente esta toxina también fue detectada en muestras de fitoplancton de la Bahía de Arica (Krock et al., 2009a) y fue asociada a la presencia *D. acuminata* en las muestras, aunque no fue confirmada mediante la detección de la toxina en células aisladas por micromanipulación.

Se requiere de estudios para establecer en definitiva el perfil de esta especie en la región sur-austral de Chile, y lo más indicado es hacerlo con LC-MS, técnica aún muy poco utilizada en Chile para este tipo de estudios.

Posible presencia de otras toxinas lipofílicas de efectos tóxicos: Azaspirácidos y espirólidos

Siendo las toxinas anteriores las con mayor evidencia de estar presentes en la zona sur-austral de Chile, aún no se puede descartar otras toxinas como son los azaspirácidos (AZPs) y los espirólidos (SPXs), también toxinas lipofílicas y por lo tanto potenciales productores de falsos positivos para la toxicidad por bioensayo ratón de VDM. Sin embargo, a diferencia de las anteriores (YTXs y PTXs) estas toxinas producen la muertes del ratón tanto por vía intraperitoneal como oral.

Los AZPs fueron reportadas por primera vez en Europa (James et al., 2002; Braña- Magdalena et al., 2003). Provocan náuseas, vómitos, diarreas severas y fuertes calambres estomacales en los humanos (James et al., 2002). Sólo recientemente, se ha logrado identificar y conformar como productor de AZPs a *Azadinium spinosum* (Tillmann et al., 2009; Krock et al., 2009b). Esta especie es de pequeño tamaño (12-16 µm de largo, 7-11 µm de ancho) por tanto se requiere de redes de



muestreo cuyas tramas sean $< 20 \mu\text{m}$, menor tamaño de trama que las utilizadas actualmente en los programas de monitoreo. Por su pequeño tamaño, adicionalmente presentan la dificultad al ser observadas bajo un microscopio óptico, por tanto requieren de un entrenamiento por parte de los analistas para identificarlas en las muestras de fitoplancton, al menos, cualitativo.

En Chile, los AZPs han sido reportadas recientemente en ostiones (*Argopecten purpuratus*) de Bahía Inglesa, Bahía Salada y Bahía Tongoy en el norte de Chile —varias de estas muestras dieron positivo al bioensayo ratón para VDM—, pero también fue detectada en choritos (*Mytilus chilensis*) procedentes del archipiélago de Chiloé (López-Rivera et al., 2008). En este último caso, el bioensayo para VDM dio negativo no obstante que en varias muestras hubo un ratón muerto de tres inyectados.

Las AZP también han sido encontradas recientemente en el norte de Chile, en muestras de macha (*Mesodesma donacium*) y almejas (*Mulinia edulis*) provenientes de Bahía Inglesa y Coquimbo, aunque con niveles por debajo del nivel regulatorio (Álvarez et al., 2009).

En el caso de los SPXs, citados por primera vez para Canadá a raíz de un episodio tóxico por consumo de bivalvos (Hu et al., 1995) y posteriormente en otras partes del mundo, son producidos por especies del género *Alexandrium*. Hasta ahora hay dos especies fuentes identificadas, *A. ostenfeldii* y *A. peruvianum* (Cembella et al., 2001; Franco et al., 2006). Sus efectos neurotóxicos en el bioensayo ratón le provocan una muerte rápida (Cembella 2001). En el caso de *A. ostenfeldii* también se ha reportado en el mundo que puede producir VPM además de SPXs o bien producir solo VPM (Deeds et al., 2008).

En Chile, la distribución de *A. ostenfeldii* cubre las tres regiones más australes del país (Guzmán et al. 2002b, 2009) desconociéndose si es productora de espirólidos y/o VPM. Siempre ha sido observada en muestras de fitoplancton cuali y/o cuantitativo pero sin formar floraciones como lo hace *A. catenella* y es de ocurrencia más esporádica y nunca ha alcanzado la concentración de su congénere. Tampoco han sido detectados espirólidos y/o VPM en muestras de moluscos asociado a esta especie en la zona sur.

Sin embargo, recientemente, los espirólidos, también fueron detectados en machas y almejas de Bahía de Coquimbo, las mismas muestras analizadas para AZPs antes mencionadas (Álvarez et al., 2010) aunque no da antecedentes de la fuente primaria de las toxinas.

La falta de técnicas avanzadas para utilizar en programas de monitoreo en nuestro país, además del bioensayo ratón, han impedido discernir los perfiles de toxinas lipofílicas en las microalgas como en los moluscos que actualmente se monitorean en Chile.

Nuevamente, como en otros casos anteriores, se requiere de estudios acerca de esta especie y su asociación con algún tipo de toxinas SPXs y/o VPM en las costas de Chile.

Por último, y no es menos importante considerarlo en la práctica, el laboratorio de bromatología de la



SEREMI de Salud de Magallanes, que a altas concentraciones de VPM como las alcanzadas durante el 2009, tambi3n pueden producir falsos positivos de toxicidad por VDM. A pesar de utilizar el m3todo de Yasumoto 1984 modificado, para aislar toxinas del VDM y eliminar las del VPM, el m3todo no es capaz de eliminarlas totalmente de las muestras cuando 3stas 3ltimas est3n por sobre los 1800 µg STX eq. ·100 g de carne.

6.4. Veneno Amn3sico de los Mariscos, *Pseudo-nitzschia cf. australis* y *Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*.

Los resultados muestran para ambas especies de *Pseudo-nitzschia* aspectos que han sido destacados en las dos etapas previas de este estudio (Guzm3n et al., 2007, 2009). Se mantiene la mayor importancia de *P. cf. pseudodelicatissima* con respecto a *P. cf. australis*, tanto en las estimaciones de abundancia relativa como de las densidades (ambos estratos).

La excepci3n en esta oportunidad dice relaci3n con la frecuencia en que fueron detectadas trazas de 3cido domoico en el 3rea de estudio, puesto que en esta ocasi3n s3lo fueron siete oportunidades, seis en la regi3n de Ays3n y una en la regi3n de Magallanes en que se observaron estos registros. Esto contrasta marcadamente con lo se3alado para la etapa previa (Guzm3n et al., 2009), en la que fue posible establecer relaciones significativas entre las estimaciones de abundancia relativa, densidad (ambos estratos) de ambas especies de diatomeas y frecuencia de registros trazas, particularmente para la regi3n de Ays3n, resultados que permitieron plantear la hip3tesis que el lapso con mayores probabilidades para que los mariscos presentaran veneno amn3sico ser3a durante oto3o e invierno, periodo en que las densidades de ambas especies de *Pseudo-nitzschia* son m3s bajas (Guzm3n et al., 2009). En este estudio las densidades en este lapso fueron notoriamente bajas, puestos que las mayores densidades se observaron a fines de primavera (diciembre) en todas las regiones, especialmente Ays3n y Magallanes, como tambi3n fue evidente la menor importancia de estas especie hacia los meses de invierno, mostrando la clara declinaci3n desde lapso de mayor abundancia, para luego incrementar nuevamente a la primavera siguiente. Dado que no existen antecedentes que permitan sustentar que durante los periodos de menores abundancias de estas especies de *Pseudo-nitzschia*, concurrir3a la presencia de 3cido domoico en los mariscos, las abundancias observadas en este oportunidad fueron inferiores a las registradas durante el periodo 2007 – 2008. Otro aspecto que debe ser destacado se refiere que hasta ahora el veneno amn3sico no ha sido detectado en el 3rea sur de Magallanes, no obstante la importancia relativa de ambos taxa de *Pseudo-nitzschia* en este sector.

Por otro lado, si bien no existe una explicaci3n sobre el particular, es importante se3alar que durante lapso en que ocurri3 la intensa floraci3n de *Alexandrium catenella* a fines de verano (febrero – marzo) en la regi3n de Ays3n, que ambas especies de *Pseudo-nitzschia*, en especial *P. cf. australis* presentaron una declinaci3n marcada de la abundancia y de la cobertura geogr3fica

Dado que a3n no se ha mostrado que alguna de estas especies de *Pseudo-nitzschia* o ambas, son efectivamente fuente primaria de veneno amn3sico y que a3n est3 pendiente el clarificar la identidad



taxonómica de ambos taxa (morfos), es importante considerar la realización de estudios puntuales paralelos a este estudio, que permitan responder a estas interrogantes. Ello ha sido planteado en etapas previas (Guzmán et al., 2007, 2009). Por otro lado está pendiente también el definir con certidumbre cuales son los taxones de *Pseudo-nitzschia* que son frecuentes en las muestras de fitoplancton en la región sur austral de Chile. Sin lugar a dudas, ello requiere de un estudio particular, que puede incorporarse dentro de las obligaciones de este monitoreo, en la medida que ello sea debidamente considerado en la planificación anual de este estudio,

6.5. Plancton y Clorofila

Fitoplancton cualitativo

El fitoplancton cualitativo muestra una mayor predominancia en la riqueza específica de diatomeas por sobre los dinoflagelados, lo cual ha sido característico para todos las etapas del programa de monitoreo, y además queda demostrado a través del Índice G (Guzmán et al., 2007, 2009), y también ha sido comprobado por otros autores en la macrozona (Avaria, 2006; Avaria et al, 2006). La composición de especies muestra una gran variedad de taxa característicos de diferentes ambientes, tanto marino, como estuarino e incluso limnético (Cassis et al, 2002), predominando la mayor parte del tiempo y de las estaciones las especies asociadas a ambientes marinos, mientras que el resto queda generalmente restringido a estaciones más cercanas a aportes de agua dulce.

Avaria (2006) caracteriza a la mayoría de las especies registradas como r-estrategas, mientras que Alves de Souza et al (2008), usando el concepto de grupos funcionales, establecido por Reynolds et al (2002), para fitoplancton de agua dulce, identifica a la mayoría de las diatomeas más relevantes para el área de estudio, como del tipo R, las cuales se caracterizan por ser favorecidas en condiciones de mezcla y con alto aporte de nutrientes. Éstas fueron subdivididas en otros grupos de acuerdo a su correlación con concentraciones de nutrientes, y la época y área de mayor aparición.

Los promedios y las fechas de ocurrencia y el patrón de fluctuación del número de taxa en las 3 regiones se asemejan en sus tendencias generales con los observados durante el período de monitoreo anterior (Guzmán et al, 2009). La región de Los Lagos, por el hecho de registrar un menor número total de taxa y presentar una cantidad promedio de especies por estación considerablemente superior, si se compara con lo observado para la región de Magallanes, es posible deducir que la primera muestra una mayor homogeneidad en la composición específica de las distintas estaciones respecto de esta última, con una situación intermedia para la región de Aysén, pero que se asemeja en mayor medida a Los Lagos. Además, destaca en la estación de Los Lagos la gran cantidad de especies que alcanzan o superan el 85% de frecuencia de aparición en cada crucero (la mayoría de ellas diatomeas, y dentro de las especies potencialmente nocivas sólo se destacó en este sentido la especie *Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*); esto refuerza aún más el postulado ya mencionado previamente; sin embargo, cuando se revisa este antecedente con los Índices de diversidad calculados para el fitoplancton cuantitativo, no existe una plena concordancia en los hallazgos, dado que estos índices arrojan mayor diversidad para la región de



Aysén; si bien el Índice de Uniformidad podría permitir inferir que una de las regiones con mayor homogeneidad en la estructura de la comunidad fitoplanctónica correspondería a Los Lagos.

En la región de Aysén, fueron tres especies las que destacaron por su constancia de aparición, y todas ellas corresponden con especies fitoplanctónicas potencialmente nocivas: ***Pseudo-nitzschia cf. australis***, ***P. cf. pseudodelicatissima*** y ***Dinophysis acuminata***, las dos primeras potencialmente ligadas con el veneno amnésico y la última al veneno diarreico. La región de Magallanes, también presentó a las especies del género ***Pseudo-nitzschia*** como dentro de las más frecuentes para la región, confirmando con ello la gran cobertura que este grupo presenta en el área de estudio.

Para las regiones de Aysén y Magallanes, fue coincidente la presencia de la floración de ***Alexandrium catenella*** con el aumento de la frecuencia de aparición de esta especie en estaciones de cada región, debido a la gran cobertura que presentó; lo cual no fue así para la región de Los Lagos, al estar circunscrita principalmente al sector sur de Chiloé; no obstante esta región presentó una floración de ***Prorocentrum micans*** que logró abarcar gran parte de las estaciones contempladas en el monitoreo, en un período similar al de la floración más localizada (dentro de la región) de ***A. catenella***.

Sin embargo, este aumento de frecuencia de aparición de ***A. catenella***, no siempre limitó la aparición de otras especies nocivas o potencialmente nocivas, especialmente las diatomeas del género ***Pseudo-nitzschia***, las cuales regularmente aparecen dentro de los taxa más frecuentes en las tres regiones que abarca este monitoreo. Para el caso de la floración de ***Alexandrium catenella*** en la región de Aysén, ésta ocurrió con una notoria exclusión de éstas; mientras que en Magallanes la floración de ***A. catenella*** fue casi simultánea a la presencia de ***P. cf. pseudodelicatissima***, con cobertura total en las estaciones de esta región.

Fitoplancton cuantitativo

En términos cuantitativos el fitoplancton fue más abundante en el estrato 0-10m que en el estrato 10-20m y su concentración descendió gradualmente con la latitud, en este sentido el estrato superficial 0-10m presentó 982.086 cél L⁻¹ de promedio en Los Lagos, 864.230 cél L⁻¹ en Aysén y 467.667 cél L⁻¹ en Magallanes. Esta distribución se explica claramente por una floración de ***Skeletonema costatum*** en el Estuario Reloncaví durante septiembre de 2009 cuyas concentraciones celulares alcanzaron los 22 millones de células por litro, el nivel más alto registrado en todo el periodo de muestreo; esta especie ya ha sido mencionada en informes previos como una de las más relevantes en la zona, y ha sido indicada por previos autores en la zona, en Los Lagos (Avaria et al, 2006), en la región de Aysén, específicamente en el fiordo Aysén (Cassis et al, 2002; Fuica et al, 2007); lo cual demuestra la gran capacidad de adaptación a distintos ambientes y a la alta variabilidad que se puede encontrar en zonas con influencia de agua dulce (GEOHAB, 2010); presentando además dos morfotipos que están asociados a distintas condiciones de salinidad (Romero, 1994); sin embargo, es importante también hacer notar que este género cuenta con un gran número de otras especies, algunas con preferencias más marcadas por algunos ambientes específicos, las cuales deben ser mayoritariamente diferenciadas mediante microscopía electrónica (Sarno et al, 2005, 2007; Zingone



et al, 2005; Kooistra et al, 2008); siendo por lo tanto probable que en la zona existan otras especies del género, ya sea coexistiendo, o distribuyéndose en distintos ambientes en el área, o que generen sucesiones de acuerdo a las condiciones ambientales predominantes..

También fue evidente que las mayores concentraciones tanto en Los Lagos como en Magallanes se manifestaron durante primavera y verano, mientras que en Aysén las máximas promedio se registraron durante el otoño (marzo y abril). Si bien se observa que las épocas de mayor abundancia son esencialmente las mismas, y que han sido observadas por diversos autores (Avaria et al, 1997, 1999, 2006; Fuica et al, 2007), la variación en la intensidad de los “peaks” entre épocas y áreas se pueden atribuir a variaciones interanuales en los aportes de agua dulce debido a diferentes condiciones de precipitación y/o derretimiento de glaciares, aumentando con ello la estratificación de los sectores adyacentes a fiordos y canales, pero con un bajo aporte de nutrientes (Silva, 2006).

Indice G

Con respecto al Índice G, y su relación con eventos de floración, se observa que para la región de Aysén, este Índice mostró una mayor dominancia de los dinoflagelados, durante el período en los que se registró el evento FAN de *Alexandrium catenella* en los primeros 3 meses del año 2009, mientras que para Magallanes, si bien la disminución del Índice se constata en el mismo período, no coincide con la presencia de una floración detectable, de acuerdo a lo observado por los valores de abundancia relativa; en el período en que se evidencia una floración de *A. catenella* en esta región, se presenta en la mayoría de las estaciones una dominancia moderada de las diatomeas. Tampoco es el mismo caso para la región de Los Lagos, donde se mantuvieron niveles de dominancia leve de los dinoflagelados en un período similar al observado para Aysén y Magallanes, pero en estaciones que no se vieron afectadas por la floración de *Alexandrium catenella*; sino más bien por la intensa floración de *Prorocentrum micans*, ocurrida en una fecha similar, localizadas en el Estuario y Seno Reloncaví y en parte de la costa continental del Mar de Chiloé. Nuevamente se constata un aumento del Índice a fines de año y en estaciones del mismo sector, pero que no es atribuible a ninguna floración nociva relevante, sino que es probable que la intensa floración de la diatomea *Skeletonema costatum* en el sector del Estuario y Seno Reloncaví pudo haber influido en la disminución del número de taxa (específicamente otras diatomeas) que componían la comunidad fitoplanctónica para ese período y área en particular. No existen muchos antecedentes disponibles respecto de la comunidad fitoplanctónica acompañante en presencia de floraciones; sin embargo, Toews (2004), indica para un sector de Queen Charlotte Islands en British Columbia, que aumentos de la densidad de dinoflagelados en verano son acompañados por blooms de diatomeas.

Indices de Diversidad y Uniformidad del fitoplancton cuantitativo

Cuando se analiza la diversidad para todas las estaciones muestreadas en las tres regiones se observa que para la región de Aysén se obtuvieron valores que en general fueron los mayores para los índices de Margalef, Mehninick y Shannon-Weaver, mientras que en la región de Magallanes se presentaron los valores más bajos. Sin embargo, Margalef alcanza los máximos principalmente en el período más cálido; mientras que Mehninick lo hace en el período de otoño-invierno; esto debido a la mayor relación que tiene cada uno de estos índices con el n de taxa y con la abundancia



fitoplanctónica, respectivamente. El Índice de Shannon-Weaver, por su parte, no presenta en general un patrón claro de variación en las 3 regiones; Avaria et al (1999) reporta para la zona entre el Golfo de Penas y el Estrecho de Magallanes valores de este Índice entre 0,3 y 2,9 bits, los cuales al ser transformados al logaritmo base 10, equivalen a 0,09 y 0,87, respectivamente; por lo que los valores alcanzados en este período los superan levemente; mientras que para la región de Magallanes, Avaria et al (2003), registró valores tanto en canales oceánicos como interiores valores de hasta 3,2 bits (0,96 en equivalente base 10). Toews (2004), obtuvo un valor promedio máximo de $0,955 \pm 0,076$, estimación bastante cercana a las alcanzadas en esta macrozona; indicando por lo tanto que este rango de valores podría ser el esperado para este tipo de ambientes. En cuanto a la Uniformidad, se observa que éste varía siguiendo un patrón también de tipo estacional, más que asociado a alguna floración relevante ocurrida en la zona. Finalmente, se destaca el comportamiento del área Estuario y Seno Reloncaví con respecto a estos Índices, ya que siempre mantuvo bajos valores de diversidad y uniformidad, conformándose en un ambiente con una dinámica distinta del resto.

Análisis multivariado de agrupación y ordenamiento del fitoplancton cuantitativo

Las agrupaciones generadas para cada región en las distintas épocas del año y en el promedio general de los cruceros, arrojan resultados consistentes en lo fundamental respecto de lo encontrado para otras variables relevantes, como la toxicidad por veneno paralizante y la abundancia relativa de *Alexandrium catenella*, observándose que las asociaciones de sitios de muestreo obtenidas para éstos presentan similitudes en el patrón general de distribución de la comunidad fitoplanctónica. Avaria et al (2006), delimita para la región de Los Lagos 4 zonas: una correspondiente al estuario del Reloncaví, otra en el Golfo de Ancud, el golfo Corcovado y en la Boca del Guafo. Avaria et al (1999) separa para el sector entre Golfo de Penas y el Estrecho de Magallanes tres ambientes: fiordos y canales interiores, fiordos y canales exteriores y área oceánica. Finalmente Avaria et al (2003) no identifica estos patrones en la región de Magallanes, obteniendo 3 sectores, uno de ellos asociado a estaciones de Seno Almirantazgo y Bahía Inútil, otro que agrupa estaciones localizadas en el Canal Beagle y Canal Ballenero, entre otras, mientras que el último grupo abarca estaciones tanto del Seno Otway, como la boca oriental del Estrecho de Magallanes y parte de Cabo de Hornos. Existe cierta concordancia entre algunas de las agrupaciones obtenidas por este autor, en lo que respecta a la región de Los Lagos, mientras que para parte de Aysén (Tortel) y Magallanes las agrupaciones obtenidas con el presente análisis arrojan un gradiente más bien latitudinal; situación dada en parte por la ubicación de las estaciones de este programa, mayoritariamente localizadas en sectores más internos de los canales, a los diferentes índices y métodos de agrupación usados, y finalmente a las diferentes épocas de muestreo y extensión de los mismos. Como siempre para este tipo de análisis, un mejor ajuste o definición de estas áreas podría lograrse con series de tiempo más extensas.

Clorofila a

La clorofila a presenta un comportamiento similar con respecto de la fluctuación general de sus valores promedio por crucero y de las variaciones de los valores promedio del fitoplancton total por región. A su vez, cuando se revisan los promedios de todo el período considerado por estación, para cada región, también se presenta un patrón similar, en términos de que las áreas que presentan en



conjunto los máximos y los mínimos para cada variable, son esencialmente las mismas en las 3 regiones.

Sin embargo, debe tenerse en consideración que existieron registros anormales de este parámetro tanto en las regiones de Aysén como Magallanes, valores que se deben a interferencias de florecimientos de especies del nanofitoplancton, sumando también la señal aportada por los sedimentos costeros que en muchas de las estaciones provienen del aporte del ecosistema de los ventisqueros. Tal situación generó una alta señal del fluorómetro, observándose registros extremos que escapan al comportamiento normal de esta variable en el lugar (e.g. 30-50 mg·m⁻³). Es necesario recalcar que a pesar de estos valores por sobre la norma, ello no ha significado un cambio en la tendencia general de la variable y que su comportamiento se ajusta a lo esperado normalmente en las tres regiones. Por lo mismo, la sustracción de los registros extremos tanto de los resultados como del análisis de ellos, no ha modificado el comportamiento de la variable y cumple con evitar equívocos en la interpretación de los resultados en el contexto de los objetivos del presente estudio.

Zooplankton

Ante la existencia de áreas biogeográficas distintas en las costas de Chile (Escribano et al., 2003), la abundancia y distribución de especies zooplancónicas, en la zona que Camus (2001) denomina “Provincia Magallánica” (41°S - 56°S), era esperable que tuviesen discontinuidades y unidades biogeográficas separadas a medida que aumenta la latitud; sin embargo, al igual que en años anteriores y a diferencia de lo establecido por Mujica & Villablanca (2003) y Palma (2006) nuestros resultados de abundancia de zooplankton no siguen un patrón de disminución latitudinal, situación que tendría que ver con la posición geográfica de las estaciones en las respectivas regiones y a lo restringido del área cubierta, así como condiciones ambientales y oceanográficas marcadamente distintas.

En ese sentido, las estaciones de las regiones de Los Lagos y Aysén en una primera mirada debiesen tener características más o menos similares, ya que se encuentran ubicadas en la boca del Guafo y Golfo de Corcovado donde hay un aporte constante de aguas oceánicas que ingresan desde el Océano Pacífico, que penetran hacia el canal Moraleda y el mar interior de Chiloé (Pizarro et al., 2005a; Campos & Díaz, 2007; Villenas et al., 2009a); sin embargo, las estaciones de Aysén son más dos veces más abundantes que las estaciones de Los Lagos (40.059 ind·m⁻³ v/s 17.659 ind·m⁻³), por lo que otro factor debiese gatillar las altas abundancias de zooplankton en el sector sur del Guafo.

Y a pesar que la literatura reporta altas abundancias de algunos organismos en el mar interior de Chiloé, como quetognatos (Villenas et al., 2009b), copépodos (Marín & Delgado, 2009) y larvas y huevos de peces (Bustos et al., 2008), estas se encuentran restringidas al área que Villenas et al., (2009b) denomina microcuenca del Golfo de Ancud y Seno Reloncaví, la que se encuentra separada por las islas Desertores, que a su vez se comunica al sur con el Golfo de Corcovado a través del estrecho Canal Apiao de sólo 5 km de ancho y menos de 200 m de profundidad (Silva et al., 2009b).



En esta microcuenca norte, las abundancias descritas tendrían su origen en aguas de mayor productividad y abundancia de clorofila (Ramírez & Pizarro, 2005; Marín & Delgado, 2009), que a su vez, se generarían por el aporte de nutrientes de origen antropogénico (Iriarte et al., 2007).

Por lo tanto, las bajas abundancia en las estaciones isla Guapiquilán (L24) e isla San Pedro (L23) de la región de Los Lagos, tendrían que ver con su lejanía de estos núcleos de alta productividad de la zona norte de la isla de Chiloé, así como por las características propias de las ASA que tienen una baja concentración de nutrientes.

A diferencia de las estaciones de la región de Los Lagos, las estaciones Repollal - Puquitrín (A02) e isla Ovalada (A05) (que también reciben el aporte de ASA desde la Boca del Guafo), se encuentran en la entrada norte del canal Moraleda, lugar donde se han registrado mayores concentraciones de clorofila integrada (Pizarro et al., 2005a) y donde existen antecedentes de importantes abundancias de ictioplancton (Balbontín & Bernal, 2005; Córdova & Balbontín, 2006), quetognatos (Palma & Aravena, 2002) y larvas de moluscos (Campos & Díaz, 2007).

Por lo tanto, otro factor debiese explicar estas diferencias, y en ese sentido la topografía jugaría un rol importante, ya que se ha establecido que la entrada norte del Moraleda tiene la profundidad suficiente (> 200 m) como para ingreso AESS, aguas ricas en nutrientes, de baja concentración de O_2 y de mayor salinidad, las que “fertilizarían” la capa fótica (Ramírez & Pizarro, 2005), aumentando la concentración de clorofila (Montecino et al., 2006) y con ello podría aumentar la oferta trófica del zooplancton. Otra razón que explique la mayor abundancia zooplanctónica en las estaciones de la región de Aysén, estaría en la generación de pequeñas surgencias frente a islas Guaitecas donde existiría una depresión submarina que favorecería en la circulación a nivel local (Campos & Díaz, 2007).

En la región de Magallanes, las estaciones de muestreo se encuentran en lo Antezana (1999a) llama la microcuenca Paso Ancho-Seno Magdalena en la parte central del estrecho de Magallanes, que es área más amplia entre los océanos Pacífico y Atlántico (Antezana & Hamamé, 1999) y que aislaría comunidades zooplanctónicas distintas.

La escasa literatura reporta que en este sector dominan los copépodos (Antezana et al., 2002), seguido de poliquetos y ostrácodos (Antezana & Hamamé, 1999), así como larvas y huevos de peces (Bernal & Balbontín, 2003).

Las mayores abundancias de decápodos y gelatinosos se han registrado en la desembocadura de los canales que dan al Pacífico (Pagès y Orejas, 1999; Mujica & Medina, 2000; Mujica y Villablanca, 2003), mientras que cladóceros se encuentran más concentrados en los canales interiores (Rosemberg & Palma, 2003).

Otro lugar con una gran abundancia de zooplancton gelatinoso y quitinoso (Palma & Aravena, 2001) es el sector del Seno Otway y canal Jerónimo, lugar donde la clorofila mantiene una concentración



sobre $1,5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (Ramírez 2005; Pizarro et al., 2005b) y el fitoplancton es relativamente abundante (Avaria et al., 2003).

Y aunque la cercanía de esta zona de alta productividad con las estaciones de muestreo de zooplancton no es menor, se podría pensar que podría haber algún grado de conexi3n, sin embargo, la isla Carlos III, marcaría un punto de estrechamiento tal y una disminuci3n significativa de la profundidad (Valdenegro & Silva, 2003) que impediría el intercambio de aguas más productivas con la microcuenca Paso Ancho/Seno Magdalena. A ello se suma la alta homogeneidad de la columna de agua producto del estrés del viento, fricci3n del fondo y las mareas (Antezana, 1999a).

6.6. Informaci3n Oceanográfica

La costa sudamericana est3 influenciada por la presencia de lo que Acha et al., (2004) identifican como frentes marinos de la plataforma continental; uno de los cuales, la Corriente Circumpolar o Vientos de Deriva Oeste (VDO) (Silva & Prego, 2002) genera su efecto a la altura de los 44°S , lo que Sepúlveda et al., (2009) identifican como el límite norte de influencia de los VDO de la Patagonia Norte. Aunque tambi3n Silva et al., (2009a) sugieren que la influencia de los VDO es entre los 42° y 48°S .

En esta latitud, los VDO se bifurcan en un rama que va hacia el norte (Corriente de Humboldt) y un rama que va hacia el sur (Corriente de Cabo de Hornos) (Escribano et al., 2003); esta última es la que genera su influencia a lo largo del enorme sistema de canales y fiordos australes que va desde Puerto Montt a Cabo de Hornos, con una extensi3n de 1.600 km, una superficie de 240.000 km^2 (Palma & Silva 2004) y 84.000 km de línnea de costa (Palma et al., 2007b).

El borde continental desde Chiloé hasta el cabo de Hornos es un gran sistema insular con golfos, fiordos y canales y con un paisaje complejo resultante del efecto tect3nico y las glaciaciones (Camus, 2001). En este ambiente heterogéneo, el efecto de la mezcla de grandes cantidades de agua dulce (Galea, 2007) en la zona costera austral y canales interiores, ha sido poco desarrollado y por lo tanto el conocimiento sobre la dinámica de la circulaci3n pobremente estudiado (Davila et al., 2002), sin embargo, existiría un cierto consenso en dividir esta macrozona en 3 áreas: canales interiores, canales exteriores y zonas con influencia oceánica (Avaria et al., 2004).

La circulaci3n general en la mayoría de los fiordos y canales australes se produce por la entrada de agua oceánica a trav3s de los canales que se abren al Océano Pacífico, la que se mezcla con agua dulce proveniente de ríos y/o glaciares de la cabeza de los fiordos y estuarios (Sievers & Silva, 2006). En este intercambio se genera una circulaci3n o flujo estuarino (Cáceres et al., 2007) de 2 capas (Rosemberg & Palma, 2003; Palma & Silva, 2004; Landaeta & Castro, 2006; Bilbao et al., 2009; Villenas et al., 2009a), que forma en mayor o menor grado aguas estratificadas, donde a su vez, elementos forzantes como el viento y las mareas parecen modular este patr3n, así como la direcci3n del flujo (Cáceres et al., 2002).



Bajo esta amplia diversidad de ambientes, la información oceanográfica de las tres regiones muestreadas da cuenta de características heterogéneas entre ellas, lo que puede significar continuidades o barreras a la proliferación de algas nocivas en el borde costero austral (Molinet et al., 2003), acumulación de larvas y huevos de peces (Bernal & Balbontin, 2003; Bustos et al., 2008), abundancia y distribución de zooplancton gelatinoso (Palma et al., 2007a; Palma et al., 2007b; Villenas et al., 2009a), del zooplancton quitinoso (Antezana & Hamamé, 1999; Mujica & Medina, 2000), así como nutrientes (Valdenegro & Silva, 2003; Prado-Fiedler, 2009) y clorofila (Antezana et al., 2002; Ramírez, 2005) entre otras variables.

Temperatura

La temperatura promedio de la columna de agua a nivel superficial registró valores que muestran cierto gradiente norte-sur: Los Lagos 10,9 °C; en Aysén 11,1 °C y Magallanes 8,0 °C, sin embargo, la diferencia entre las dos primeras regiones no es significativa. Este mismo patrón se registra al observar la temperatura a 5, 10 y 20 m, lo que estaría hablando de cierta homogeneidad de la columna de agua en los primeros metros.

En ese sentido, la estructura térmica estaría influenciada por factores locales y estacionales, lo que daría cuenta de una heterogeneidad intra-región, pudiendo apreciarse condiciones disímiles por ejemplo, entre las estaciones del estuario Reloncaví, de las que se encuentran en el mar interior de Chiloé (Chiloé continental). De hecho, Silva et al., (2009b) proponen que en esta parte de la región de Los Lagos existirían 4 microcuencas: estuario Reloncaví, Seno Reloncaví, Golfo de Ancud y Golfo de Corcovado, situación que sería coherente con lo registrado en nuestros resultados, donde el límite geográfico que marcarían las islas Desertores (Villenas et al., 2009b) hace posible observar las temperaturas más altas de la región en esta área (>13 °C en verano).

Estas mayores temperaturas, circunscritas a esta microcuenca, identificada también por Ramírez & Pizarro (2005) y Villenas et al., (2009b), son producto de una columna de agua más estratificada, lo que favorecería un mayor efecto de la radiación solar; a diferencia de la zona al sur de las islas Desertores que se ve más afectada por los vientos y la entrada constante de Aguas Subantárticas (ASA) a través de la boca del Guafo, que son de baja temperatura.

Por otro lado, las aguas del estuario Reloncaví muestran una marcada estratificación de la columna de agua, con una circulación superficial de agua dulce en los primeros metros (Soto et al., 2009), que se observa de manera evidente en la época estival llegando a 16 °C en casi toda el área, sin embargo bajo los 10 m y en casi todo el resto del año, las temperaturas se mantuvieron cerca de los 10 °C, producto del efecto constante de los vientos y su gran variabilidad a lo largo del año.

En la región de Aysén también se diferencian distintas áreas de acuerdo al mayor o menor efecto de las aguas provenientes del Océano Pacífico y su mezcla con el agua dulce: tres según Avaria et al., (2004), cinco según Balbontín & Bernal (2005), en ambos casos, las zonas están diferenciadas de acuerdo al mayor o menor efecto de las Aguas Subantárticas (ASA) que ingresan a través de los canales y fiordos (Sievers & Silva, 2006), ya sea, desde la boca del Guafo al Canal Moraleda (Guzmán & Silva, 2002; Palma & Silva, 2004; Córdova & Balbontín, 2006; Campos & Díaz, 2007),



así como los canales interiores a través de los canales Pulluche (Montecino et al., 2006), Ninualac (Córdova & Balbontín 2006), Darwin (Córdova & Baolbontín 2006) y King (Palma et al., 2007a).

Por otro lado, también es posible encontrar estructuras térmicas que generan un efecto “fertilizador” de la columna de agua, donde las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), que tienen una mayor concentración de nutrientes, baja concentración de O₂ y alta salinidad (Guzmán & Silva, 2002; Ramírez & Pizarro, 2005; Silva & Guzmán, 2006; Villenas et al., 2009b), pueden originar masas de agua con un importante rol a nivel de productividad primaria y cadenas tróficas. Pero estas dos masas de agua se diferencian bajo los 150 m de profundidad, que no están cubiertas por este estudio.

Sin embargo, la mejor y más importante característica de este sistema de fiordos y canales la entrega una pequeña capa de agua superficial del tipo Agua Estuarina (AE) o Agua Subantártica Modificada (ASAM) que tiene entre 20 y 30 m (Sievers & Silva, 2006; Cáceres et al., 2007). Esta estrecha franja es la responsable de modelar las características que se observaron en nuestros datos y que junto a efectos batimétricos como la Constricción de Meninea (Silva & Guzmán, 2006) marcan límites a la influencia directa de ASA desde el Canal Moraleda y el efecto de la escorrentía y derretimiento de glaciares hacia los esteros Elefantes, Quitralco y Cupquelán.

En ese sentido, nuestra información coincidiría con lo propuesto por estos autores, ya que se pudo observar una estratificación de la columna de agua en los primeros metros en los sectores cercanos a las fuentes de agua dulce provenientes de los principales fiordos y ríos en el sector este de los canales interiores, mientras que hacia el Océano Pacífico la temperatura tiende a ser más homogénea a lo largo del año. También se encontró que el estrato más profundo presentó durante casi todo el año temperaturas más o menos similares, lo que daría cuenta del bajo efecto del viento a esa profundidad y una columna de agua homotermal.

En el área de Tortel se pudo apreciar una fuerte estacionalidad, donde la época de verano marcó temperaturas muy altas (>13°C) entre la superficie y hasta los 20 m en promedio. Mientras que en invierno se presenta una columna de agua homotermal con valores cercanos a los 7°C. La presencia de un importante río (Baker) generaría en este sector un aporte significativo de agua dulce, lo que se traduce en una estratificación casi permanente del mismo, una baja concentración de nutrientes y una baja transparencia, lo que podría sugerir que se trata de un ambiente de baja productividad (Prado-Fiedler, 2009).

En Magallanes, la heterogeneidad de ambientes hace aún más complejo el análisis de lo que sucede en términos oceanográficos, ya que por ejemplo, varios autores han identificado una serie de zonas o áreas de acuerdo al lugar donde se desarrolle la investigación; así, George (1999) y Avaria et al., (2003) diferencian entre el estrecho de Magallanes, canal Beagle y zonas más expuestas, mientras que otros autores dividen el mismo Estrecho de Magallanes en 3 microcuencas (Antezana, 1999a; Antezana et al., 2002; Valdenegro & Silva, 2003). Hacia la zona norte de la región, los canales interiores y los que están más cercanos al océano también generan distintas subdivisiones (Mujica & Medina, 2000; Siever et al., 2002; Fierro et al., 2003).



Al igual que en las otras regiones, en Magallanes también se aprecia una estructura térmica de la columna de agua en dos capas (Silva & Calvete, 2002) que se hace menos evidente en el Área Centro donde el aporte constante desde el Océano Pacífico y Atlántico (Avaria et al., 2003) provoca que sectores como Paso Ancho/Seno Magdalena tengan una columna de agua homogénea (Antezana, 1999a), lo mismo sucede en la zona de comunicación del canal Jerónimo (en el Seno Otway) con el estrecho de Magallanes (Ramírez, 2005). Por otro lado, el Área Sur muestra una significativa diferencia entre sus estaciones, ya que aquellas cercanas a glaciares (brazo Noroeste del Canal Beagle) generan una estructura térmica de dos capas, con aguas superficiales más frías, alta concentración de O_2 y baja en salinidad y nutrientes, mientras que las estaciones que se encuentran en el canal Beagle y se abren al Atlántico, tienen una columna de agua homoterma producto del viento, las mareas (Valdenegro & Silva, 2003) y la influencia oceánica (Mujica & Villablanca, 2003).

Hacia el sector norte, la gran cantidad de canales y fiordos hace que esta zona mantenga una alta heterogeneidad oceanográfica, sin embargo, se mantiene la relación entre el deshielo de glaciares y el incremento de la estabilidad de la columna de agua al estratificarse en dos capas (Pizarro et al., 2005b), no obstante, en nuestros resultados también es posible encontrar sectores con una alta homogeneidad debido a la radiación solar en verano, así como una columna de agua con termoclina invertida producto de las bajas temperaturas durante invierno.

Salinidad

La estructura de la salinidad a nivel superficial mantiene una heterogeneidad general entre las tres regiones, en ese sentido, no hay un gradiente norte-sur a esa profundidad, ya que en promedio las regiones tuvieron los siguientes valores: Los Lagos 27,1 psu, Aysén 24,4 psu y Magallanes 27,7 psu. Sin embargo, a las profundidades de 5, 10 y 20 m, si hay un gradiente norte-sur, por ejemplo, a los 5 m de profundidad hubo valores de 30,1 psu en Los Lagos y 28,3 psu en Magallanes; a los 10 m Los Lagos tuvo una salinidad de 32,5 psu y Magallanes 28,8 psu y a 20 m la tendencia es la misma: 33,2 psu en Los Lagos y 29,9 en Magallanes.

Esta heterogeneidad superficial, y que da cuenta de una estructura de la columna de agua dividida en dos capas, está marcada por el efecto directo de la pluviosidad, así como el aporte glaciofluvial (Valdenegro & Silva, 2003), la batimetría (Antezana 1999a) y el viento (Silva & Calvete, 2002), factores que en su conjunto generan una capa con una gran estabilidad (Pizarro et al., 2000), con aguas de menor salinidad, baja en nutrientes y alta concentración de O_2 .

El aporte de salinidades más altas y nutrientes al sistema viene desde el lado oceánico (Guzmán & Silva, 2002), ya sea, desde el Océano Pacífico en las regiones de Los Lagos, Aysén y parte de Magallanes (Salinas & Hormazábal, 2004; Ramírez & Pizarro, 2005; Villenas et al., 2009a), así como desde el Océano Atlántico en el canal Beagle (George, 1999; Antezana, 1999a; Marín & Delgado, 2003).

Desde la perspectiva regional es posible observar que la región de Los Lagos mantiene una importante estratificación en el estuario Reloncaví, así como en aquellas estaciones cercanas al



aporte fluvial de los grandes ríos de la zona de Chiloé continental. El caso más notable sucede en el estuario donde las salinidades del primer estrato (0-10 m) marcan los valores más bajos para toda la región: 12 psu, lo que coincide con lo establecido en el trabajo de Soto et al., (2009). Bajo los 10 m, la columna de agua se estabiliza y homogeniza sobre 30 psu con la entrada de agua a través del fondo, desde el seno Reloncaví. Sólo en la boca del estuario es posible observar una columna de agua más homogénea, donde las aguas estarían más mezcladas producto de la acción del viento (Ramírez & Pizarro, 2005) y que Silva et al., 2009b sugieren como dos microcuencas distintas.

En Aysén los valores más bajos de salinidad se encontraron en el fiordo de Aysén, canal Puyuguapi, canal Yacaf y Raúl Marín Balmaceda, todos lugares donde los grandes ríos, sumado a la alta pluviosidad (como en Tortel) generan una estructura en dos capas, con un primer estrato superficial de mayor temperatura, menos nutrientes y mayor concentración de O₂ (Guzmán & Silva, 2002; Silva & Guzmán 2006). Bajo esta primera capa superficial, que a veces en invierno se vuelve más fría que la capa subsuperficial, se genera un segundo estrato con ASA que penetra a los canales interiores provenientes del Océano Pacífico. A su vez, esta masa de agua más salina, que ingresa por el fondo, se encuentra con efectos batimétricos como la constricción de Meninea que delimita aguas estuarinas hacia el sur y aguas salobres hacia el norte, lo que trae como consecuencia la presencia de organismos planctónico de distinta naturaleza (Avaria et al., 2004). También se ha detectado algún remanente de AESS que ingresan desde el Golfo de Corcovado que traen mayores salinidades y nutrientes (Guzmán & Silva, 2002; Ramírez & Pizarro, 2005; Sievers & Silva, 2006; Silva & Guzmán 2006; Villenas et al., 2009b).

Las salinidades observadas en las estaciones de la región de Magallanes tienen una estructura vertical que va a depender del lugar de observación, ya que se pudo determinar una columna de agua relativamente homogénea en el sector centro (estrecho de Magallanes), con un aporte oceánico de alta salinidad (Antezana, 1999b) desde el Pacífico, el que ingresa hasta la altura de isla Carlos III (Valdenegro & Silva 2003). Nuestras observaciones coinciden con lo reportado por Antezana (1999b) quien denomina esta área intermedia entre el Pacífico y el Atlántico, como la microcuenca Paso Ancho/Seno Magdalena. Una situación similar se observó el sector central del canal Beagle que también recibe aportes desde el Océano Atlántico (Antezana, 1999a).

El otro extremo son las estaciones cercanas a grandes cursos de agua o glaciares que mantienen un flujo constante de agua dulce en el sector norte, donde los Campos de Hielo Sur generan aguas salobres y/o dulces, las que se ubican en la parte superior de la columna de agua, generando una fuerte estratificación en dos capas (Silva & Calvete, 2002; Rosenberg & Palma, 2003).

Desde la perspectiva de las FAN, la literatura señala que ambientes con una columna de agua más estable tienden a tener mayores abundancias de clorofila (Antezana et al., 2002; Pizarro et al., 2005b; Ramírez, 2005) y fitoplancton (Avaria et al., 2003; Avaria et al., 2004), sin embargo, ambientes como la boca del Guafo, seno Reloncaví y Golfo de Ancud, que tienen una fuerte influencia de elementos forzantes como el viento, también tendrían valores altos de clorofila (Pizarro et al., 2005a, Ramírez y Pizarro, 2005). En estos últimos lugares la alta abundancia estaría dada por



el aporte de nutrientes tanto desde la zona oceánica como de la acción antrópica por lo que las series de tiempo extensas serían la única posibilidad de establecer algún patrón.

Por otro lado la ausencia de una relación entre haloclina y floraciones de *A. catenella*, se contraponen con el patrón señalado en la literatura, que plantea que las aguas estratificadas favorecen la proliferación de dinoflagelados, por lo que las salinidades relativamente bajas observadas en los canales interiores en los cuales se presenta frecuentemente esta haloclina, podría constituirse en una limitante para este dinoflagelado.

Concentración del oxígeno disuelto en el agua

La distribución geográfica del oxígeno en todas las regiones muestra una amplia variedad estacional y latitudinal dada por la geografía y las distintas fuentes que aportan al sistema.

Para la región de Los Lagos, las localidades que se encuentran en las cercanías de grandes ríos y/o glaciares tienen valores de oxígeno más altos que aquellas que reciben influencia oceánica. Estacionalmente, en el estrato superficial del estuario de Reloncaví, se observan mayores concentraciones de oxígeno durante otoño y primavera, especialmente en áreas de la boca y cabezal del fiordo, mientras que durante el invierno los valores integrados del oxígeno disuelto disminuyen hasta alcanzar valores de $5,5 \text{ mg L}^{-1}$ en el sector de Cochamó (L02N2).

Para el estrato más profundo, las menores concentraciones de oxígeno se distribuyen geográficamente de manera más extensa, y tienden a disminuir hacia el cabezal, mostrando durante otoño e invierno una mayor oxigenación en la boca del estuario, cerca de Isla Caicura (L06N1), y condiciones más homogéneas en la distribución de este parámetro durante primavera. En el área de Chiloé, la concentración integrada del oxígeno disuelto en los primeros metros, resulta mayor en los sectores aledaños a los fiordos continentales donde alcanza los $9,5 \text{ mg L}^{-1}$ en Ayacará (L10) durante el invierno; y en el sector de Calbuco – Paso Quenu (L04) y Auchemó (L17)– Bahía Corcovado (L21) en primavera.. La situación entre los 10 a 20 m de profundidad no varió, mostrando una proyección de lo ocurrido en el estrato superficial.

En la región de Aysén la mayoría de las estaciones que se encuentran cerca de fiordos y canales interiores (áreas de los canales Puyuguapi y Jacaf, fiordos Aysén y Quintralco) muestran concentraciones integradas de oxígeno superficial que en primavera registraron hasta $12,5 \text{ mg L}^{-1}$. En el estrato más profundo, los valores disminuyen alcanzando un máximo de 11 mg L^{-1} , en los mismos sectores y época del año que en superficie; los registros mínimos llegaron hasta 5 mg L^{-1} , y se concentraron en el área de Isla Julia-Grupo Peligroso (A04) a Isla Valverde (A05N1), en la sección norte de la región de Aysén. Para el área de Tortel, en el estrato superficial, fue en otoño cuando se registró la menor concentración integrada de oxígeno disuelto, la que alcanzó 7 mg L^{-1} . El valor máximo se observó durante primavera, llegando a 11 y $11,5 \text{ mg L}^{-1}$, desde Punta Baker (A60) a Isla Scout (A57) respectivamente.



En los 10 – 20 m de profundidad, la situación es muy parecida al estrato superior, sólo se alcanzan valores más extremos en las mínimas, llegando a los 6,5 mg L⁻¹ durante el otoño en el sector de Punta Baker (A60). Las máximas ocurrieron en primavera también y alcanzaron valores de 11 mg L⁻¹ en las mismas estaciones que resultaron para el nivel superficial.

En Magallanes los niveles de oxígeno son mas homogéneos que en las regiones antecesoras, el área norte registro para el nivel superficial de 0 a 10 m, concentraciones integradas de oxígeno entre 8 y 11 mg L⁻¹ mostrando el máximo en verano, cerca de la localidad de Puerto Bueno (M14). Tanto en verano como en otoño se alcanzaron las mayores distribuciones geográficas de los valores mas altos de oxígeno. Para el estrato inferior la situación muestra extensas áreas con la máxima concentración de 10,5 mg L⁻¹ desde Seno Europa (M10) a Isla Piazzzi (M16) en invierno; y las mínimas concentraciones desde Bahía Liberta (M05) a Puerto Edén (M06), donde se observó 7,5 mg L⁻¹ durante el verano. En el área Centro, la distribución geográfica de la concentración de oxígeno en los primeros 10 metros de profundidad varió entre los 8,5 y 10,5 mg L⁻¹, el mínimo en el sector de Bahía Buena (M36)– Cabo San Isidro (M35) durante invierno y primavera, respectivamente; y el máximo en Bahía Bell (M33) y Cabo San Isidro (M35), durante el verano y otoño.

Para el estrato más profundo, hasta los 20 metros, el registro máximo aumenta a los 11 mg L⁻¹ en Bahía Buena (M36)– Cabo San Isidro (M35) durante el invierno y; en Silva Palma (M25), Bahía Nash (M31) y Bahía Buena (M36) durante la primavera. El mínimo registro a esta profundidad se observó en el sector de Canal Jerónimo, entre Estero Sullivan (M27) y Estero Núñez (M28), y alcanzo 7 mg L⁻¹. En el área sur, de Canal Beagle, los valores se mantienen altos durante todo el año, destacándose la concentración de primavera en el sector de Seno Ventisquero (M40) a Ventisquero España (M41) con 10,5 mg L⁻¹. El mínimo valor integrado se alcanzó en Puerto Navarino (M44), con 9,5 mg L⁻¹. En el estrato inferior, la concentración del oxígeno continuo siendo alta y alcanza un nivel mayor que el estrato de 0 – 10 m, tal como se observa en el sector de Ventisquero España (M41) durante primavera. Es en el área sur de Magallanes donde se observó una relación mas homogénea en la distribución geográfica del oxígeno entre la capa de superficie y la de los 20 m de profundidad.”

6.7. Información meteorológica

No obstante las interrupciones de las series de tiempo en las tres regiones estudiadas, para este período se aprecian relaciones entre las variables meteorológicas, hidrográficas y abundancia del fitoplancton, que reiteran lo observado para el período 2007-2008. La temperatura ambiente varía con la latitud, lo cual concuerda con los registros en que la temperatura media de la región de Los Lagos (13,2 °C) supera ampliamente a la registrada en Aysén (8,5 °C) y a la estimada para Magallanes (6,4 °C). Lo anterior evidencia un incremento en sus valores con respecto del año 2008, donde Los Lagos, Aysén y Magallanes mostraron temperaturas anuales medias de 10,4 °C, 7,0 °C y 6,4 °C, respectivamente.

Por otro lado, las extremas en Aysén (25,6; -0,2 °C) y Magallanes (25,4; -6,0 °C) con valores de gran amplitud si se les compara con los promedios registrados entre verano e invierno, afectan la



temperatura superficial en los primeros metros de la columna de agua especialmente en aquellos lugares caracterizados por una estratificación en doble capa producto del aporte de agua dulce, ya sea que provenga del aporte pluvial, derretimiento glaciar o de ríos en el lugar. Para Aysén, esta condición se observó mayormente en el Fiordo Aysén, Canal Puyuguapi, Canales Yacaf y Raúl Marín Balmaceda, todos lugares donde los grandes ríos, sumado a la alta pluviosidad (como en Tortel) generan una estructura en dos capas, con un estrato superficial de menor densidad. Respecto de sus temperaturas, el valor puntual máximo del presente año es 2,2 °C más elevado que el registrado durante 2007 – 2008 (23,4 °C) y resulta inferior en 1,2 °C a la mayor temperatura registrada en la etapa 2006 – 2007 (26,8 °C). En Magallanes, se observó una mayor variabilidad de escenarios donde esta condición meteorológica podría influenciar sobre un estrato superficial de menor salinidad y densidad, ya que en el sector central de la región y el sector sur, correspondientes al Estrecho de Magallanes y al Canal Beagle, respectivamente, se observaron predominantemente columnas de agua homogéneas que no responderían sinérgicamente a este forzante meteorológico, sin embargo en el sector norte de Magallanes, desde Puerto Natales hasta el norte de Puerto Edén, se ubican estaciones cercanas a grandes cursos de agua o glaciares que mantienen un flujo constante de agua dulce en la parte superior de la columna de agua, generando una fuerte estratificación que respondería a efectos de la velocidad del viento, como un factor influyente en el apilamiento de agua de diferente densidad y consecuentemente variando las condiciones ecológicas para el fitoplancton, y desde luego en este grupo, las especies nocivas monitoreadas. Esto incide en el análisis si consideramos que durante la presente etapa se observó una situación diferente a la de 2007 – 2008, que denota una región de Magallanes con los mayores registros de todas las áreas de estudio y, que reafirma los resultados de la etapa de 2006 – 2007 donde Magallanes lideró el registro de las velocidades promedio y rachas máximas. Así es como, durante 2009 el rango de velocidades promedio mensuales alcanzó un máximo de casi 14 m seg⁻¹ y un mínimo de 3,7 m seg⁻¹, algo que supera ampliamente el registro de poco más de 2 m seg⁻¹ alcanzados como promedio máximo mensual durante la etapa anterior y los 5,6 m seg⁻¹ alcanzados en 2006 – 2007.

Las configuraciones geográficas de Aysén y Magallanes determinan también una fuerte variación de la pluviometría y la humedad relativa del aire, influyendo tanto los aportes de las aguas lluvia como de los cursos fluviales y por el derretimiento del hielo glaciar, como también la orografía de los sectores en estudio. Esto resalta en 2009, al ser un año con registros más cálidos que los anteriores. Si bien se demostró la presencia de un Fenómeno del Niño (ENSO) de una regular intensidad en el Pacífico (MEI= 1,383), esto solo reflejó un aumento leve de las precipitaciones en algunos sectores del área en estudio y durante ciertos meses únicamente, con desfases promovidos por la latitud de las regiones en estudio y el incremento de la precipitación en los meses de primavera – verano para Aysén, región en la cual al carecer de datos para el periodo entre diciembre de 2008 a junio de 2009, resulta complicado inferir relaciones en la primera mitad del año. Para Magallanes, la situación fue similar a lo vivido en el periodo 2006 – 2007, donde los meses más secos y los más lluviosos son los mismos, aunque los montos de agua caídos durante 2009 no superan los de aquel histórico año (Butorovic, 2009). La situación de Los Lagos, muestra un registro de no precipitación, sustentado en una falla del pluviómetro automático. Sin embargo, observando el comportamiento de las etapas anteriores y considerando que el comportamiento histórico de las precipitaciones está fuertemente relacionado con la latitud, en esta región se observaron precipitaciones del orden de los 1.700 mm



hasta casi 1.900 mm, que permite suponer un resultado dentro del mismo rango para 2009. La pluviometría en estas regiones se vio acompañada por comportamientos variables en el registro de la humedad relativa del aire que si bien establece la mayor probabilidad de precipitación, depende de una conjunción de variados factores para tal proceso, destacando el promedio mensual máximo de humedad relativa registrado durante este año, el cual fue mayor incluso que el registro puntual máximo del periodo 2007 – 2008, que marcó un 81,4% en julio de ambas etapas. En el mismo aspecto, los rangos que presentaron los valores extremos de humedad relativa fueron mucho más amplios en 2009, donde el valor mínimo contrasta con lo registrado en el periodo 2007 – 2008, donde la mínima puntual fue un 19,8% mayor. Sin embargo también hay condiciones donde los cambios no son aparentes, como en el caso de Magallanes, donde los valores de humedad relativa son relativamente constantes de un periodo a otro.

En lo que respecta a datos meteorológicos puntuales, pese a que corresponden a una información registrada en un tiempo breve y generalmente bajo condiciones climáticas favorables apropiadas para la navegación y recolección de muestras, los datos son coherentes con los registrados por las estaciones meteorológicas.

Específicamente, los datos sugieren que las temperaturas medias en las tres regiones consideradas muestran una tendencia a la disminución en función del incremento de la latitud, por otro lado, los meses de otoño e invierno concordaron con los periodos más fríos, iniciándose un paulatino aumento de las temperaturas desde junio a diciembre. En cuanto a la humedad relativa evidenció la misma tendencia y comportamiento en toda el área de estudio, pero los valores más altos fueron registrados en la región de Aysén, seguido por la región de Magallanes. Finalmente, la velocidad del viento fue mayor en la región de Magallanes seguido por Aysén y Los Lagos, el mismo comportamiento se observó en lo que concierne con las precipitaciones.

6.8. Análisis integrado de la información

Diagramas Temperatura – Salinidad (TS), veneno paralizante de los mariscos (VPM) y veneno diarreico de los mariscos (VDM)

El objeto de incorporar este análisis obedece básicamente a la necesidad de disponer antecedentes descriptivos respecto de los rangos en temperatura y salinidad asociadas a los puntos donde son recolectadas las muestras que son evaluadas toxicológicamente para veneno paralizante de los mariscos y veneno diarreico de los mariscos. La información fue tratada separadamente para los complejos tóxicos VPM y VDM.

En general se aprecia que para el veneno paralizante los rangos de salinidad estuvieron entre el rango de 20 a 34 psu, sin embargo en algunas estaciones ubicadas en la región de Aysén especialmente en las áreas Raúl Marín Balmaceda, Litoral continental de Aysén y Caleta Tortel las toxicidades fueron observables a salinidades menores en niveles de 8 psu y en una estación, a 4 psu. En cuanto a las temperaturas vinculadas con la toxicidad en los mariscos, en Los Lagos esta varió entre 11 y 14 °C, en Aysén estuvo entre 7 y 17 °C y en Magallanes entre 5 y 12 °C. Los rangos



no fueron muy distintos de los registrados durante el periodo 2008-2009 cuyos valores oscilaron entre 6 - 15,5 °C y 15,0 - 34,0 psu (Guzmán et al., 2009). En tanto que para el veneno diarreico en el Estuario Reloncaví, Raúl Marín Balmaceda, Litoral Continental de Aysén, Caleta Tortel, en algunas estaciones del área norte, centro y sur de Magallanes los valores estuvieron asociados a un amplio rango de salinidades, que iban desde 2 a 35 psu. En las demás áreas como Canal de Chiloé, Golfo Corcovado, Melinka y Litoral Insular de Aysén, este veneno estuvo presente en salinidades entre 19 y 35 psu. En tanto, la temperatura asociada a este veneno considerando las tres regiones varió entre 5 y 19 °C.

Análisis de componentes principales

Con el propósito de describir de una manera sintética, la estructura y las interrelaciones de las variables consideradas en este estudio, los antecedentes disponibles fueron analizados mediante un análisis de componentes principales.

Los resultados logrados usando el mismo criterio de análisis con los datos disponibles para el periodo 2006-2007 y 2008-2009 mostraron que su aplicación debe realizarse considerando separadamente las áreas con características toxicológicas, biológicas, hidrográficas y geográficas comunes dentro del área de estudio (Guzmán et al., 2007; 2009). Por tanto, fueron tratadas en forma separada la información de los sectores Estuario y Seno de Reloncaví, Golfo de Ancud e Islas Desertores, Golfo Corcovado, sector sur de Canal Moraleda y lugares adyacentes, Caleta Tortel, Puerto Edén y Canal Trinidad, Puerto Natales, Estrecho de Magallanes y lugares adyacentes y Puerto Williams.

Los resultados logrados en esta ocasión, separadamente para sector, muestran en líneas generales que en todas las regiones se logran resultados muy similares y concordantes, con leves diferencias entre ellas, en términos que las asociaciones y las variables relevantes para entender la distribución y abundancia del fitoplancton en general y del fitoplancton nocivo en particular, y consecuentemente de las variaciones del veneno paralizante y del veneno diarreico y su vinculación con las variables oceanográficas y meteorológicas controladas.

El análisis de componentes muestra que la varianza total explicada resume el 79,37% de la variabilidad total en 8 componentes para el sector Estuario y Seno Reloncaví, 83,40% para el sector Golfo Ancud e Islas Desertores (con 7 componentes), 72,10% para el Golfo Corcovado y lugares adyacentes (con 6 componentes), 78,07% para el sector Canal Moraleda y lugares adyacentes (con 8 componentes), 80,04% para el sector Caleta Tortel (con 6 componentes), 74,86% para el sector Puerto Edén y Canal Trinidad (con 7 componentes), 79,52% para el sector Puerto Natales (con 7 componentes), 79,78% para el sector Estrecho de Magallanes y lugares adyacentes (con 7 componentes) y un 72,33% para el sector Puerto Williams (con 4 componentes). Siendo estos estimadores mayores que los logrados para el periodo 2006-2007, que fueron similares en el número de componentes, pero que resumieron sólo el 54,7 y 55,3% de la variabilidad total para Aysén y Magallanes, respectivamente (Guzmán et al., 2007) y también mayores que los logrados para el periodo 2008-2009, que resumieron el 68,4% y 70,4% de la variabilidad total en 6 y 8 componentes para las regiones de Aysén y Magallanes, respectivamente (Guzmán et al., 2009).



En líneas generales, los resultados son concordantes entre los sectores analizados en términos que las variables que se muestran asociadas y el sentido que tienen estas asociaciones, por otro lado, se han apreciado diferencias entre las relevancias de las variables meteorol3gicas y aquellas registradas en la columna de agua como la salinidad.

Los resultados en esta oportunidad para los tres sectores vinculados con la regi3n de Los Lagos y parte de la regi3n de Aysén sealan que las variaciones de la temperatura del aire influyen en las variaciones de la temperatura del agua superficial y las variaciones en la presi3n barométrica influyen sobre la salinidad del agua, lo cual es evidente en la informaci3n disponible. La informaci3n es concordante con lo apreciado durante los periodos 2006-2007 y 2007-2008 (Guzmán et al., 2007, 2009). En el Estuario y Seno de Reloncaví se aprecia que tanto las variables relacionadas con incrementos de la temperatura del aire como la presi3n barométrica afectan la salinidad del agua, ya sea por efectos de deshielos del agua almacenada en cerros y volcanes durante la primavera y verano o por efecto de las lluvias durante otoño e invierno, ambas situaciones elevan la concentraci3n de material particulado, afectando la transparencia del agua y disminuyendo la concentraci3n de oxígeno en el agua, con ello, los datos muestran incrementos en las abundancias relativas de *P. cf. australis* y *P. cf. pseudodelicatissima* en detrimento de la concentraci3n de *D. acuminata* y otros organismos. Una dinámica semejante se desprende del análisis del sector Golfo Ancud e Islas Desertores, mientras que en el sector Golfo Corcovado y los lugares adyacentes (Melinka y Raúl Marín Balmaceda) es la temperatura del agua la que aparentemente conduce los incrementos en el número de especies y número de organismos del fitoplancton así como el aumento en las concentraciones de los taxones nocivos, en tanto que la estabilidad del agua en términos de salinidad con características oceánicas favorecería la diversidad de microalgas registradas en el lugar.

En el área centro y sur de la regi3n de Aysén, particularmente el sector vinculado al Canal Moraleda y canales situados en los sectores continental e insular de este gran canal, los datos sugieren que la temperatura ambiente tiene un rol crucial en los incrementos de la temperatura del agua y en el aporte de agua dulce de los diferentes afluentes producto de los deshielos durante la primavera y verano. Esta variable tiene afectos sobre la salinidad del agua y su transparencia, producto del material particulado que aportan los afluentes y las floraciones del fitoplancton que se producen en el  rea. Aparentemente, esta condici3n favorece el desarrollo de múltiples organismos que en el análisis de componentes principales se ve reflejado con el incremento en el número de especies y número de organismos del fitoplancton y junto a ello un incremento en la concentraci3n de fitoplancton nocivo. Indudablemente que con incrementos en las abundancias relativas de *A. catenella* se elevan las concentraciones de VPM en los mariscos. En el sector Caleta Tortel las variaciones en la presi3n barométrica tiene influencia sobre la pluviometría del sector y consecuentemente sobre los aportes de agua de los diferentes afluentes del sector afectan la salinidad del agua. También la temperatura del agua se insinúa como una variable relevante que conduce los procesos asociados a incrementos en la concentraci3n de fitoplancton que se ve reflejado en el análisis de componentes con la importancia que adquiere el número de especies y número de organismos del fitoplancton, aparentemente esto también favorece el incremento en las



abundancias relativas de *A. catenella*, *D. acuminata*, *P. cf. australis* y *P. cf. pseudodelicatissima*. El incremento de VPM en los mariscos es consecuencia de la presencia de *A. catenella* en el lugar. En la región de Magallanes, la temperatura del aire y la temperatura del agua están relacionadas inversamente con el número de especies y número de organismos del fitoplancton, así como con las abundancias relativas de algunos taxones nocivos como *A. catenella*, *D. acuminata*, *P. cf. australis* y *P. cf. pseudodelicatissima*. Por lo que aunque las temperaturas del aire y del agua de las distintas áreas de esta región son más bajas que en las otras regiones, la abundancia del fitoplancton muestra una correlación positiva con la temperatura.

Cuando este análisis fue aplicado a la información de las seis estaciones entre cuyas variables se incluyen además zooplancton y nutrientes, dado que es un número menor de localidades y no obstante que están ubicadas geográficamente en sectores con condiciones ambientales muy distintas, la proporción de la varianza explicada que se resume con los dos primeros componentes es de 50% valor que es notablemente mayor que el estimador para los dos primeros componentes para el período 2006-2007 (36,2%) y 2008-2009 (47,8%). En esta oportunidad también para esta información, la base de datos es más instructiva respecto de las variables que explican las asociaciones y el comportamiento de las variables relevantes para entender la distribución y abundancia del fitoplancton en general y del fitoplancton nocivo en particular, y consecuentemente de las variaciones del veneno paralizante y del veneno diarreico y su vinculación con las variables oceanográficas y meteorológicas controladas.

De manera particular para el período 2009, los resultados muestran que en el sector analizado la salinidad del agua se correlaciona pasivamente con la presencia de nitratos y silicatos, quizás provocado por los aportes de nutrientes que efectúan los afluentes en el sector. Los nitritos se correlacionan negativamente con los niveles de nitrato, situación que depende directamente de las constantes de equilibrio asociadas a ambas especies químicas. La temperatura también aparece en el análisis como una variable relevante que se relaciona positivamente con el número de especies del fitoplancton y la concentración de algunas especies nocivas como *A. catenella*, *D. acuminata*, *P. cf. australis* y *P. cf. pseudodelicatissima*. Del mismo modo, la relevancia que adquiere el número de grupos de zooplancton probablemente se debe al aumento en el fitoplancton.

Objetivo específico 4

6.9. Muestreos complementarios

Los muestreos complementarios realizados en las regiones de Aysén y Magallanes, tal como era esperable han permitido mostrar la amplia distribución de la forma vegetativa de *A. catenella*, pero la existencia de quistes de esta microalga sigue siendo baja y no se han detectado bancos con una densidad significativa. Aún es necesaria información que permita evaluar la probable distribución continua de *A. catenella* entre las regiones de Aysén y Magallanes. Por otro lado, en la región de Magallanes, dada la situación particular de esta región durante los primeros 6-8 meses de 2009 en que esta microalga estuvo ausente o bien rara, en la región de Magallanes, los resultados del



muestreo complementario efectuado durante otoño en esa región, sólo reflejan la condición particular de la distribución y abundancia de esta microalga, puesto que durante primavera nuevamente incremento la abundancia en el área norte, lo cual se reflejó en los resultados de las muestras complementarias recolectadas durante ese período, tanto por la presencia de la microalga, como por la detección de veneno paralizante en los mariscos evaluados.

En cuanto a la revisión del límite norte del área FAN, la situación que más se asemeja más a la reportada por Díaz et al (2010), para el período mayo 2006 – agosto 2009; es la que abarca dos temporadas de monitoreo; lo cual demuestra que los resultados de estos análisis pueden cambiar de acuerdo a la extensión de tiempo que se considere para ello, y de acuerdo a lo estipulado en el Informe Técnico, se sugiere que estos análisis podrían aplicarse al final de cada temporada de monitoreo, pero incorporando la temporada anterior, a fin de obtener una visión actualizada de la distribución de la especie dentro del rango temporal estipulado. Las diferencias observadas entre las áreas sur de Chiloé y Melinka, confirman nuevamente la importancia de no tratar esta macrozona como un todo, dado que aunque ambas áreas cumplen con los requisitos establecidos para incluirse dentro del área plaga FAN, existen periodos en los que la especie sólo está presente en una de ellas, y el eventual traslado de células hacia ésta podría aumentar el riesgo de la generación de una floración en el sitio, con los consecuentes impactos a la salud humana.

Objetivo específico 6

6.10. Flujo de la información

Flujo de información hacia la Subsecretaría de Pesca

Los criterios y los medios empleados para remitir los antecedentes para conocer en forma oportuna y confiable la distribución y abundancia de *Alexandrium catenella* han mostrado ser eficientes en una primera etapa, puesto que han permitido disponer de información que abarca un extenso espacio geográfico y que representa un esfuerzo marcado desde la recolección de las muestras de fitoplancton hasta su análisis en condiciones de laboratorio, para finalmente remitir estos antecedentes en archivos digitales. Esto supone certidumbre respecto de la identidad específica del taxón nocivo declarado plaga y la existencia de un diseño de muestreo que da cuenta de las complejidades geográficas que representan los fiordos y canales sur australes.

Entre los aspectos que han sido mejorados durante la tercera etapa del estudio incluyen el envío parcial de información por región o áreas geográfica definida, la inclusión en los envíos de otros antecedentes complementarios y de utilidad para proteger la salud pública y la calidad de los productos pesqueros de exportación, y la construcción de un sistema que permite acceder a la información en línea en dos niveles, una con atributos definidos e información completa para que accedan los organismos del estado involucrados en la toma de decisiones y otro nivel de acceso al público en general con información de las abundancias relativas presentes en cada muestreo incluida toda el área de muestreo.



En cuanto al primer punto, el envío parcial de información, acorta los lapsos desde la recolecta de la muestra hasta la remisión de los resultados hacia la Subsecretaría de Pesca, ello se origina del hecho que hasta ahora, los datos han sido remitidos integrando todos los antecedentes de una región administrativa, lo cual supone visitar y recolectar muestras en todos los sitios de muestreo establecidos en una región y sólo una vez completado el análisis del muestreo regional los antecedentes se remiten a la Subsecretaría de Pesca. Por razones logísticas, las distintas áreas definidas dentro de cada región, son muestreadas en forma segregada por áreas y por lo mismo es factible poner a disposición de la autoridad antecedentes finales relativos a la distribución y abundancia de **A. catenella** más cercanos a las fechas de muestreo para cada una de estas áreas.

En segundo lugar, dado que la forma como se envían los antecedentes permite conocer el estado de condición de las microalgas nocivas, ha sido incorporado además en el flujo de información a puntos focales del Ministerio de Salud, Secretarías Ministeriales de Salud de las regiones involucradas y Servicio Nacional de Pesca, además de la Subsecretaría de Pesca, instancias a las cuales es factible remitir antecedentes de distribución y abundancia de otras algas nocivas como **Dinophysis acuminata**, **D. acuta**, **Alexandrium ostenfeldii**, **Protoceratium reticulatum**, **Pseudo-nitzschia cf. australis** y **P. cf. pseudodelicatissima**. Es importante tener presente que este estudio, no dispone de sitios de muestreo que se superpongan con la red de muestreo del Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PSMB), pero los antecedentes complementarios que representan los datos generados por este estudio son de por si valiosos para interpretar floraciones de gran cobertura geográfica y entender la dinámica de estos fenómenos.

En tercer lugar, la publicación Web está disponible en 2 niveles de información, una para usuarios restringidos mencionados anteriormente, a través de la Web: http://www.ifop.cl/Marea_Roja, la cual solicita al momento de ingresar, un nombre de usuario y una contraseña y un segundo nivel de información es para "Publico en General" los cuales ingresan por el siguiente enlace: http://www.ifop.cl/Marea_Roja_Publico/.

Objetivo específico 7

6.11. Sistema de Información Geográfico

La relevancia del sistema de información geográfico, no sólo surge de la ordenación que establece a la base de datos generada, sino que porque además permite acceder en forma expedita a esta información, a cualquiera de las variables consideradas ponderando simultáneamente las variables temporal y espacial, además de disponer de otros antecedentes de calificación del sitio de muestreo y de la variables en cuestión.

Por ello, se generó un Sistema de Información Geográfica para el Programa de Monitoreo de Marea Roja 2008 – 2009 auto ejecutable (autorun) que funciona directamente desde un CD. Con enlaces directos a toda la información gráfica (SIG) la cual está estructurada, estandarizada y normalizada, además de acceso a información tabular.



Este CD está completamente personalizado con los datos de cada crucero, información de apoyo y de ayuda para su visualización, lo cual se realizó ingresando la información vía software o programación de algoritmos, entregando un despliegue grafico del SIG que es soportado por una pagina Web stand-alone, siendo un producto intuitivo y de fácil consulta.



7. RESUMEN Y CONCLUSIONES

7.1. Aspectos generales

1. Este estudio es la mejor fuente de información para proteger la salud pública y minimizar los impactos sobre las actividades productivas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, como también lo es para efectos de las consideraciones técnicas que deben ser tenidas en cuenta respecto de *Alexandrium catenella* desde una perspectiva ambiental, debido a que esta especie ha sido declarada plaga FAN (floración de alga nociva).
2. Existen claras diferencias interanuales y entre regiones, incluso entre áreas de una misma región, respecto de todas las variables consideradas.
3. Se reitera que no es suficiente la detección de una microalga nociva con una abundancia relativa de rara para adoptar medidas de emergencia, sino que debe ponderarse su presencia en un conjunto de sitios de muestreo y evaluar su comportamiento en el tiempo.

Objetivos específicos 1, 2, 3 y 5

7.2. Veneno paralizante y *Alexandrium catenella*

4. Desde que se inició este estudio en 2006, la floración de *A. catenella* que se registró en febrero – marzo de 2009, en la región de Aysén, con la excepción de las áreas de Raúl Marín Balmaceda y Tortel, ha sido la que ha mostrado las mayores estimaciones de abundancia relativa y densidades registradas hasta ahora de este dinoflagelado.
5. El patrón mostrado por la floración de verano de *A. catenella* en la región de Aysén, difiere de lo observado previamente, en cuanto a que entre los años 2006 – 2008, las floraciones de esta especie se iniciaban en la región de Magallanes y posteriormente se manifestaban en Aysén con un retraso de uno o dos meses, pudiendo en algunas ocasiones extenderse también al extremo sur de Chiloé, pero persiste la mantención de la hipótesis climática oceanográfica para explicar el inicio de estas floraciones en los fiordos y canales sur australes.
6. Las estimaciones de las más altas estimaciones de abundancia relativa y de densidad de *A. catenella*, fueron registradas en la región de Aysén, pero los registros puntuales mayores de veneno paralizante fueron observados en la región de Magallanes, en sitios del Estrecho de Magallanes, por lo que se mantiene el incremento con la latitud de los máximos de toxicidad en transvectores, no obstante que los valores promedio más altos de VPM en mariscos transvectores fueron registrados en la región de Aysén.
7. En comparación con la región de Aysén, la región de Magallanes exhibió un patrón temporal diferente de abundancia relativa y densidad de *A. catenella* como también de toxicidad de



- veneno paralizante en mariscos, siendo muy evidente en esta última región la floración y el brote de toxicidad en la primavera de 2009 (diciembre).
8. Las altas abundancias de **A. catenella** registradas en la floración observada en el verano de 2009 en la región de Aysén, obligaron a modificar la escala de abundancia relativa, por lo que hubo que agregarle dos niveles siguiendo la escala de progresión geométrica de 4X.
 9. Dado que se estima que floraciones de **A. catenella** como la ocurrida en febrero – marzo de 2009 en la región de Aysén, serían muy poco frecuentes, se concluye que los dos niveles superiores de la escala de abundancia relativa modificada, serían utilizados en muy pocas ocasiones.
 10. La floración de **A. catenella** en la región de Aysén, estuvo asociada a un descenso de la abundancia relativa y densidad de **Pseudo-nitzschia cf. australis** y **P. cf. pseudodelicatissima**.
 11. La floración de **A. catenella** en el extremo sur de Chiloé estuvo restringida al sector costero sureste y sur de la Isla de Chiloé, al sur de Isla Acui, 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.
 12. Dada la dinámica temporal de la abundancia relativa y densidad de **A. catenella** y consecuentemente de las concentraciones de veneno paralizante en los mariscos centinela en la región de Los Lagos, el muestreo regular (frecuencia cuasi mensual), en situaciones de floración, presenta restricciones para seguir con detalle la dinámica de estos fenómenos, pues no define con certeza la distribución y abundancia, como tampoco detecta con precisión las variaciones temporales del veneno paralizante, por tanto se concluye que en estas situaciones 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.
 13. Los muestreos de emergencia deben realizarse en sectores acotados abarcando en lo posible el área afectada por la floración, a fin de hacer más eficiente el uso de recursos y disminuir la complejidad logística asociada a muestreos de frecuencia más alta.
 14. Las tasas de incremento de la toxicidad en cholga, chorito, almeja y culengue en las localidades de Punta Cálqueman (A18), Isla Orestes (A23) e Isla Julián (A30), en la región de Aysén puede ser descrita por un modelo potencial linealizado, pero no por un modelo exponencial linealizado.
 15. Los resultados muestran que las tasas de incremento (pendiente) de la intoxicación y de los niveles de toxina al iniciarse las mediciones (intercepto) reflejan una alta heterogeneidad entre recursos (cholga, chorito, almeja y culengue) para una misma localidad.
 16. Pero entre localidades por recurso, se apreciaron claras diferencias para la almeja y culengue (pendiente e intercepto) y cholga (pendiente), pero en el chorito no hubo



diferencias significativas, reflejando tasas de incremento de la toxicidad (pendientes) homogéneas.

17. Las tasas de eliminación de veneno paralizante de los mariscos en cholga, chorito, almeja y culengue en las localidades de Punta Cálqueman (A18), Isla Orestes (A23) e Isla Julián (A30), puede ser descrita por los modelos potencial y exponencial linealizados y por tanto el tiempo que requieren estos mariscos para eliminar la toxina es prolongado (meses).
18. La declinación de toxicidad en el tiempo entre recursos por localidad, muestra estimaciones de pendientes e interceptos muy disímiles con ambos modelos, para cholga, chorito, almeja y culengue, la excepción la constituyen las tasas de decremento homogéneas entre recursos para Punta Cálqueman y para Isla Orestes.
19. Al contrastar por recurso entre localidades, sólo hubo tres situaciones en que las diferencias fueron significativas, reflejando homogeneidad por recurso entre localidades, respecto de las tasas de detoxificación y niveles de toxicidad al iniciarse el proceso evaluado, aunque hubo excepciones para almeja y culengue.
20. La distribución y abundancia de **A. catenella** en el mar interior de Chiloé, mostró durante 2009 un patrón diferente por cuanto se presentó, aunque con una abundancia relativa de rara o escasa, a lo largo del invierno y primavera en el sector sur y sur este de las aguas costeras de la Isla de Chiloé e incluso estuvo presente en primavera en sitios tan septentrionales como Calbuco 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, por lo que se concluye que 2009, presentó rasgos no identificados, pero determinaron una clara persistencia y ampliación en la distribución de esta microalga.
21. En la región de Magallanes, no obstante que en los sectores que habitualmente se registran niveles importantes de toxina paralizante como el núcleo de toxicidad de Ultima Esperanza Meridional presentan estimaciones significativas, durante 2009 y en especial durante la primavera tardía (diciembre) los registros mayores se observaron en sitios establecidos en el Estrecho de Magallanes, como Bahía Nash, Bahía Mussel, Cabo San Isidro, Bahía Buena y Bahía Agua Fresca.
22. La falta de concordancia de la sonda para **A. catenella** empleada, ha obligado a desarrollar una sonda específica para las cepas locales, cuyos ajustes permitirán mejorar su resolución definitiva para monitoreos rutinarios..

7.3 Veneno diarreico, *Dinophysis acuminata* y *D. acuta*

23. El Veneno Diarreico de Los Mariscos (VDM), está presente en las tres regiones administrativas consideradas en este estudio. Particularmente durante el 2009 estuvo presente durante todo el año en Aysén mientras que la región de Los Lagos y Magallanes estuvo ausente solo en el invierno. Lo más frecuente es que la toxicidad por VDM ocurra en verano-primavera tal como ha ocurrido en los dos periodos anteriores del programa.



24. Las estimaciones de abundancia relativa de *Dinophysis acuminata* permitieron constatar que esta especie estuvo presente en las tres regiones en algún momento del periodo de muestreo. De las tres regiones, la región de Aysén fue la que presentó los mayores niveles de abundancia relativa, los que ocurrieron en la primavera y verano, mientras que la región de Los Lagos presentó la mayor cobertura geográfica con presencia de esta especie durante el periodo de muestreo.
25. En cuanto a las densidades de esta especie, los valores más altos se aprecian entre mediados de primavera y mediados de otoño, patrón de distribución temporal dictado principalmente por las regiones de Aysén y Los Lagos, puesto que la región de Magallanes el patrón se restringe a fines de la primavera y verano; no obstante las mayores densidades se presentaron en Aysén y Magallanes. La distribución vertical de esta especie fue preferentemente en el estrato superficial.
26. Para la especie *Dinohpysis acuta*, la mayor abundancia relativa estuvo claramente en la región de Aysén al igual que un patrón espacial y temporal continuo durante todo el período de muestreo en comparación con las otras regiones.
27. La densidad de esta microalga comparada con su congénere *D. acuminata*, es notoriamente más baja. También presentó una distribución vertical preferentemente en el estrato superficie - 10m de profundidad cuando estuvo presente en la columna de agua.
28. De acuerdo a los resultados y antecedentes recientes, *D. acuminata* es una especie sospechosa de producir PTXs, además de la facultad de producir o no okadaatos a lo largo del país.
29. *P. reticulatum* es la especie más sospechosa de estar asociada a la producción de YTXs en la región austral de Chile. Se hace urgente establecer un cultivo de esta especie en particular.
30. De acuerdo a recientes hallazgos aún no publicados acerca de la presencia de quistes de *L. polyedrum* en Los Lagos y una cita en la región de Aysén, hace necesario capacitar en el mediano plazo a los analistas de fitoplancton para la identificación de esta especie en las muestras de fitoplancton recolectadas durante el monitoreo, la cual también comparte con *P. reticulatum* la potencial capacidad de producir YTXs.
31. Es urgente el uso de técnicas modernas, LC-MS, para establecer definitivamente los perfiles de toxinas, sobre todo lipofílicas tanto en microalgas (fitoplancton, células aisladas de concentrados de fitoplancton, microalgas en cultivo) como en tejidos de moluscos en Chile. Todas las referencias de las nuevas distribuciones de toxinas como SPXs, AZPs y YTXs en el norte del país (y AZPs también en el sur) se han realizado en el exterior.
32. Dada la presencia de AZPs en el norte y sur de Chile, es importante hacer un diagnóstico en el mediano plazo acerca de la presencia de *Azadinium spinosum* en la región de Los Lagos.



7.4 Veneno Amnésico de los Mariscos, *Pseudo-nitzschia cf. australis* y *Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*.

33. Durante 2009 los registros a nivel de trazas de ácido domoico fueron ocasionales y no hubo registros de concentraciones mayores, estimaciones que ocurrieron durante los periodos en que las densidades de *Pseudo-nitzschia cf. australis* y *P. cf. pseudodelicatissima* fueron bajas.
34. De manera similar a lo señalado en etapas previas, la información del monitoreo permite caracterizar floraciones o incrementos en la densidad o abundancia relativa de *Pseudo-nitzschia cf. australis* y *P. cf. pseudodelicatissima* en amplios sectores geográficos de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, siendo la segunda, no obstante la relevancia de ambas, más importante por su abundancia numérica, relativa y frecuencia de aparición, particularmente para la región de Aysén.
35. *Pseudo-nitzschia cf. australis* y *P. cf. pseudodelicatissima* presentan una mayor densidad en el estrato de superficie, siendo Aysén la región con las densidades más altas, en tanto que en esta oportunidad la región de Los Lagos presentó las estimaciones más bajas.
36. La abundancia numérica de ambas especies es tan elevada que las estimaciones de abundancia relativa son tediosas, incluso es necesario diluir para facilitar la enumeración. La concordancia entre estimaciones de abundancia relativa y densidad es muy alta y la representatividad de estos taxones en muestras de fitoplancton es muy alta. La estimación de abundancia relativa en *Pseudo-nitzschia spp.* es eficaz pues su enumeración es más fácil y demanda menos tiempo que aquella de densidad usando el método de Utermohl, no obstante que este último es más preciso y no excluyente.
37. Se deben realizar estudios para definir con certidumbre cuales son los taxones de *Pseudo-nitzschia* que son frecuentes en el fitoplancton de la región sur austral de Chile, lo cual puede ser incorporado entre las obligaciones de este monitoreo, en la medida que ello sea debidamente considerado en la planificación anual de este estudio,

7.5. Plancton y clorofila

38. El fitoplancton cualitativo muestra un mayor predominancia en la riqueza específica de diatomeas por sobre los dinoflagelados, lo cual ha sido característico para todos las etapas del programa de monitoreo, y además queda demostrado a través del Índice G.
39. Las regiones de Los Lagos y Aysén han sido identificadas separadamente tanto por la información de fitoplancton cualitativo como por los índices de diversidad obtenidos a partir de la información de fitoplancton cuantitativo, como las regiones con mayor diversidad; la región de Magallanes se mantiene como la que presenta la menor riqueza específica en la estaciones monitoreadas durante este periodo, y en los periodos previos; no obstante ésta en esta ocasión mostró la menor uniformidad en la composición específica entre estaciones.
40. Se observa una tendencia a incrementar la frecuencia de aparición de IG negativos hacia el



sur; sin presentar necesariamente una relación con la ocurrencia de floraciones nocivas.

41. Los máximos valores de uniformidad se concentran en las épocas más frías, asociados a las disminuciones de la abundancia fitoplanctónica.
42. El Estuario y seno del Reloncaví se caracterizó por presentar la mayor abundancia total y menor número de taxa, e índices de diversidad y uniformidad más bajos, mostrando un ambiente con una dinámica distinta del resto de los sectores estudiados.
43. En la región de Los Lagos, se observa una menor relevancia de las especies nocivas en la estructura de la comunidad, debido a que la ocurrencia de eventos FAN queda circunscrita a áreas puntuales de la región (**A. catenella**, Sur de Chiloé). En la región de Aysén y Magallanes, la importancia de las especies nocivas es mayor, al estar incluidas dentro de las especies más frecuentes y abundantes; pero en Magallanes los niveles de cobertura geográfica y de abundancia total promedio son menores que los de Aysén.
44. Las variaciones de la abundancia fitoplanctónica son en general concordantes con las estimaciones de clorofila dentro de las regiones, en cuanto a los niveles detectados y sus fluctuaciones, siendo más parecidas las estimaciones entre las regiones de Los Lagos y Aysén con respecto a la región de Magallanes, dado las bajas abundancias fitoplanctónicas obtenidas en comparación con las demás regiones.
45. Las agrupaciones generadas por análisis SIMPROF asociado al análisis de conglomerados (CLUSTER) dentro de cada región en las distintas épocas del año y en el promedio general de los cruceros, arrojan resultados consistentes en la conformación general de los grupos más característicos para cada región, a los generados por otras variables, como lo son la toxicidad por veneno paralizante (VPM) y la abundancia relativa de **Alexandrium catenella**; algunos de estos grupos corresponden al área Estuario y Seno del Reloncaví en Los Lagos, Tortel en Aysén, y área Sur en Magallanes, por nombrar algunos.
46. El zooplancton muestra una clara diferencia estacional, con las máximas abundancias observadas en el período de primavera-verano, mientras que en otoño-invierno la abundancia fue uno o dos órdenes de magnitud inferior.
47. Hay un gradiente norte-sur en términos de riqueza de grupos zooplanctónicos, no así en la abundancia total por región.
48. Según un análisis de componentes principales no existe ninguna vinculación entre la abundancia relativa de **Alexandrium catenella** y la abundancia del zooplancton...

7.6. Información Oceanográfica

49. Existe un marcado efecto de aguas oceánicas que ingresan a los canales interiores, lo que define un importante efecto de la circulación estuarina. Donde el agua dulce circula en la capa superficial, mientras que agua salina en los estratos más profundos.
50. Se refuerza la presencia de microcuencas en las tres regiones, las que definen características oceanográficas particulares y ambientes con una amplia diversidad, donde es posible encontrar barreras o discontinuidades a FAN, acumulación de larvas y altas



abundancias de nutrientes, clorofila y/o plancton.

51. Sólo la temperatura a nivel superficial muestra un gradiente norte-sur, sin embargo los estratos más profundos tienden a ser homotermiales.
52. La salinidad superficial no responde a un gradiente norte-sur, sin embargo los valores en profundidad tienden a seguir un gradiente norte-sur, lo que se explicaría en parte por la estratificación de la columna de agua y la fuerte haloclina.
53. La presencia casi permanente de una haloclina en las tres regiones, sobre todo en los canales interiores, no muestra correspondencia con floraciones de *Alexandrium catenella*, lo cual podría ser explicado por las bajas salinidades en sectores con fuerte influencia de ríos y fusión de hielo glaciar.
54. Los registros continuos de temperatura del agua muestran una tendencia a la disminución con la latitud y en algunas estaciones se observan oscilaciones hasta 2 °C cuyas frecuencias son mensuales, quincenales y en otras semanales. Adicionalmente, en algunas estaciones los datos sugieren que las temperaturas del agua a fines del 2008 fueron más elevadas que el 2009 en el mismo periodo.
55. La diversidad de sectores geográficos monitoreados no muestran concentraciones de oxígeno disuelto limitantes para los organismos vivos, siendo mayores las concentraciones de esta variable en sectores con influencia de grandes ríos, ya sea por la pluviosidad o fusión de glaciares, en comparación con sectores que reciben influencia oceánica.
56. En general, la transparencia del agua muestra un patrón inverso con la abundancia fitoplanctónica y la concentración de clorofila, siendo menos transparentes las aguas de Los Lagos y Aysén, en comparación con aquellas de la región de Magallanes, con algunas excepciones particularmente en las estaciones localizadas en sectores influenciados por grandes afluentes producto de los aportes de material particulado, como el Estuario y Seno de Reloncaví, sectores que muestran una tendencia a una mayor dominancia de especies de *Pseudo-nitzschia spp.*

7.7. Información Meteorológica

57. En el área de estudio existe una fuerte interacción entre las variables oceanográficas, meteorológicas y comportamiento de la abundancia fitoplanctónica, particularmente la temperatura ambiente y la pluviometría.
58. La temperatura del aire varía con la latitud, siendo las temperaturas medias mayores en la región de Los Lagos y los más bajos para la región de Magallanes. El rango entre los máximos y mínimos absolutos incrementan de norte a sur, apreciándose para las regiones de Aysén y Magallanes, mínimos bajo los 0°C.
59. Las estimaciones de velocidad del viento, durante las actividades de terreno, no reflejan apropiadamente el comportamiento de este meteoro, pero éste juega un rol clave en la homogenización de la columna de agua en canales abiertos y expuestos al viento, particularmente en el Estrecho de Magallanes y Puerto Williams que fueron las áreas en se



presentaron las mayores velocidades del viento.

7.8. Análisis integrado de la información

60. Los diagramas de temperatura – salinidad muestran que para el veneno paralizante los rangos de salinidad estuvieron entre el rango de 20 a 34 psu, sin embargo en algunas estaciones ubicadas en la región de Aysén especialmente en las áreas Raúl Marín Balmaceda, Litoral continental de Aysén y Caleta Tortel las toxicidades fueron observables a salinidades menores en niveles de 8 psu y en una estación, a 4 psu. En cuanto a las temperaturas vinculadas con la toxicidad en los mariscos, en Los Lagos esta varió entre 11 y 14 °C, en Aysén estuvo entre 7 y 17 °C y en Magallanes entre 5 y 12 °C. Los rangos no fueron muy distintos de los registrados durante el periodo 2008-2009 cuyos valores oscilaron entre 6 - 15,5 °C y 15,0 - 34,0 psu.
61. Los diagramas de temperatura – salinidad muestran que para el veneno diarreico en el Estuario Reloncaví, Raúl Marín Balmaceda, Litoral Continental de Aysén, Caleta Tortel, en algunas estaciones del área norte, centro y sur de Magallanes los valores estuvieron asociados a un amplio rango de salinidades, que iban desde 2 a 35 psu. En las demás áreas como Canal de Chiloé, Golfo Corcovado, Melinka y Litoral Insular de Aysén, este veneno estuvo presente en salinidades entre 19 y 35 psu. En tanto, la temperatura asociada a este veneno considerando las tres regiones varió entre 5 y 19 °C.
62. Los resultados del análisis de componentes principales, muestran que en todos los sectores analizados, se logran asociaciones similares y concordantes, con leves diferencias entre ellos: que permiten entender la distribución y abundancia del fitoplancton en general y de las especies nocivas en particular, y su vinculación con las variables oceanográficas y meteorológicas consideradas.
63. En el Estuario y Seno de Reloncaví, las variables relacionadas con incrementos de la temperatura del aire como la presión barométrica afectan la salinidad del agua, ya sea por deshielos durante la primavera y verano o por las lluvias durante otoño e invierno, ambas situaciones elevan la concentración de material particulado, afectando la transparencia y disminuyendo la concentración de oxígeno, en correspondencia con incrementos en las abundancias relativas de *P. cf. australis* y *P. cf. pseudodelicatissima* en detrimento de la concentración de *D. acuminata* y otros organismos.
64. En el Golfo Corcovado y los lugares adyacentes (Melinka y Raúl Marín Balmaceda) es la temperatura del agua la que aparentemente conduce los incrementos en el número de especies y número de organismos del fitoplancton así como el aumento en las concentraciones de los taxones nocivos, en tanto que la estabilidad del agua en términos de salinidad con características oceánicas favorecería la diversidad de microalgas registradas en el lugar.
65. En el área centro y sur de la región de Aysén, particularmente el sector vinculado al Canal Moraleda y canales situados en los sectores continental e insular de este gran canal, los datos sugieren que la temperatura ambiente tiene un rol crucial en los incrementos de la



temperatura del agua y en el aporte de agua dulce de los diferentes afluentes producto de los deshielos durante la primavera y verano. Esta variable tiene afectos sobre la salinidad del agua y su transparencia, producto del material particulado que aportan los afluentes y las floraciones del fitoplancton que se producen en el área. Aparentemente, esta condición favorece el desarrollo de múltiples organismos que en el análisis de componentes principales se ve reflejado con el incremento en el número de especies y número de organismos del fitoplancton y junto a ello un incremento en la concentración de fitoplancton nocivo. Indudablemente que con incrementos en las abundancias relativas de *A. catenella* se elevan las concentraciones de VPM en los mariscos

66. En Caleta Tortel las variaciones en la presión barométrica tiene influencia sobre la pluviometría del sector y consecuentemente sobre los aportes de agua de los diferentes afluentes del sector afectan la salinidad del agua. También la temperatura del agua se insinúa como una variable relevante que conduce los procesos asociados a incrementos en la concentración de fitoplancton que se ve reflejado en el análisis de componentes con la importancia que adquiere el número de especies y número de organismos del fitoplancton, aparentemente esto también favorece el incremento en las abundancias relativas de *A. catenella*, *D. acuminata*, *P. cf. australis* y *P. cf. pseudodelicatissima*. El incremento de VPM en los mariscos es consecuencia de la presencia de *A. catenella* en el lugar.
67. En la región de Magallanes con una varianza total explicada que resume sobre el 38% de los datos en los dos primeros componentes, y no obstante que las temperaturas del aire y del agua de las diferentes áreas de la región de Magallanes, son más bajas que en las otras regiones, también la abundancia del fitoplancton está correlacionada positivamente con la temperatura.
68. Análisis de componentes para los seis sitios muestran que la salinidad del agua se correlaciona pasivamente con la presencia de nitratos y silicatos, quizá provocado por los aportes de nutrientes que efectúan los afluentes en el sector. Los nitritos se correlacionan negativamente con los niveles de nitrato, situación que depende directamente de las constantes de equilibrio asociadas a ambas especies químicas. La temperatura también aparece en el análisis como una variable relevante que se relaciona positivamente con el número de especies del fitoplancton y la concentración de algunas especies nocivas como *A. catenella*, *D. acuminata*, *P. cf. australis* y *P. cf. pseudodelicatissima*. Del mismo modo, la relevancia que adquiere el número de grupos de zooplancton probablemente se debe al aumento en el fitoplancton.

Objetivo específico 4

7.9. Muestreos complementarios

69. Los muestreos complementarios que abordaron sectores que no son cubiertos por la red de estaciones del muestreo regular, en las regiones de Aysén y de Magallanes, muestran que la forma vegetativa de *A. catenella* y también del veneno paralizante se encuentran presentes en todos los sectores de fiordos y canales visitados.



70. Los muestreos regulares y complementarios mostraron una fracción reducida de sitios de muestreo con sedimentos finos, muy finos y de limo arcilla, lugares que presentaron estimaciones muy bajas de quistes de *Alexandrium catenella* (<50 quistes mL^{-1} de sedimento húmedo).
- La representación de conglomerados para el sector límite norte del área FAN, muestra diferencias de acuerdo al período de tiempo considerado en el análisis. Se sugiere que estos análisis podrían aplicarse al final de cada temporada de monitoreo, pero incorporando la temporada anterior, a fin de obtener una visión actualizada de la distribución de la especie dentro del rango temporal estipulado.

Objetivo específico 6

7.10. Flujo de la información

71. Se ha establecido un sistema para difundir a los organismos públicos pertinentes la información relevante generada por este programa de monitoreo, la cual incluye las abundancias relativas de todas las especies nocivas y potencialmente nocivas consideradas.
72. En los últimos meses de esta etapa, se ha conformado un sitio en la página web institucional de acceso público, en el cual se visualizan los resultados de abundancias relativas de cada período, una vez que se ha completado la estimación de la abundancia relativa de los taxones nocivos de toda el área de estudio.

Objetivo específico 7

7.11. Sistema de Información Geográfico

73. El sistema de información geográfico, ordena la base de datos generada, y permite acceder en forma expedita a la información generada por este programa de monitoreo, segregando cualquiera de las variables consideradas y ponderando simultáneamente las variables temporal y espacial, además de disponer de otros antecedentes de calificación del sitio de muestreo y de las variables en cuestión.
74. La experiencia ha mostrado que la presentación de la información en este sistema constituye una herramienta expedita para representar las variaciones espacio temporales de la abundancia relativa de *Alexandrium catenella*, según los requerimientos asociados al reglamento de plagas.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acha, E., H. Mianzan, R. Guerrero, M. Favero y J. Bava. 2004. Marine fronts at the continental shelves of austral South America: Physical and ecological processes. *Journal of Marine Systems* 44: 83-205.

Álvarez, G., E. Uribe, A. Vidal, P. Avalos, F. González, C. Mariño & J. Blanco. 2009a. Paralytic shellfish toxins in *Argopecten purpuratus* and *Semimytilus algosus* from Northern Chile. *Aquat. Living Resour.* 22: 1-7.

Álvarez, G., E. Uribe, S. Quijano-Scheggia, A. López-Rivera, C. Mariño & J. Blanco. 2009b. Domoic acid production by *Pseudo-nitzschia australis* and *Pseudo-nitzschia calliantha* isolated from North Chile. *Harmful Algae* 8: 938-945.

Álvarez, G., Uribe, E., Ávalos, P., Mariño, C. & Blanco, J. 2010. First identification of azaspiracid and spirolides in *Mesodesma donacium* and *Mulinia edulis* from Northern Chile. *Toxicon* 55: 638-641.

Alves de Souza, C., M. T. González y J. L. Iriarte. 2008. Functional groups in marine phytoplankton assemblages dominated by diatoms in fjords of southern Chile. *J. Plankton Res.* 30(11):1233-1243.

Andersen, P., H. Enevoldsen & D. Anderson. 2003. Harmful algal monitoring programme and action plan design. In: *Manual on Harmful Marine Microalgae*. H.M. Hallegraeff, D.M. Anderson & A.D. Cembella (editors). UNESCO Publishing. Second edition, pp. 627-648.

Anderson, D. 1989. Toxic algal blooms and red tides: a global perspective. In: *Red Tides, Biology, Environmental Science, and Toxicology* (T. Okaichi, Anderson, D.M., and Nemoto, T., Eds.). New York. Elsevier Science Publishers, pp. 11-16.

Anderson, D.M., P. Anderson, V.M. Bricelj, J.J. Cullen and J.E. Rensel. 2001. Monitoring and Management Strategies for Harmful Algal Blooms in coastal Waters, APEC #201-mr-01.1, Asia Pacific Economic Program, Singapore, and Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series N° 59, Paris.

Anderson, D. 2004. Prevention, Control and Mitigation of Harmful Algal Blooms: Multiple Approaches to HAB Management. In: *Harmful Algae Management and Mitigation*. Hall, S., Etheridge, S., Anderson, D., Kleindinst, J., Zhu, M and Zou, Y. (Eds). Asia-Pacific Economic Cooperation (Singapore): APEC Publication #204-MR-04.2, pp. 123-130.

Anderson, D. M. 2009. Approaches to monitoring, control and management of harmful algal blooms (HABs). *Ocean & Coastal Management*. 52: 342-347.



Antezana, T. 1999a. Hydrographic features of Magellan and Fuegian inland passages and adjacent subantarctic waters. *Sci. Mar.* 63 (suppl 1): 23-34.

Antezana, T. 1999b. Plankton of southern Chilean fjords: trends and linkages. *Sci. Mar.* 63 (suppl 1): 69-80.

Antezana, T. & M. Hamamé. 1999. Short-term changes in the plankton of a highly homogeneous basin of the Strait of Magellan (Paso Ancho) during spring 1994. *Sci. Mar.* 63 (suppl 1): 59-67.

Antezana, T., A. Giraldo & M. Hamamé. 2002. Clorofila y alimentación del zooplancton fraccionado por tamaño, en subcuencas del sistema de canales magallánicos y fueguinos durante las primavera de 1998. *Cienc. Tecn. del Mar.* 25(1): 109-130.

AOAC 1990. Paralytic Shellfish Poison. Biological method. Final action. In: *Official Method of Analysis*. Hellrich, K. (ed.). Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Arlington, Virginia, USA, 15th Edition, pp. 881-882, Sec 959.08..

Avaria, S. 1965. Diatomeas y silicoflagelados de la Bahía de Valparaíso. *Rev. Biol. Mar. Valparaíso.* 12(2): 61-119.

Avaria, S. 1992. Marea roja: perspectiva científica. *Revista de Sanidad de la Defensa Nacional* 9: 92-99.

Avaria, S., D. Cassis, P. Muñoz y P. Vera. 1997. Distribución del microfitoplancton marino en aguas interiores del Sur de Chile en octubre de 1995. (Crucero Cimar-Fiordo 1). *Cienc. Tecnol. Mar.* 20: 107-123.

Avaria, S., L. Jorquera, P. Muñoz, P. Vera. 1999. Distribución del microfitoplancton marino en la zona de aguas interiores comprendida entre el Golfo de Penas y el Estrecho de Magallanes, Chile, en la primavera de 1996 (Crucero Cimar-Fiordo 2). *Cienc. Tecnol. Mar.* 22: 81-110.

Avaria, S., C. Cáceres, P. Castillo & P. Muñoz. 2003. Distribución del fitoplancton marino en la zona estrecho de Magallanes-Cabo de Hornos, Chile, en primavera de 1998. *Cienc. Tecn. del Mar.* 26(2): 79-96.

Avaria, S., C. Cáceres y P. Muñoz. 2004. Distribución del microfitoplancton entre el Golfo de Corcovado y el Estero Elefantes en la primavera de 1998 y en el verano de 1999. *Cienc. Tecn. del Mar.* 27(1): 17-47.

Avaria, S. 2006. Fitoplancton de fiordos y canales australes. En: Silva, N. & S. Avaria (Eds.) *Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a Cabo de*



Hornos. Comité Oceanográfico Internacional – Pontificia Universidad católica de Valparaíso, Valparaíso. pp 89-92.

Avaria, S., M. Valenzuela, y P. Muñoz. 2006. Composición, distribución y biomasa del microfitoplancton de la zona de Puerto Montt – Boca del Guafo en Invierno y Primavera de 2005. En: Crucero CIMAR 11 Fiordos. Informes Preliminares. Comité Oceanográfico Nacional. pp 97-110.

Aune, T., Sorby, R., Yasumoto, T., Ramstad, H. and Landsverk, T. 2002. Comparison of oral and intraperitoneal toxicity of yessotoxin towards mice. *Toxicon* 40:77-82.

Balbontín, F. & R. Bernal. 2005. Cambios estacionales en la composición y abundancia del ictioplancton de los canales australes entre el Golfo de Corcovado y estero Elefantes. *Cienc. Tecn. del Mar*. 28(1): 99-111.

Balech, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr. N°1. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid. 310 pp.

Balech, E. 1995. The genus *Alexandrium* Halim (Dinoflagellata), Sherkin Island Marine Station, Special Publication. Cork. Ireland. 151 pp.

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

Bates, C. 2008. Multivariate analysis of community structure data. Bamfield Marine Science Centre. www.zoology.ubc.ca/~srivast/biol404/Eco%20Methods%20multivariate.ppt

Bernal, R. y F. Balbontín. 2003. Distribución y abundancia de las larvas de peces desde el Estrecho de Magallanes hasta Cabo de Hornos, Chile. *Cienc. Tecn. del Mar*. 26(1): 85-92.

Bilbao, M., S. Palma y N. Rozbaczylo. 2009. First record of pelagic polychaetes in southern Chile (Boca del Guafo-Elefantes Channel). *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 36(1): 129-135.

Blanco, J., G. Álvarez y E. Uribe. 2007. Identification of pectenotoxins in plankton, filter feeders, and isolated cells of *Dinophysis acuminata* with an atypical toxin profiles, from Chile. *Toxicon*. 49 (5): 710-716.

Boesch, D.F., D.M. Anderson, R.A. Horner, S.E. Shumway, P.A. Tester y T.E. Whitledge. 1997. Harmful Algal Blooms in Coastal Waters: Options for Prevention, Control and Mitigation. Science for Solutions. NOAA Coastal Ocean Program, Decision Analysis Series N° 10, Special Joint Report with the National Fish and Wildlife Foundation.



Braña-Magdalena, A., Lehanea, M., Krysb, S., Fernández, M. L., Furey, A. y James, K. 2003. The first identification of azaspiracids in shellfish from France and Spain. *Toxicon* 42:105-108.

Bricelj, M., & S.P. MacQuarrie. 2003. Intrinsic factors influencing the accumulation of PSP toxins in bivalve molluscs. In: *Molluscan Shellfish Safety*. A. Villalba, B. Reguera, J.L. Romalde & R. Beiras (Eds.), pp.121-126.

Bustos, C., M. Landaeta y F. Balbontín. 2008. Spawning and early nursery areas of anchoveta *Engraulin ringens* Jenyns, 1842 in fjords of southern Chile. *Rev. Biol. Mar. y Ocean.* 43(2): 381-389.

Butorovic, N. 2009. Resumen meteorológico año 2008. Estación "Jorge C. Schythe". *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 2009. 37(1):133-140.

Cáceres, M., A. Valle-Levinson, H. Sepúlveda y K. Holderied. 2002. Transverse variability of flow and density in a Chilean fjord. *Continental Shelf Research*. 22: 1683-1698.

Cáceres, M., A. Valle-Levinson, J. Fierro, M. Bello y M. Castillo. 2007. Características del flujo residual en canales Pulluche y Chacabuco. *Cienc. Tecn. del Mar*. 30(2): 17-36.

Campos, B. & P. Díaz. 2007. Distribución y abundancia de larvas de moluscos gastrópodos y bivalvos en fiordos y canales del sur de Chile. *Cienc. Tecn. del Mar*. 30(1): 115-132.

Camus, P. 2001. Biogeografía marina de Chile continental. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 74: 587-617.

Carr, M. R. 1997. PRIMER user manual. Plymouth routines in multivariate ecological research. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, United Kingdom. 36 pp.

Cassis, D. P. Muñoz y S. Avaria. 2002. Variación temporal del fitoplancton entre 1993 y 1998 en una estación fija del Seno de Aysén, Chile (45°26'S 73°00'W). *Rev. Biol. Mar. y Ocean.* 37(1): 43-65.

Cembella, A. D., Bauder, A.G., Lewis, N.I. & Quilliam, M. 2001. Association of the gonyaulacoid dinoflagellate *Alexandrium ostenfeldii* with spirolide toxins in size-fractionated plankton. *J. Plankton. Res.* 23:1413-1419.

Clarke, K.R. & R.N. Gorley. 2006. PRIMER User Manual Tutorial Version 6. PRIMER-E Ltd. Plymouth. United Kingdom.

Clarke, R. K., P. J. Somerfield & R. N. Gorley. 2008. Testing of null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environment linkage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 366 (1-2): 56-69.

Clément, A & L. Guzmán. 1989. Red tides in Chilean Fjords. In: *Red Tides: Biology, Environmental Science and Toxicology*. T. Okaichi, D. Anderson and T. Nemoto (Eds) Elsevier N. Y, p.119-122.



COI. 2005. Informes de reuniones de trabajo N° XXXIII. Sede UNESCO Paris, Francia. 20-28 de Junio de 2005.

Córdova, G. & F Balbontín. 2006. Distribución espacial de la abundancia y de la talla de ocho tipos de larvas de peces entre la boca del Guafo y bahía Anna Pink, zona austral de Chile. Cienc. Tecn. del Mar. 29(1): 153-161.

Dávila, P. D. Figueroa y E. Müller. 2002. Freshwater input into the coastal ocean and its relation with the salinity distribution off austral Chile (35°-55° S). Continental Shelf Research 22: 521-534.

Deeds, J.D., Landsberg, J.H., Etheridge, S.M., Pitcher, G.P. & Watt Longan, S. 2008. Non-Traditional Vectors for Paralytic Shellfish Poisoning. Mar. Drugs 6: 308-348. www.mdpi.org/marinedrugs.

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 (plaga (FAN), riesgo, libre) y su aplicación teórica. Informe Final Proyecto FIP N° 2008/32. 124 pp. + Anexos y Figuras

Dodge, J.D. 1985. Marine dinoflagellates of the British Isles. London: Her Britannic Majesty's Stationery Office. 303 pp.

Draisci, R., Ferretti, E., Palleschi, L., Marchiafava, C., Poletti, R., Milandri, A., Ceredi, A., Pompei, M., 1999. High levels of yessotoxin in mussels and presence of yessotoxin and homoyessotoxin in dinoflagellates of the Adriatic Sea. Toxicon 37(8), 1187-1193.

Escribano, R., M. Fernández y A. Aranís. 2003. Procesos físico-químicos y patrones de diversidad de ecosistemas marinos chilenos pelágicos y bentónicos: una revisión. Gayana 67(2): 190-205.

Espinoza, C. 2009. Portable Geographic Information System of "Red Tide" (GISRETI) as an Aid in the Analysis of Data and Decision-Making. 24th International Cartographic Conference. Santiago – Chile.

Fernández, M. L., Reguera, B., Ramilo, I. and Martínez, A. 2001. Toxin content of *Dinophysis acuminata*, *D. acuta* and *D. caudata* from the Galician Rías Baixas. In: Hallegraeff, G. M., Blackburn, S. I., Bolch, C. J. and Lewis, R. J. (Eds.), Harmful Algal Blooms. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 360-363.

Fernández, R. & A. Tocornal, 2000. Marea roja, desafío para la salud pública. En: II Seminario-Taller de floraciones de algas nocivas: enfoque interdisciplinario e intersectorial en la búsqueda del desarrollo humano. Punta Arenas, Chile, 9-10 noviembre. Disco Compacto de Resúmenes y Presentaciones



Fernández-Puente, P., Fidalgo Sáez, M. J., Hamilton, B., Furey, A. & James, K. J. 2004. Studies of polyether toxins in the marine phytoplankton, *Dinophysis acuta*, in Ireland using multiple tandem mass spectrometry. *Toxicon* 44:919-926.

Fierro, J., Castillo M. y Valenzuela C. 2003. Propagación de la onda de marea en canales adyacentes a Campos de Hielo Sur. *Cienc. Tecn. del Mar.* 26(1): 5-14.

Franco, J. M., Paz, B., Riobo, P., Pizarro, G., Figueroa, R., Fraga, S. and Bravo, I. 2006. First report of the production of spirolids by *Alexandrium peruvianum* (Dinophyceae) from the Mediterranean Sea. Programme and Abstracts of the XII International Conference on Harmful Algae. ISSHA p. 174. Available at: www.bi.ku.dk/hab/docs/P&A_Book.pdf,

Franks, P.J.S. & D.M. Anderson. 1992. Alongshore transport of a toxic phytoplankton blooms in a buoyancy current: *Alexandrium tamarense* in the Gulf of Maine. *Marine Biology* 112: 153-164.

Fuica, N., X. Rojas, A. Clément, V. Bittner, M. T. Silva y C. Uribe. 2007. Ocurrencia e impacto de las FANs en la Salmonicultura en el Sur de Chile: Análisis del Programa de Monitoreo de INTESAL de SalmonChile. *Salmociencia* 2: 62-71.

Galea, H. 2007. Hydroids and hydromedusae (Cnidaria: Hydrozoa) from the fjords region of southern Chile. *Zootaxa* 1597.

García, C., D- Truan, M. Lagos, J.P. Santelices, J.P. Díaz & N. Lagos. 2005. Metabolic transformation of dinophysistoxins-3 into dinophysistoxins-1 causes human intoxication by consumption of ω -acyl-derivatives dinophysistoxins contaminated shellfish. *Journal of Toxicological Sciences*. 30 (4): 287-296

GEOHAB, 2001. Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms, Science Plan. P. Gilbert and G. Pitcher (eds). SCOR and IOC, Baltimore and Paris, 86 pp.

GEOHAB, 2003. Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms, Implementation Plan. P. Gentien, G. Pitcher, A. Cembella, P. Gilbert (eds). SCOR and IOC, Baltimore and Paris, 36 pp.

GEOHAB, 2010. Global Ecology and oceanography of harmful algal blooms, GEOHAB Core Research Project: HABs in Fjords and Coastal Embayments. A Cembella, L. Guzmán, S. Roy, J. Diogène (Eds.), IOC and SCOR, Paris, France and Newark, Delaware USA, 57 pp.

George, K. 1999. Sublittoral and bathyal Harpacticoidea (Crustacea: Copepoda) of the Magellan region. Composition, distribution and species diversity of selected major taxa. *Sci. Mar.* 69 (suppl 2): 147-158.

Goto, H., Igarashi, T., Watai, M., Yasumoto, T., Gomez, O.V., Lembeye, G.S, Noren, E., Gisselson, L.A., Graneli, E., 2000. Worldwide occurrence of pectenotoxins and yessotoxins in



shellfish and phytoplankton. In: Hallegraeff, G. (ed.) 9th International Conference on Harmful Algal Blooms (Conference Abstracts). 7-11 February 2000, Hobart, Tasmania, Australia. 20 pp.

Guzmán, L. 1969. Contribución a la sistemática de los dinoflagelados tecados de la Bahía de Valparaíso. Tesis para optar el título de Biólogo Marino, Área de Matemáticas y ciencias naturales, Universidad de Chile. Valparaíso.

Guzmán, L., G. Pizarro, J.C. Uribe., O. Oyarzo, R. Victoriano, E. Barticevic, C. Alarcón, S. Cuevas, A. Atalah, V. Chacón & M. Santana. 1999. Difusión Programa Marea Roja en la XII Región de Magallanes y Antártica Chilena, Segunda Etapa. Tomos I, II, III, IV. 176 pp. + figuras+ anexos.

Guzmán, D. & N. Silva. 2002. Caracterización física y química y masas de agua en los canales australes de Chile la boca del Guafo y Golfo Elefantes (Crucero CIMAR-FIORDO 4). Cienc. Tecn. del Mar. 25(2): 45-76.

Guzmán, L., G. Pizarro, R. Igor, A. Atalah, O. Oyarzo, E. Barticevic, C. Alarcón, J. Foppiano, N. Butorovic, E. Almonacid & M. Ruiz. 2000. Difusión Programa Marea Roja en la XII Región de Magallanes y Antártica Chilena, Cuarta Etapa. Tomos I, II, III, IV. 274 pp. + figuras + fotografías + anexos.

Guzmán L, Pacheco H, Pizarro G & Alarcón C. 2002. *Alexandrium catenella* y veneno paralizante de los mariscos en Chile. In Floraciones algales nocivas en el Cono Sur Americano: E. Sar, M. Ferrario y B. Reguera (eds), Instituto Español de Oceanografía. Cap. 11. págs. 235-256.

Guzmán, L, Pacheco H, Alarcón C, Pizarro G. 2002. Status of harmful species *Alexandrium ostenfeldii* and *Dinophysis acuta* in the Magellan Region, Chile. Abstracts 4th Int. Conf. Molluscan Shellfish Safety, Santiago de Compostela, Spain, 2002, p. 64.

Guzmán, L., Garcia, F., Zunino, S., Atalah, A., Almonacid, E., Rivera, R., Pacheco, H., Quiroz, S., Alarcón, C., Banciella, M.I. & Pizarro, G. 2004. Adaptive training and information dissemination strategy to communities affected by PSP outbreaks in Southern Chile. Harmful Algae Management and Mitigation. Hall, S., Etheridge, S., Anderson, D., Kleindinst, J., Zhu, M & Zou, Y. (Eds). Asia-Pacific Economic Cooperation (Singapore). APEC Publication #204-MR-04.2.

Guzmán, L., G. Vidal, X. Vivanco, M. Palma, C. Espinoza, P. Mejías, R. Ulloa, L. Iriarte, V. Arenas, S. Mercado, E. Fernández-Niño, J. Monsalve, C. Alarcón, P. Salgado, N. Butorovic, P. Hinojosa & C. Zamora. 2007. Manejo y Monitoreo de las mareas rojas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Informe Final. Período 2006 – 2007. 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. Informe Final. 146p. + Figuras + Tablas + Anexos. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción- Subsecretaría de Pesca.

Hallegraeff, G.M. 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia* 32: 79-99.

Hallegraeff, G.M. 1995. Harmful algal blooms: A global overview. In *Manual on Harmful Marine Microalgae* (Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M. & A.D. Cembella Eds.). IOC Manual and Guides N° 33. UNESCO1995. pp. 1-22.

Hallegraeff, G.M., Marshall, J.A., Valentine, J.P. & Hardiman, S. 1998. Short cyst-dormancy period of an Australian isolate of the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella*. *Mar. Freshwater Res.* 49:415-420.

Hammer, O., D.A.T Harper y P.D. Ryan. 2007. Manual Paleontological Statistical Package, PaST. folk.uio.no/ohammer/past/past.pdf

Hendey, I.N. 1964. Bacillariophyceae (Diatoms) In: An Introductory account of the smaller algae of British Coastal waters. Part V London H.M.S.O., Fishery Investigations Series IV. 317 pp.

Hermosilla, J.G. 1973. Contribución al conocimiento sistemático de los dinoflagelados de la bahía de Concepción, Chile. *Gayana (Zoología)*, 24:1-149.

Holland, S., 2008. Non-Metric Multidimensional Scaling. Departament of Geology, University of Georgia. Athens, GA. 30602-2501.
www.uga.edu/~strata/software/pdf/mdsTutorial.pdf

Hosoi-Tanabe, S. and Y. Sako. 2004. Rapid detection of natural cells of *Alexandrium tamarense* and *A. catenella* (Dinophyceae) by fluorescence in situ hybridization. *Harmful Algae*; 4: 319-328.

Hosoi-Tanabe, S. and Y. Sako. 2005. Rapid detection of natural cells of *Alexandrium tamarense* and *A. catenella* (Dinophyceae) by fluorescence in situ hybridization. *Harmful Algae* 4: 319-328.

Hosoi-Tanabe, S. and Y. Sako. 2006. Development and application of fluorescence *in situ* hybridization (FISH) method for simple and rapid identification of the toxic dinoflagellates *Alexandrium catenella* in cultured and natural seawater. *Fisheries Science*; 72: 77-82.

Hu, T., Curtis, J.M., Oshima, Y., Quilliam, M.A., Walter, J.A., Watson- Wright, W.M., Wright, J.L.C., 1995. Spirolides B and D, two novel macrocycles isolated from the digestive glands of shellfish. *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 20, 2159-2161.

IFOP, 2009. Boletín de Exportaciones Pesqueras de Chile, Rubro Congelados. Año 10, N° 12.



- Iriarte, J.L., H. González, K. Liu, C. Rivas y C. Valenzuela. 2007.** Spatial and temporal variability of chlorophyll and primary productivity in surface waters of southern Chile (41,5°-43° S). *Estuarine, Coastal and Shelf Sci.* 74:471-480.
- James, K. J., Furey, A., Lehane, M., Ramstad, H., Aune, T., Hovgaard, P., Morris, S., Higman, W., Satake, M. and Yasumoto, T. 2002.** First evidence of an extensive Northern European distribution of Azaspiracid Poisoning (AZP) toxins in shellfish. *Toxicon* 40:909-915.
- Jonson, I., Osmakov, R., Evans, D., Murtagh, y T. Moore, R. 2006.** Manual de usuario de Vsn 2.2 de TimeMap TMJava. Arqueológicos Informática Laboratory, the Universidad de Sydney.
- Kooistra, W. H. C. F., D. Sarno, S. Balzano, H. Gu, R. A. Andersen y A. Zingone. 2008.** Global diversity and diogeography of *Skeletonema* species (Bacillariophyta). *Protist* 159: 177—193.
- Krock, B., C.G. Seguel, K. Valderrama & U. Tillmann. 2009a.** Pectenotoxins and yessotoxin from Arica Bay, North Chile as determined by tandem mass spectrometry. *Toxicon* 54: 364-367.
- Krock, B., Tillmann, U., John, U., Cembella, A.D. 2009b.** Characterization of azaspiracids in plankton size-fractions and isolation of an azaspiracidproducing dinoflagellate from the North Sea. *Harmful Algae* 8, 254–263.
- Landaeta, M. & L. Castro. 2006.** Variabilidad estacional de los patrones espaciales de las asociaciones ictioplantónicas de la zona de los fiordos de Chile austral. *Cienc. Tecn. del Mar.* 29(2): 107-127.
- Lembeye, G. 1981.** Segunda Aparicion del Veneno Paralítico de los Mariscos (VPM) asociado a la presencia de *Gonyaulax catenella*, en Magallanes (Chile). 1981. *Ans. Inst. Pat.* 12: 273-276.
- Lembeye, G., Yasumoto, Y., Zhao, J. & Fernández, R. 1993.** DSP outbreak in Chilean fiords. In: Smayda, T. J. & Shimizu, Y. (Eds.), *Toxic phytoplankton blooms in the sea*. Elsevier, Amsterdam, pp. 525-529.
- Lembeye, G., C Molinet, N. Marcos, A. Sfeir, A. Clement & X. Rojas. 1997.** Monitoreo de la Marea Roja en las aguas interiores de la X y XI regiones. Informe Final Proyecto FIP 95/23b. Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Chile. 62 pp.
- Lilly, L. 2007.** Species boundaries and global biogeography of the *Alexandrium tamarens* complex (Dinophyceae). *J. Phycol.* 43, 1329-1338.
- Lindahl, O. 1998.** Occurrence and Monitoring of harmful algae in the marine environment. In: Miraglia, M., Van Egmond, H., Brera, C. & J. Gilbert, (eds.) 1998. *Mycotoxins and phycotoxins – developments in chemistry, toxicology and food safety*. Proceedings of the IX International IUPAC Symposium on Mycotoxins and Phycotoxins. Fort Collins, Colorado, Alaken Press, pp. 409-423.



López-Rivera, A., O'Callaghan, K., Moriarty, M., O'Driscoll, D., Hamilton B., Lehane, M., James, K.J. & Furey, A. 2008. First evidence of azaspiracids (AZAs): A family of lipophilic polyether marine toxins in scallops (*Argopecten purpuratus*) and mussels (*Mytilus chilensis*) collected in two regions of Chile. Toxicon (in press).



Mackenzie, L., P. Truman, M. Satake, T. Yasumoto, J. Adamson, D. Mounfort & D. White. 1998. Dinoflagellate blooms and associated DSP-toxicity in shellfish in New Zealand. In: Harmful Algae. Reguera, B. Blanco, J. Fernández, M. L. & T Wyatt (eds.). Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp 74-77.

MacKenzie, L., Beuzenberg, V., Holland, P., McNabb, P., Suzuki, T. and Selwood, A. 2005. Pectenotoxin and okadaic acid-based toxin profiles in *Dinophysis acuta* and *Dinophysis acuminata* from New Zealand. Harmful Algae 4:75-85.

Margalef, R., M. Estrada & D. Blasco. 1979. Functional morphology of organisms involved in red tides, as adapted to decaying turbulence. In: D.L. Taylor and H.H. Seliger (eds.), Toxic Dinoflagellate Blooms, Elsevier North Holland, N.Y. pp. 89-94.

Marín, V. & L. Delgado. 2003. La taxocenosis de copépodos en los canales magallánicos: un patrón anidado. Cienc. Tecn. del Mar. 24: 81-89.

Marín, V. & L. Delgado. 2009. Diversidad y distribución espacial de copépodos superficiales (0-10 m) en la zona costera del mar interior de Chiloé (CIMAR-FIORDO 10). Cienc. Tecn. del Mar. 32(1): 95-100.

Matsuoka, K. & Y. Fukuyo. 2000. Technical Guide for Modern Dinoflagellate Cyst Study. WESTPAC-HAB/WESTPAC/IOC. 77 pp.

Miles, C. O., Wilkins, A. L., Munday, R., Dines, M. H., Hawkes, A. D., Briggs, L. R., Sandvik, M., Jensen, D. J., Cooney, J. M., Holland, P. T., Quilliam, M. A., MacKenzie, A. L. and Beuzenberg, V. 2004. Isolation of pectenotoxin-2 from *Dinophysis acuta* and its conversion to pectenotoxin-2 seco acid, and preliminary assessment of their acute toxicities. Toxicon 43:1-9.

Molinet, C., A. Lafon, G Lembeye y C. Moreno. 2003. Patrones de distribución espacial y temporal de floraciones de *Alexandrium catenella* (Whedom & Kofoed) Balech 1985, en aguas interiores de la Patagonia Noroccidental de Chile. Rev. Chil. Hist. Nat. 76: 681-698.

Montesino, V., A. Paredes, M. Manley, R. Astoreca, P. Uribe, G. Alarcón, G. Pizarro y L. Guzmán et al. 2006. Gradientes de productividad primaria, clorofila-a y composición por tamaños del fitoplancton en canales occidentales de Aysén en noviembre de 2002. Cienc. Tecn. del Mar. 29(2): 65-85.

Mujica, A. & M. Medina. 2000. Distribución y abundancia de las larvas de crustáceos decápodos en el zooplancton de los canales australes. Proyecto CIMAR-FIORDO 2. Cienc. Tecn. del Mar. 23: 49-68.

Mujica A. & R. Villablanca. 2003. Larvas de crustáceos decápodos en fiordos y canales magallánicos. Cienc. Tecn. del Mar. 26(1): 73-83.



Muñoz, P. & S. Avaria. 1980. Estudios taxon3micos de los dinoflagelados tecados de la Bahía de Valparaíso. Género *Ceratium*. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 17(1): 1-58.

Pagès, F. & C. Orejas. 1999. Medusae, siphophores and ctenophores of the Magellan region. Sci. Mar. 63 (suppl 1): 51-57.

Palma, S. & G. Aravena. 2001. Distribuci3n de quetognatos, eufáusidos y sifon3foros en la regi3n magallánica. Cienc. Tecn. del Mar. 24: 47-59.

Palma, S. & G. Aravena. 2002. Distribuci3n estacional y vertical de los quetognatos capturados entre el Golfo de Corcovado y estero Elefantes. Cienc. Tecn. del Mar. 25(2): 87-104.

Palma, S. & N. Silva. 2004. Distribution of siphonophores, chaetognathes, euphausiids and oceanographic conditions in the fjords and channels of southern Chile. Deep-Sea Res. II. 51: 513-535.

Palma, S. 2006. Distribuci3n y abundancia de zooplankton en canales y fiordos australes. En: Silva N. & S. Palma (eds). Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a Cabo de Hornos. CONA-PUCV, 162 pp.

Palma, S., P. Apablaza y N. Silva. 2007a. Hydromedusae (Cnidaria) of the Chilean southern channel (from the Corcovado Gulf to the Pulluche-Chacabuco channels). Sci. Mar. 71 (1): 65-74.

Palma, S., P. Apablaza y D. Soto. 2007b. Diversity and aggregation areas of planktonic cnidarians of the southern channels of Chile (Boca del Guafo to Pulluche Channel). Invest. Mar., Valparaíso. 35(2): 71-82.

Paz, B., R. Riob3, M.L. Fern3ndez, S. Fraga & J.M. Franco. 2004. Production and release to medium of yessotoxin by cultures of *Protoceratium reticulatum* and *Lingulodinium polyedrum* Toxicon 44: 251 – 258.

Paz, B., R. Riob3, I. Ramilo & J.M. Franco. 2007. Yessotoxins profile in strains of *Protoceratium reticulatum* from Spain and USA. Toxicon 50 : 1 – 17.

Pizarro, G., J.L. Iriarte, V. Montesino, J.L. Blanco y L. Guzm3n. 2000. Distribuci3n de la biomasa fitoplanct3nica y productividad primaria m3xima de fiordos y canales australes (47°-50° S) en octubre de 1996. Cienc. Tecn. del Mar. 23: 25-48.

Pizarro, G., R. Astoreca, V. Montesino, A. Paredes, G. Alarc3n, P. Uribe y L. Guzm3n. 2005a. Patrones espaciales de la abundancia de clorofila, su relaci3n con la productividad primaria y la estructura de tamaños del fitoplancton en julio y noviembre de 2001 en la regi3n de Ays3n (43° -46° S). Cienc. Tecn. del Mar. 28(2): 27-42.



Pizarro G., V. Montesino, L. Guzmán, V. Muñoz, V. Chacón, H. Pacheco, M. Frangópulos, L. Retamal y C. Alarcón. 2005b. Patrones locales recurrentes del fitoplancton en fiordos y canales australes (43° -56° S) en primavera y verano. *Cienc. Tecn. del Mar.* 28(2): 63-83.

Pizarro, G., Alarcón, C., Franco, J.M., Palma, M, Escalera, K, Reguera, B, Vidal, G. & Guzmán, L. 2006. Distribución espacial de *Dinophysis* spp. y detección de toxinas DSP en el agua mediante resinas diaion (verano 2006, región de Los Lagos, Chile). Taller de resultados campaña CIMARR 11, SHOA. Octubre de 2006. Libro de resúmenes.

Prado-Fiedler, R. 2009. Winter and summer distribution of dissolved oxygen, pH and nutrients at the heads of fjords in Chilean Patagonia with possible phosphorus limitation. *Rev. Biol. Mar. y Ocean.* 44(3): 783-789.

Quilliam, M.A. and Wright, J.L.C. 1995. Methods for diarrhetic shellfish poisons. Ch. 6. In: Manual on Harmful Marine Microalgae. G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson, and A.D. Cembella (Eds.), p. 95-111. IOC Manuals and Guides No. 33. UNESCO, Paris.

Quilliam, M. 2004. Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (LC-MS): A Universal Method for the analysis of toxins? In: Harmful Algae Management and Mitigation, 2004. Hall, S., Etheridge, S., Anderson, D., Kleindinst, J., Zhu, M and Zou, Y. (Eds). Asia-Pacific Economic Cooperation (Singapore): APEC Publication #204-MR-04.2, pp. 171 – 173.

Ramírez, B. 2005. Distribución vertical de la clorofila en los fiordos australes ubicados entre el Estrecho de Magallanes y Cabo de Hornos, Chile. *Cienc. Tecn. del Mar.* 28(2): 43-61.

Ramírez, B. & E. Pizarro. 2005. Distribución de la clorofila-a y feopigmentos en los canales australes chilenos comprendidos entre Puerto Montt y laguna San Rafael, Chile. *Cienc. Tecn. del Mar.* 28(1): 45-62.

Reguera, B., 2002. Establecimiento de un Programa de Seguimiento de Microalgas Tóxicas. En Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur America. Eugenia A. Sar., Martha E. Ferrario y Beatriz Reguera (Eds.). Instituto Español de Oceanografía. pp. 21-54.

Reynolds C. S., V. Huszar, C. Kruk, L. Naselli-Flores y S. Melo (2002). Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *J. Plankton Res.* 24(5): 417–428.

Rhodes, L., McNabb, P., de Salas, M., Briggs, L., Beuzenberg, V. & Gladstone, M. 2006. Yessotoxin production by *Gonyaulax spinifera*. *Harmful Algae* 5:148-155.

Rines, J.E.B. & P.E. Hargraves. 1988. The *Chacetoceros* Ehrenberg (Bacillariophyceae) flora of Narragansett Bay, Rhode Island, U.S.A. *Bibliotheca Phycologica*. Gebrüder Borntraeger, Berlin. 196 pp.



Rivera, P. 1969. Sinopsis de las diatomeas de la Bahía de Concepción, Chile. Gayana Botánica 18: 1 – 111.

Romero, O. 1994. Variaci3n morfol3gica de *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve (Bacillariophyceae) en el fiordo Aysén, Chile. Rev. Biol. Mar. 29(1): 1-21.

Rosemberg, P. & S. Palma. 2003. Cladóceros de los fiordos y canels patag3nicos localizados entre Golfo de Penas y el Estrecho de Magallanes. Invest. Mar. 31(1): 15-24.

Salinas, S. & S. Hormazábal. 2004. Capacidad de transporte de la constricci3n de Meninea para un flujo de dos capas y el efecto de la corriente de marea. Cienc. Tecn. del Mar. 27(1): 5-15.

Sarno, D., W. H. C. F. Kooistra, L. K. Medlin, I. Percopo y A. Zingone. 2005. Diversity in the genus *Skeletonema* (Bacillariophyceae). II. An assessment of the taxonomy of *S. costatum*-like species with the description of four new species. J. Phycol. 41: 151–176

Sarno, D., W. H. C. F. Kooistra, S. Balzano, P. E. Hargraves y A. Zingone. 2007. Diversity in the genus *Skeletonema* (Bacillariophyceae). III. Phylogenetic position and morphological variability of *Skeletonema costatum* and *Skeletonema grevillei*, with the description of *Skeletonema ardens* sp. nov. J. Phycol. 43: 156–170

Satake, M., L. Mackenzie & T Yasumoto. 1997. Identification of *Protoceratium reticulatum* as the biogenetic origin of yessotoxin. Nat. Toxins. 5 : 164-167.

Satake, M., T. Ichimura, K. Sekiguchu, S. Yoshimatsu & Y. Oshima. 1999. Confirmation of yessotoxin and 45,46,47-trinoryessotoxin production by *Protoceratium reticulatum* collected in Japan. Nat. Toxins. 7 : 147-150.

Scholin, C.A., Herzog, M., Sogin, M., Anderson, D.M. 1994. Identification of group and strain-specific genetic markers for globally distributed *Alexandrium* (Dinophyceae). II. Sequences analysis of a fragment of the LSU rRNA gene. J. Phycol. 30, 999-1011.

Seguel, M. A. Sfeir & M. Gangas. 2006. Distribuci3n de quistes de *Alexandrium catenella* y *Protoceratium reticulatum* (Dinoflagelados) en sedimentos provenientes de la regi3n de Los Lagos (41° 25' – 43° 08' Lat. S). En Crucero CIMAR 11 Fiordos. Informes Preliminares. Comit3 Oceanogr3fico Nacional, pp. 51-57.

Sepúlveda J., S. Pantoja, K. Hughen, S. Bertrand, D. Figueroa, T. La3n, N. Drenzek y C. Lange (2009): Late Holocene sea-surface temperature and precipitation variability in northern Patagonia, Chile (Jacaf Fjord, 44°S). Quaternary Research 72: 400-409.

Sernapesca. 2008. Anuario Estadístico de Pesca



Sernatur. 2008. Turismo. Informe Anual 2007.

Sievers, H., C. Calvete & N. Silva. 2002. Distribución de características físicas, masas de agua y circulación general para algunos canales australes entre Golfo de Penas y el Estrecho de Magallanes (CIMAR-FIORDO 2). *Cienc. Tecn. del Mar.* 25(2): 17-43.

Sievers, H. & N. Silva. 2006. Masas de agua y circulación en los canales y fiordos australes. En: Silva N. & S. Palma (eds). *Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a Cabo de Hornos.* CONA-PUCV, 162 pp.

Silva, N. & R. Prego. 2002. Carbon and nitrogen spatial segregation and stoichiometry in the surface sediments of southern Chilean inlets (41°-56° S). *Est. Coast. and Shelf Sci.* 55:763-775.

Silva, N. & C. Calvete. 2002. Características oceanográficas físicas y químicas de canales australes chilenos entre el Golfo de Penas y el Estrecho de Magallanes (Crucero CIMAR-FIORDO 2). *Cienc. Tecn. del Mar.* 25(1): 23-88.

Silva, N. & D. Guzmán, 2006. Condiciones oceanográficas físicas y químicas entre Boca del Guafo y Fiordo Aysén. (Crucero CIMAR-FIORDO 7). *Cienc. Tecn. del Mar.* 29(1): 25-44.

Silva, N. 2006. Oxígeno disuelto, pH y nutrientes en canales y fiordos australes. En: Silva, N. & S. Avaria (Eds.) *Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a Cabo de Hornos.* Comité Oceanográfico Internacional – Pontificia Universidad católica de Valparaíso, Valparaíso. pp 37-43.

Silva, N., N. Rojas y A. Fedele. 2009a. Water masses in the Humboldt Current System: properties, distribution and nitrate deficit as a chemical water mass tracer for Equatorial Subsurface Water off Chile. *Deep-Sea Res. II.* 56:1004-1020.

Silva, N., J. Haro y R. Prego. 2009b. Metals background and enrichment in the Chiloe inner sea sediments (Chile) Is there any segregation between fjords, channels and sounds?. *Est. Coast. and Shelf Sci.* 82:469-476.

Smayda, T. J. 1990. Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea: evidence for a global epidemic. In: *Toxic Marine Phytoplankton* (E- Granéli, B. Sundström, L. Edler & D.M. Anderson, Eds.). N.Y. Elsevier Science Publishers, pp. 29-40.

Smayda, T. J. 1995. Environmental monitoring. In: *Manual on Harmful Marine Microalgae.* Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M. & A.D. Cembella (Eds.). IOC Manual and Guides N° 33. UNESCO. pp. 405-431.

Smayda, T. J. 2003. Environmental monitoring, with examples from Narragansett Bay. In: *Manual on Harmful Marine Microalgae.* H.M. Hallegraeff, D.M. Anderson & A.D. Cembella (Eds.). UNESCO Publishing. Second edition. pp. 595-626.



Soto, L., J. Letelier, S. Salinas, E. Pinillas y J.P. Beldar. 2009. Análisis de los parámetros oceanográficos y atmosféricos del seno Reloncaví. *Gayana* 73(1): 141-155.

Sournia, A. 1967. Le genre *Ceratium* (Péridien Planctonique) dans le canal Mozambique. Contribution a une revision mondiale. *Vie et Milieu*. 18 (2)-3-A): 375-500.

Suzuki, T., Walter, J. A., LeBlanc, P., MacKinnon, S., Miles, C. O., Wilkins, A. L., Munday, R., Beuzenberg, V., MacKenzie, A. L., Jensen, D. J., Cooney, J. M. & Quilliam, M. A. 2006. Identification of Pectenotoxin-11 as 34S-Hydroxypectenotoxin-2, a new pectenotoxin analogue in the toxic dinoflagellate *Dinophysis acuta* from New Zealand. *Chem. Res. Toxicol.* 19: 310-318.

Sykes, J.B. 1981. An illustrated guide to the diatoms of British Coastal plankton. *Field Studies* 5: 425-468.

Tang Y., and Dobbs, F. 2007. Green autofluorescence in Dinoflagellates, Diatoms, and other microalgae and its implications for vital staining and morphological studies. *Applied and Environmental Microbiology*: 2306-2313.

Taylor, F. R. J. 1976. Dinoflagellates from the international ocean expedition. A report on material collected by the R.V. "Anton Bruun" 1963-1964. *Bibliotheca Botanica*, 132: 1-234.

Taylor, F.J.R., Fukuyo, Y. & Larsen, J. 1995. Taxonomy of harmful dinoflagellates. In: *Manual on Harmful Marine Microalgae*. Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M. & A.D. Cembella (Eds.). IOC Manual and Guides N° 33. UNESCO. pp. 283-317.

Terao, K., Ito, E., Yanagi, T. and Yasumoto, T. 1986. Histopathological studies on experimental marine toxin poisoning. I. Ultrastructural changes in the small intestine and liver of suckling mice induced by dinophysistoxin 1 and pectenotoxin 1. *Toxicon* 24:1141-1151.

Terao, K., Ito, E., Oarada, M., Murata, M. and Yasumoto, T. 1990. Histopathological studies on experimental marine toxin poisoning-5. The effects in mice of yessotoxin isolated from *Patinopecten yessoensis* and of a desulfated derivate. *Toxicon* 28:1095-1104.

Tillmann, U., M. Elbrächter, B. Krock, U. John & A. Cembella. 2009. *Azadinium spinosum* gen. et sp. Nov (Dinophyceae) identified as a primary producer of azaspiracid toxins. *European Journal of Phycology* 44: 1, 63-79.

Todd, K. 2003. Role of phytoplankton monitoring in marine biotoxin programmes. In: *Manual on Harmful Marine Microalgae*. H.M. Hallegraeff, D.M. Anderson & A.D. Cembella (editors). UNESCO Publishing. Second edition. pp. 649-656.

Toews, H. 2004. Phytoplankton ecology of Gwaii Haanas, Queen Charlotte Islands, British Columbia.



Tesis Master of Science, Universidad de British Columbia. 165 pp.

Tomas, C.R. 1996. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, Inc. 598 pp.

Tubaro, A., Sidari, L., Della Loggia, R. and Yasumoto, T. 1998. Occurrence of yessotoxin-like toxins in phytoplankton and mussels from the Northern Adriatic sea. Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO pp. 470-472.

UNESCO. 1996. Design and Implementation of Some Harmful Algal Monitoring Systems. Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) 44:1-102

Uribe, J. 1988. Antecedentes sobre un tercer brote de Veneno Paralizante de Los Mariscos (VPM) en la Región de Magallanes. 1988. Ans. Inst. Pat. Ser. Cs. Nat. 18: 97-101

Uribe, J.C., L. Guzmán, y S. Jara. 1995. Monitoreo mensual de la marea roja en la XI y XII regiones. Proyecto FIP 93/16, Informe Final, Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile. 93 pp.

Uribe, J.C., L. Guzmán, G. Pizarro, C. Alarcón & J.L. Iriarte. 1997. Monitoreo de la Marea Roja en las aguas interiores de la XII región. Fondo de Investigación Pesquera. Informe Final.

Uribe, J.C., L. Guzmán, H. Pacheco., R. Igor, G. Pizarro, E. Barticevic, M. Frangopulos, C. Alarcon, T. Hromic, C. Labbe, A. Atalah & P. Chang. 1998. Difusión Programa Marea roja en la Región de Magallanes y Antártica Chilena. Primera Etapa. Informe Final. Tomos I, II y III. Fondo Nacional de Desarrollo Regional.

Uribe, J.C., García, C., Rivas, M. & Lagos, N. 2001. First report of diarrhetic shellfish toxins in Magellanic fjords, southern Chile. J. Shellfish Res. 20(1): 69-74.

Utermohl, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton. Methodik. Mitt int. Verein. Theor. angew. Limnol. 9, 38 p.

Valdenegro, A. & N. Silva. 2003. Caracterización oceanográfica física y química de la zona de canales y fiordos australes de Chile entre el Estrecho de Magallanes y cabo de Hornos. (CIMAR-FIORDO 3). Cienc. Tecn. del Mar. 26(2): 19-60.

Vale, P. 2004. Differential dynamics of dinophysistoxins and pectenotoxins between blue mussel and common cockle: a phenomenon originating from the complex toxin profile of *Dinophysis acuta*. Toxicon 44:123-134.

Vila, M., E. Garcés, M. Masó & J. Camp. 2001. Is the distribution of the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* expanding along the NW Mediterranean coast?. Mar. Ecol. Progr. Ser. 222: 73-83.



Villenas, F., D. Soto y S. Palma. 2009a. Cambios interanuales en la biomasa y biodiversidad del zooplancton gelatinoso en aguas interiores de Chiloé, sur de Chile (primaveras 2004 y 2005). *Rev. Biol. Mar. y Ocean.* 44(2): 309-324.

Villenas F., S. Palma y D. Soto. 2009b. Chaetognath spatial distribution and how egg-carrying affects the vertical distribution of *Sagitta tasmanica* off southern Chile. *Sci. Mar.* 73 (1): 29-38

Vivanco, X., y M. Seguel. 2009. Manual Técnico. Curso Teórico – Práctico para el muestreo, identificación y enumeración de *Alexandrium catenella* y otros taxa nocivos. IFOP. 48pp.

Wyatt, T. 1993. Una crítica de iniciativas recientes relacionadas con problemas de floraciones algales. In: Actas del Aula de Trabajo sobre Purgas de Mar y Fitoplancton Tóxico en la Península Ibérica. Fraga, S. (Ed.). Inf. Téc. Inst. Ocean. Madrid 144:32-35.

Yasumoto, T., M. Murata, Y. Oshima, K. Matsumoto & J. Clardy. 1984. Diarrhetic shellfish poisoning. In: SeaFood Toxins. E. P. Ragelis (Ed.). ACS Symposium Series 262, American Chemical Society, Washington, D.C., pp. 207-214.

Yasumoto, T. & Takizawa, A., 1997. Fluorometric measurement of yessotoxins in shellfish by high-pressure liquid chromatography. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 61, 1775-1777.

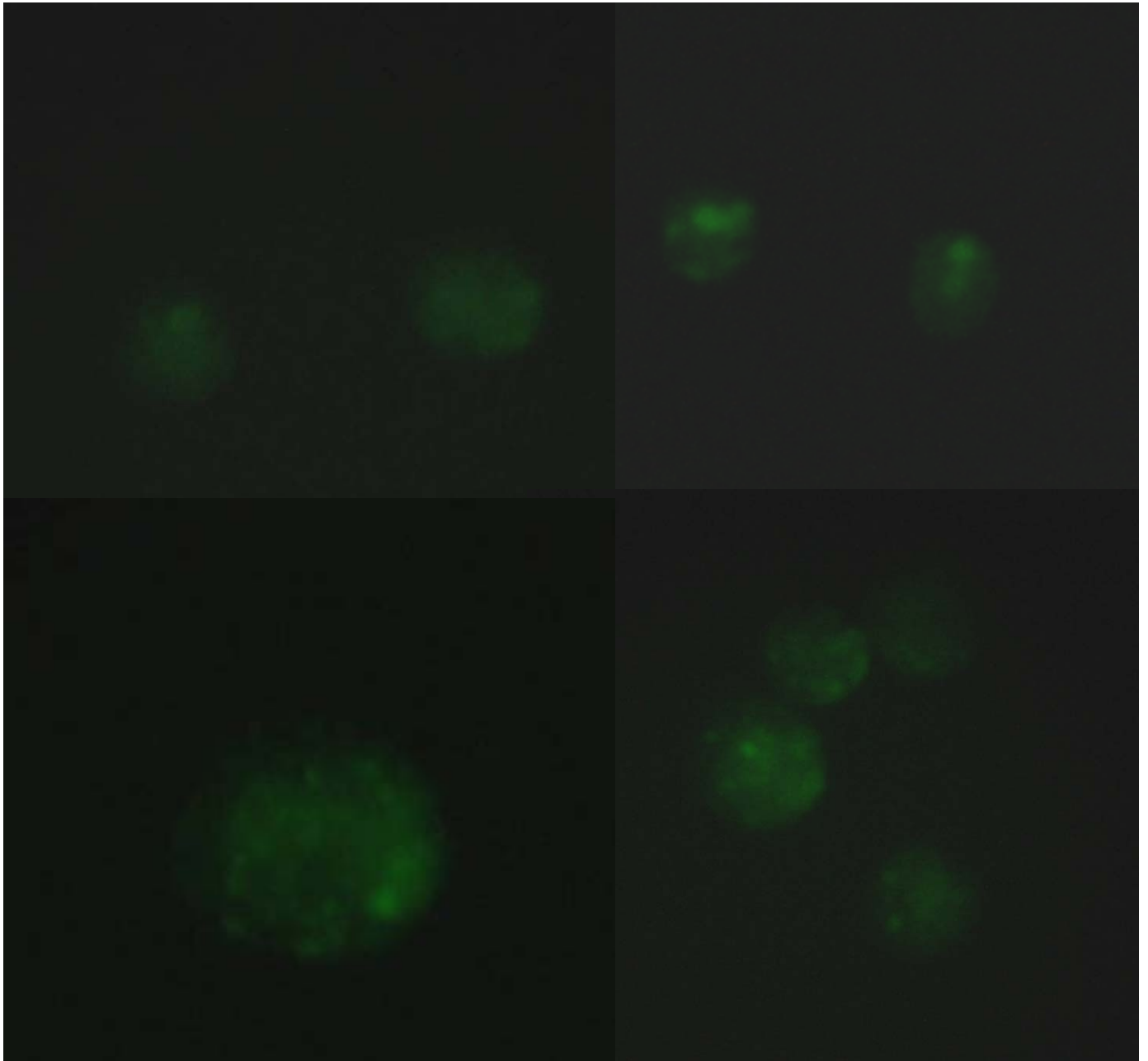
Zhao, J., Lembeye, G., Cenci, G., Wall, B., Yasumoto, T. 1991. Detection of okadaic acid and dinophysistoxin-1 in mussels from Chile, Italy and Ireland. Fifth International Conference on Toxic Marine Phytoplankton. New Port, Rhode Island, USA.

Zhao, J., Lembeye, G., Cenci, G., Wall, B. & Yasumoto, T. 1993. Determination of okadaic acid and dinophysistoxin-1 in mussels from Chile, Italy and Ireland. In: Smayda, T. J. & Shimizu, Y. (Eds.), *Toxic phytoplankton blooms in the sea*. Elsevier, Amsterdam, pp. 587-592.

Zhong Tang, Y. and F.C. Dobbs. 2007. Green Autofluorescence in Dinoflagellates, Diatoms, and other microalgae and its implications for vital staining and morphological studies. *Applied and Environmental Microbiology*; Apr., p.2306-2313.

Zingone, A., I. Percopo, P. A. Sims, y D. Sarno. 2005. Diversity in the genus *Skeletonema* (Bacillariophyceae). I. A reexamination of the type material of *S. costatum* with the description of *S. grevillei* sp. nov. *J. Phycol.* 41: 140–150

FOTOMICROGRAFÍA



Fotomicrografía 1. Células de cultivo (M44) de *Alexandrium catenella* incubadas con sonda de DNA complementaria para la región D2 de la subunidad mayor del RNA ribosomal, Marcadas con AlexaFluor488 y vistas bajo microscopio de epifluorescencia.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Sección Ediciones y Producción

Blanco 839, Fono 56-32-2151500

Valparaíso, Chile

www.ifop.cl



www.ifop.cl