

INFORME DE AVANCE

Comisión Marea Roja

Alejandro Buschmann (ULagos)

Laura Farías (UdeC)

Fabián Tapia (UdeC)

Daniel Varela (ULagos)

Mónica Vásquez (PUC)

Lunes 25 de Julio 2016



UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS



Introducción

Luego de la mortandad de salmones asociada al evento de florecimiento de la microalga *Pseudochatonella* en febrero 2016 en la Región de los Lagos, se registró, a partir de marzo, el florecimiento del dinoflagelado *Alexandrium catenella*, impactando fuertemente a la Región de Los Lagos y alcanzando en abril por primera vez a la Región de Los Ríos. Como consecuencia de la intensidad y extensión del fenómeno, y la aparente co-ocurrencia de las floraciones nocivas en la costa de Chiloé y el vertimiento de salmones en altamar, se generaron las primeras protestas sociales y ambientales en Chiloé que luego se extenderían a otras localidades de la Región de Los Lagos. A fines de abril y principio de mayo se observaron además mortalidades de moluscos bivalvos en Cucao (Chiloé) y otras localidades de la Región de Los Lagos. El 10 de mayo de 2016 el Ministerio de Economía convocó a través de la Academia de Ciencias de Chile a un Comité Científico para analizar esta crisis ambiental. Entre el 13 y 14 de mayo se llevó a cabo la primera reunión de trabajo del comité en el Centro i~mar de la Universidad de Los Lagos (Puerto Montt) y el 16 de Mayo se entregó la propuesta de trabajo por escrito al Ministerio de Economía. El 25 de mayo zarpó desde Talcahuano el AGS-61 "Cabo de Hornos", en una expedición oceanográfica diseñada y ejecutada por miembros del comité científico, con el apoyo de diversos centros de investigación albergados en universidades del país, para realizar el estudio de las condiciones ambientales en el agua y sedimento de la región, que pudiesen dar luces de cómo se generó y desarrolló el evento de Marea Roja ocurrido en la Región de Los Lagos. Posteriormente, el 14 de Junio se realizó en el Centro i~mar de la U. de Los Lagos un Taller de Expertos en diversas disciplinas relevantes para entender el fenómeno de Marea Roja y la magnitud de su manifestación en el último verano-otoño.

En este informe de avance se da cuenta de los primeros resultados del trabajo de investigación propuesto al constituirse el comité científico. En primer lugar se da cuenta de los patrones oceanográfico-climáticos observados durante el período de Florecimientos Algaes Nocivos (FAN) ocurridos en la Región de Los Lagos. En segundo lugar se entregan los primeros resultados de las mediciones oceanográficas realizadas durante el crucero del "Cabo de Hornos", y se discute en mayor profundidad una de las preguntas planteadas al constituirse este comité científico; esta es si podría existir una relación causal entre el vertimiento de salmones mar afuera y la ocurrencia o intensificación del FAN observado. Se espera entregar un informe final en octubre, con los resultados de todos los análisis realizados sobre muestras del crucero oceanográfico y de la información auxiliar recolectada de diversas fuentes, luego de realizado un taller de validación de nuestros resultados y conclusiones por parte de otros expertos nacionales.

RESULTADOS

Análisis Climatológico-Oceanográfico

La información climatológica para el último verano-otoño muestra claras anomalías positivas de temperatura y de presión atmosférica en el Pacífico sur-austral (**Figura 1**). Ello explica en general el clima cálido y sin precipitaciones observado en otoño e incluso invierno en el sur de Chile. Esto queda confirmado al analizar el patrón de radiación solar (**Figuras 2 y 3**) que muestra sobre el sur de Chile una fuerte anomalía positiva en la radiación solar, producto de la menor nubosidad, para enero 2016. Por otra parte, también se pudo observar que durante el verano de 2016 el sur de Chile se vio enfrentado a una condición en extremo inusual en términos del viento que sopla en dirección oeste-este o vientos del oeste (Westerlies en inglés). Estos son vientos planetarios que se intensifican entre las latitudes 40°-50°S. Sin embargo, en este último verano los vientos del oeste presentaron muy baja intensidad, lo que coincidió con un nivel de radiación solar de los más altos registrados desde 1948 (ver punto rojo en **Figuras 3 y 4**).

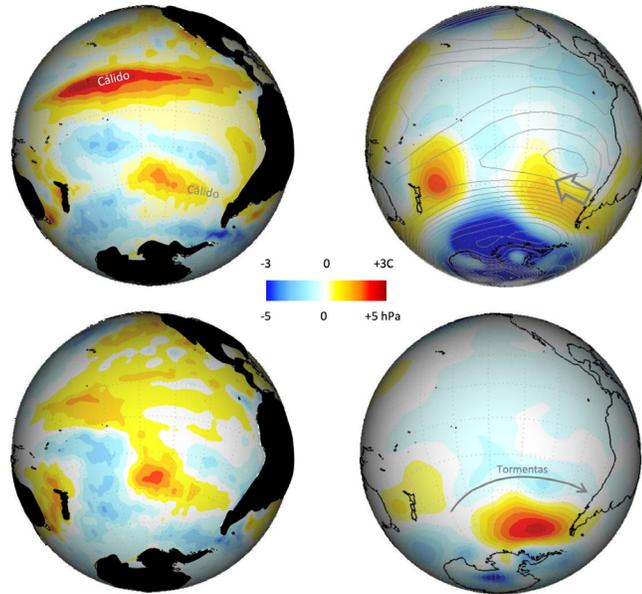


Figura 1. Anomalías en la temperatura superficial del mar (paneles de la izquierda) y en la presión atmosférica a nivel del mar (derecha) para el periodo enero-marzo 2016 (paneles superiores) y abril 2016 (paneles inferiores). Fuentes de datos: NOAA OISST para temperatura y re-análisis NCEP-NCAR para presión atmosférica. Figura gentileza de R. Garreaud (DGF-Universidad de Chile y CR2).

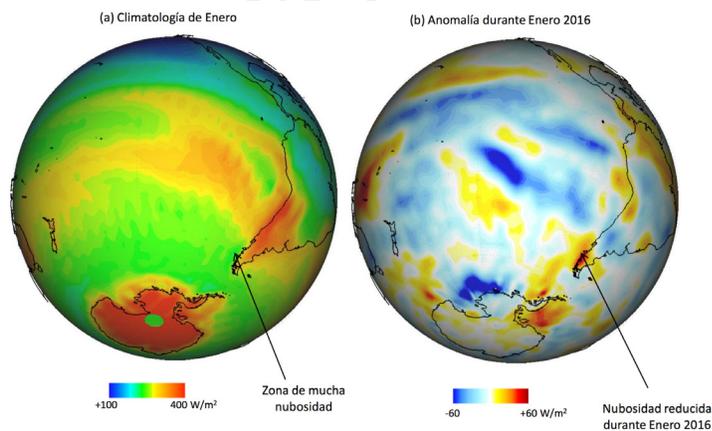


Figura 2. Condición promedio de radiación solar en superficie (*Downward Solar Radiation Flux*) para el Pacífico Sur en el mes de enero (izquierda) y anomalía de radiación solar en enero 2016 (derecha). Fuente de datos: re-análisis NCEP-NCAR. Figura gentileza de R. Garreaud (DGF-Universidad de Chile y CR2).

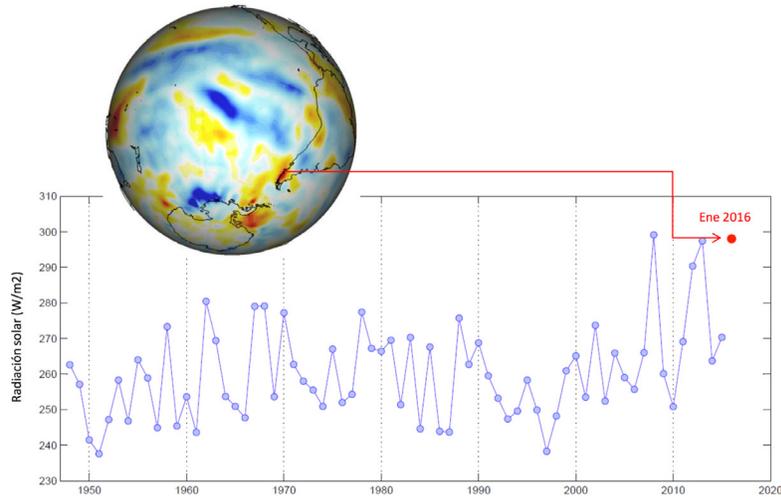


Figura 3. Variabilidad inter-anual de la radiación solar en superficie durante enero en la posición 45°S - 75°W. El símbolo en rojo muestra el valor correspondiente a enero 2016. Fuente de datos: re-análisis NCEP-NCAR. Figura gentileza de R. Garreaud (DGF-Universidad de Chile y CR2).

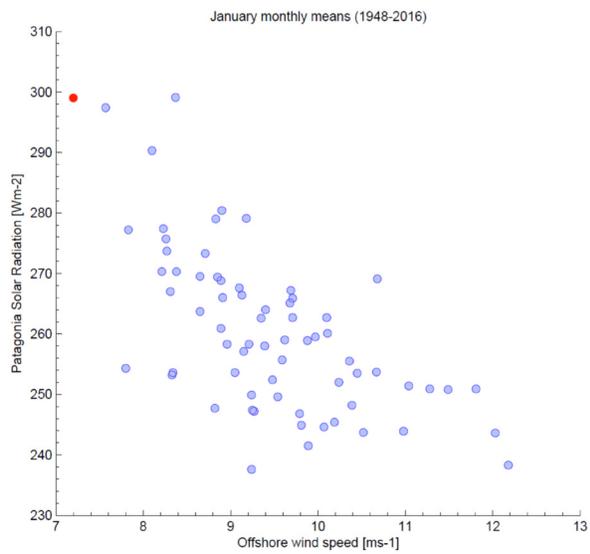


Figura 4. Relación entre la intensidad del viento y la radiación solar durante enero en la posición 45°S - 75°W para el periodo 1948-2016. El símbolo rojo corresponde a enero 2016. Fuente de datos: re-análisis NCEP-NCAR. Figura gentileza de R. Garreaud (DGF-Universidad de Chile y CR2).

La comparación de los campos de radiación PAR (radiación fotosintéticamente activa) detectados en el último verano con los promedios para 2003-2015 indica que en enero y marzo 2016, la radiación fue sustancialmente mayor que la esperada (**Figura 5**), principalmente en el mar interior de Chiloé y costa occidental de la isla. En abril 2016 se mantuvo una condición de radiación mayor que el promedio histórico, principalmente en el Mar Interior de Chiloé (**Figura 5**).

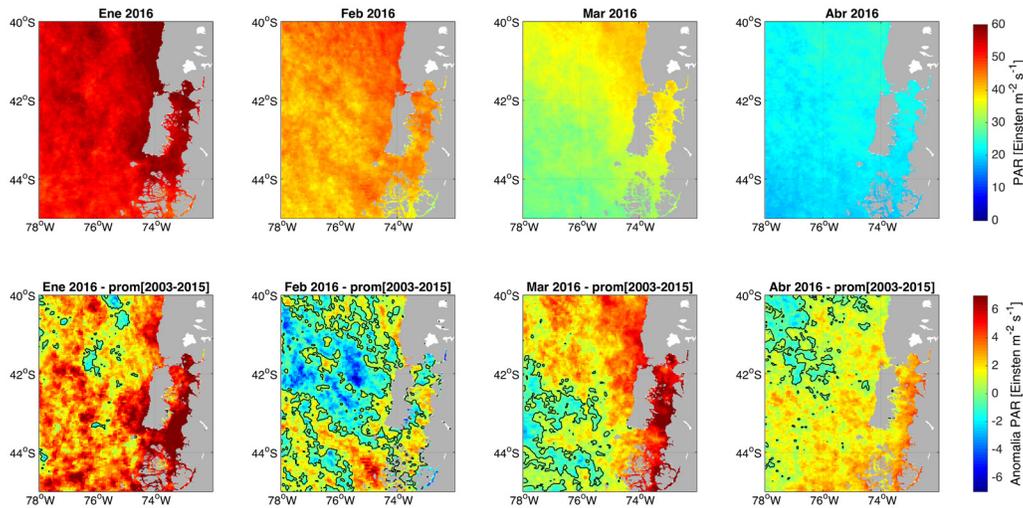


Figura 5. Radiación PAR en superficie en la zona oceánica frente a Chiloé durante enero-abril 2016 (paneles superiores) y diferencia entre estos campos y el promedio para cada mes en el periodo 2003-2015 (paneles inferiores). Los colores amarillo y rojo de los paneles inferiores indican mayor radiación que lo normal para cada mes. Los contornos negros indican cero diferencia, i.e. paso de anomalías positivas a negativas. Datos derivados desde imágenes satelitales MODIS-Aqua con 4 km de resolución espacial.

Los campos de vientos predominantes para cada mes del verano-otoño 2016 se comparan con lo observado en 2009-2015 en la **Figura 6**. Al comparar la intensidad del viento (colores) en enero-febrero 2016 (paneles superiores) con el promedio 2009-2015 (paneles inferiores), se observa una condición de mayor calma que lo normal en enero-febrero 2016, y que los vientos fueron más intensos que el promedio durante marzo-abril 2016. El campo de vectores (flechas) en cada panel muestra, además, que la dirección del viento tuvo una fuerte anomalía durante el verano 2016. De acuerdo al promedio climatológico, en marzo -abril, el viento dominante debiera soplar de oeste a este y de norte a sur, respectivamente (ver **Figura 6**). Sin embargo, tanto en marzo como en abril 2016 se registraron vientos intensos de sur a norte. La estrella en la **Figura 6** marca el lugar de vertimiento de salmones en marzo 2016. La ubicación de este punto y el patrón de viento observado en el periodo de vertimiento sugieren fuertemente que cualquier material vertido en la superficie, y que se haya mantenido en las capas superficiales del océano debió movilizarse mayoritariamente hacia el oeste, dada la dirección predominante del viento y el transporte de Ekman esperado en la capa superficial del océano por efecto conjunto del viento y de la rotación de la Tierra (transporte neto de agua a la izquierda del viento en el Hemisferio Sur). Más cerca de la costa, dentro de una distancia conocida como radio de Rossby y cuyo límite mar afuera se manifiesta en la posición del frente de surgencia (cambio drástico en temperatura superficial del mar, ver **Figura 8**), el transporte de Ekman forzado por efecto del viento sur genera un movimiento compensatorio hacia la costa de aguas cercanas al fondo, en un proceso conocido como surgencia costera, y al mismo tiempo genera un movimiento de aguas superficiales en la misma dirección del viento dentro de esta banda costera. Considerando lo anterior, y que el vertimiento de salmones ocurrió más allá del frente de surgencia (ver **Figura 8**), es improbable que el material derivado del vertimiento haya llegado a la costa. Las mediciones de nutrientes realizadas durante el crucero oceanográfico del Cabo de Hornos (ver más adelante) así lo confirman

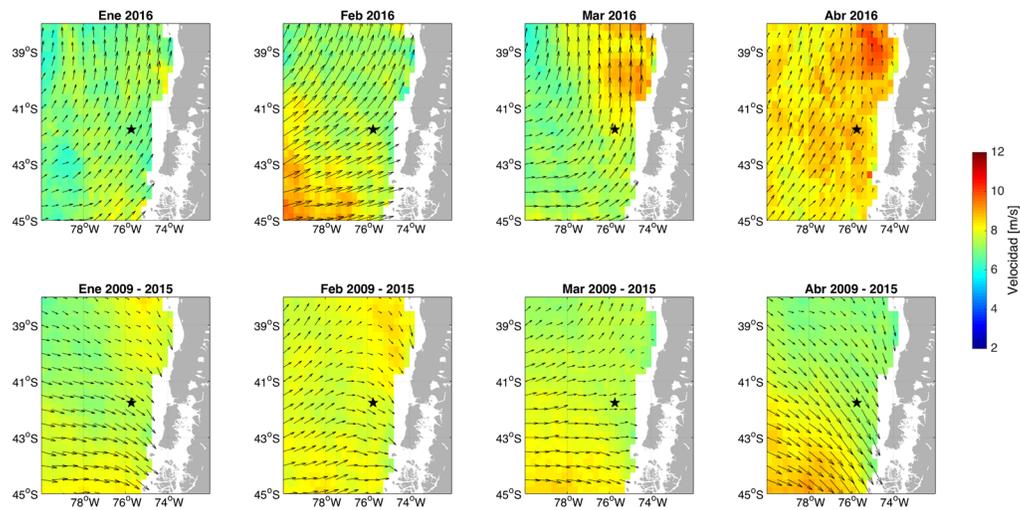


Figura 6. Comparación entre los campos de viento detectados por el sensor satelital ASCAT en la zona oceánica frente a Chiloé durante enero-abril 2016 (paneles superiores) y las condiciones promedio para cada mes calculadas a partir de información disponible para 2009-2015 (paneles inferiores). Los colores indican velocidad del viento y los vectores (flechas negras) indican dirección y magnitud. El símbolo en forma de estrella indica la posición del punto de vertimiento de salmones en marzo 2016.

Informe preliminar

Crucero Marea Roja
AGS-61 Cabo de Hornos
25-31 de mayo del 2016

El crucero oceanográfico de Marea Roja zarpó desde Talcahuano el 25 de mayo de 2016 y recaló en Puerto Montt el día 31 del mismo mes. Durante este crucero se tomaron muestras de agua a distintas profundidades (máxima a 2000 m), muestras de sedimentos y se recolectaron muestras biológicas mediante buceo. En el crucero participaron 14 científicos y 3 observadores en representación de la comunidad de Chiloé. Los sitios de muestreo se muestran en la Figura 7 con puntos rojos. Estas posiciones fueron elegidas en función de las localidades donde se observó el florecimiento de *Alexandrium* hasta el sur de la isla de Chiloé, considerando además cuatro puntos en el mar interior de Chiloé. El muestreo consideró un track desde el Canal de Chacao hasta 75 millas costa afuera, donde se realizó el vertimiento de salmones.

El análisis de la situación oceanográfica durante el período de verano y otoño 2016, basado en datos satelitales MODIS-Aqua, muestra la intensidad y extensión del calentamiento superficial en la región de Chiloé entre enero y febrero. Al mismo tiempo, se observa cómo a mediados de febrero se registraron enfriamientos en una banda costera, con un patrón espacial consistente con eventos de surgencia costera (color azul en **Figura 8**). Un enfriamiento más intenso se registró durante marzo, y principalmente durante la segunda quincena (**Figura**

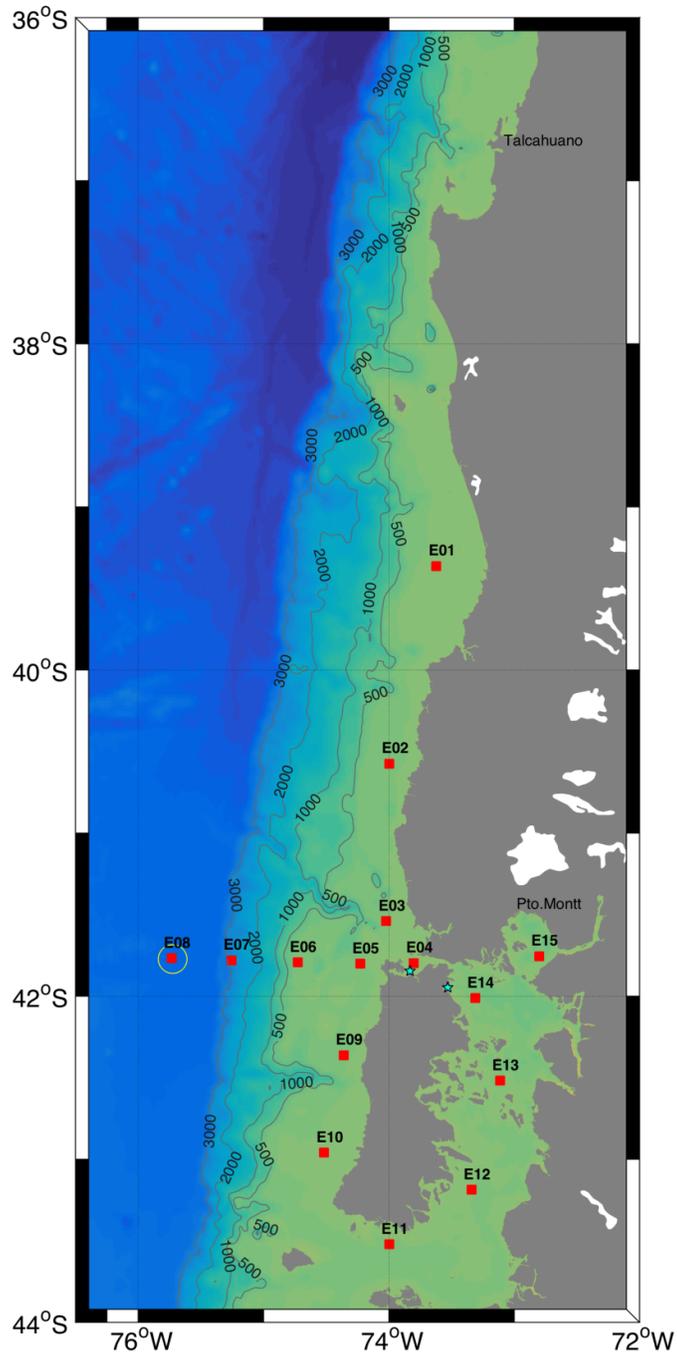


Figura 7. Mapa del sur de Chile con sitios de muestreo (15) señalados con puntos rojos en la costa expuesta de Chiloé y en el mar interior donde se verificó el evento de marea roja. Además frente al Canal de Chacao se muestra el transecto con los puntos de muestreo desde la costa a la zona de vertimiento de salmones a 75 millas de la costa (punto E08).

8). En las localidades afectadas por el ascenso de aguas frías más profundas (surgencia) se observaron además altas concentraciones de clorofila superficial (**Figura 9**). Sin embargo, este patrón espacial no sólo se observó a mediados de marzo. Concentraciones similarmente altas de clorofila sobre extensiones de costa similares se observaron tanto a comienzos de enero como a comienzos y fines de febrero. Esta situación sugiere la llegada recurrente de aguas ricas en nutrientes a las cercanías de la costa como consecuencia de los vientos del sur predominantes durante el verano y otoño del 2016. Por ende, la proliferación de fitoplancton parece estar favorecida por los altos niveles de radiación solar y el ingreso de nutrientes hacia la capa superficial por surgencia. La zona de vertimiento de salmones no muestra aumento claro de la clorofila superficial (**Figura 9**) ni de fluorescencia (**Figura 10**) en las semanas posteriores al vertimiento de salmones. Cabe señalar que la fluorescencia superficial (**Figura 10**) indica una alta actividad fotosintética en aguas cercanas a la costa, en zonas que se habrían visto afectadas por la fertilización mediada por la surgencia durante enero y febrero (aguas frías de **Figura 8**), aunque el evento más intenso en términos de fluorescencia superficial en agua costeras ocurrió entre el 13 y 20 de marzo (**Figura 10**). Dicho esto, no se detecta un aumento en la actividad fotosintética mar afuera que pudiese indicar una conexión entre la zona de vertimiento y la proliferación del fitoplancton en la costa (**Figura 10**).

A propósito de las imágenes satelitales de clorofila superficial (**Figura 9**), que durante la crisis en Chiloé fueron utilizadas en numerosas ocasiones como fuente de información principal para explicar el origen y desarrollo del FAN, es preciso señalar que éstas adolecen de limitaciones que deben considerarse al momento de interpretarlas. Primero, el observar el pigmento clorofila-a se basa en el supuesto de que la concentración de clorofila-a en el agua es proporcional a la abundancia del fitoplancton en una determinada zona. El problema de este supuesto es que no todos los organismos que constituyen el fitoplancton poseen la misma cantidad de pigmentos por célula, y que no toda la clorofila detectada está en células vivas. En segundo lugar, la estimación satelital de la concentración de clorofila-a se basa en el color del agua que el satélite detecta mediante sus sensores de radiación en diferentes bandas del espectro electromagnético, homologables a los colores del arco iris. En aguas muy cercanas a la costa y con fuerte influencia de agua dulce, como es el caso del Mar Interior de Chiloé, las mediciones satelitales utilizadas para estimar clorofila (en la banda de azul y verde) se ven afectadas por sedimentos en suspensión provenientes de plumas de ríos, sustancias coloreadas disueltas de origen terrestre, que entran al mar vía ríos y por escorrentía superficial, y por el mismo fondo marino por efecto de re-suspensión en zonas de baja profundidad. Es por esto que parte de la señal de alta clorofila en zonas como ésta puede no corresponder a biomasa fitoplanctónica, que es lo que se busca estimar cuando se mide clorofila, sino a otras sustancias y a partículas inertes. La estimación satelital de fluorescencia superficial (**Figura 10**), por otro lado, entrega un indicador más confiable de dónde está la biomasa activa, es decir el fitoplancton que está haciendo fotosíntesis. Por ello, este producto satelital debiese utilizarse como complemento de la clorofila al momento de hacer inferencias sobre la dinámica de una floración algal. Dicho esto, la fluorescencia satelital también tiene limitaciones. Por utilizar mediciones en la zona del espectro correspondiente al color rojo, la estimación de fluorescencia está restringida a una fina capa en la superficie, y es común que una fracción importante del fitoplancton vivo se concentre no en la superficie, sino a varios metros de profundidad. Por ello, es indispensable contar con mediciones *in situ*, a partir de recolección de agua y análisis de laboratorio, que permitan validar lo detectado a partir de imágenes satelitales.

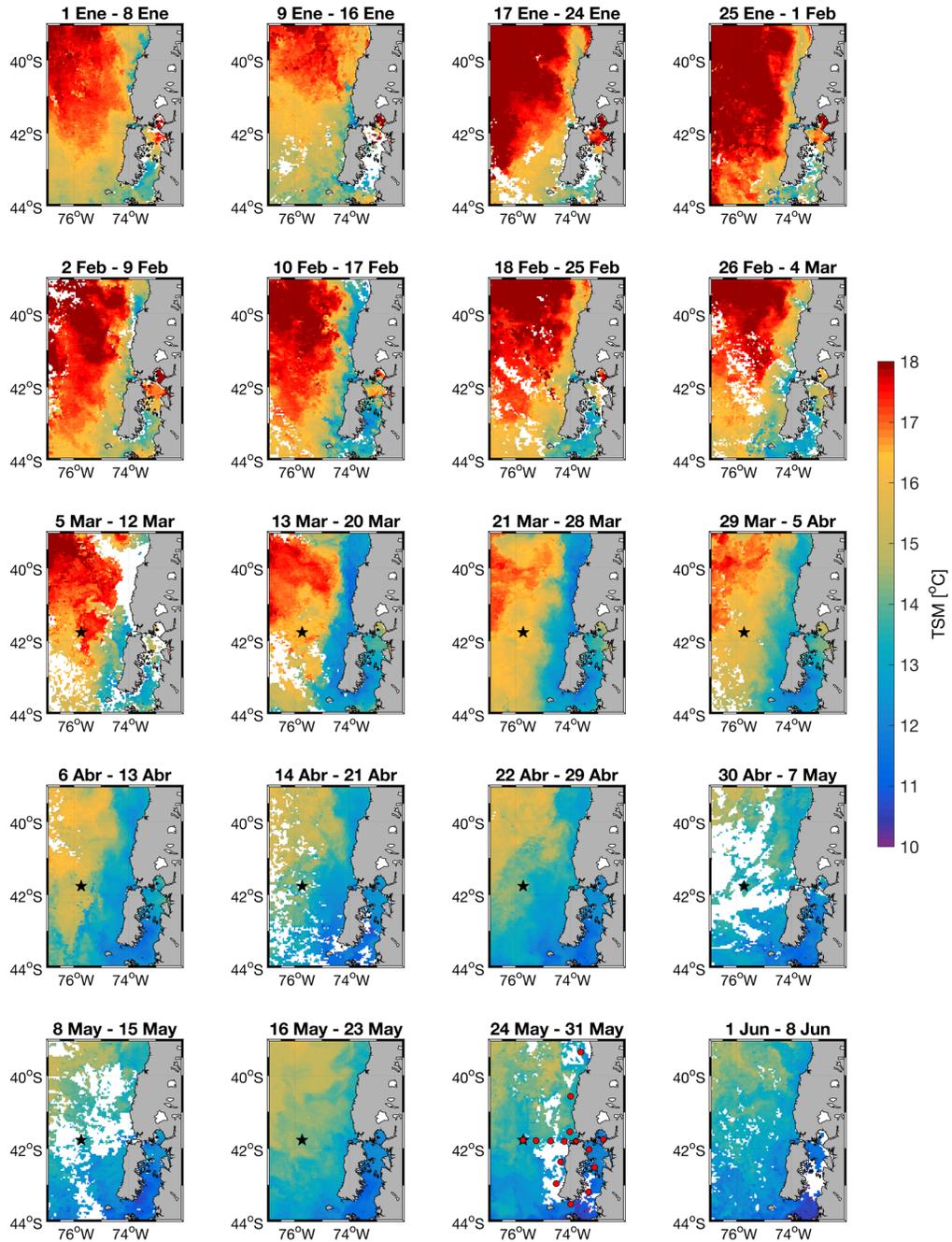


Figura 8. Gráficos compuestos semanales de Temperatura Superficial del Mar (°C) en la zona oceánica frente a Chiloé entre enero y junio 2016, derivados de imágenes satelitales MODIS-Aqua con 1 km de resolución espacial. El símbolo con forma de estrella indica el punto de vertimiento de salmones en marzo 2016. Los puntos rojos indican las posiciones de muestreo durante el crucero oceanográfico a fines de mayo 2016. Datos satelitales procesados y proporcionados por G. Saldías (Oregon State University, USA).

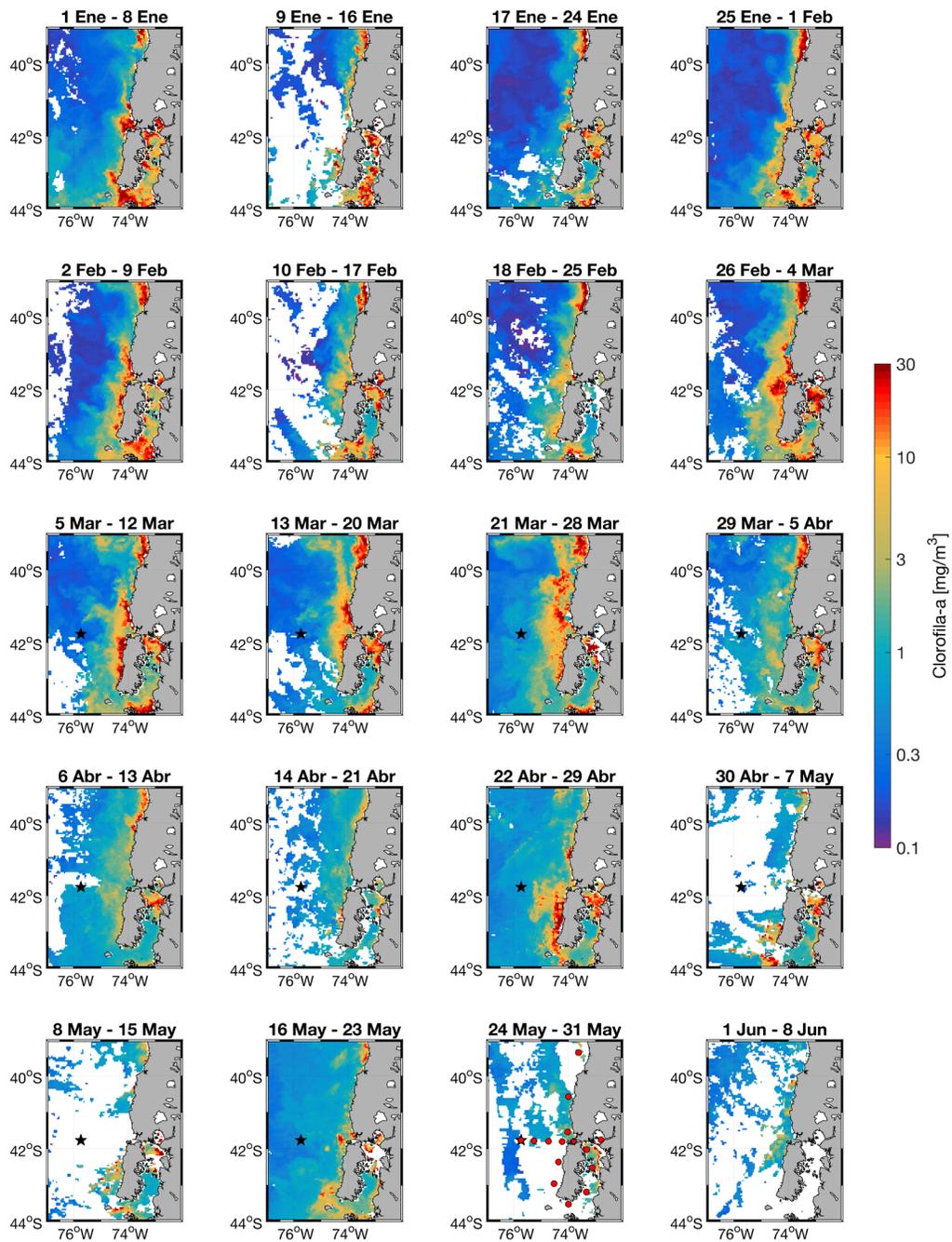


Figura 9. Gráficos compuestos semanales de Clorofila-a superficial (mg/m^3) en la zona oceánica frente a Chiloé entre enero y junio 2016, derivados de imágenes satelitales MODIS-Aqua con 1 km de resolución espacial. El símbolo con forma de estrella indica el punto de vertimiento de salmones en marzo 2016. Los puntos rojos indican las posiciones de muestreo durante el crucero oceanográfico a fines de mayo 2016. Datos satelitales procesados y proporcionados por G. Saldías (Oregon State University, USA).

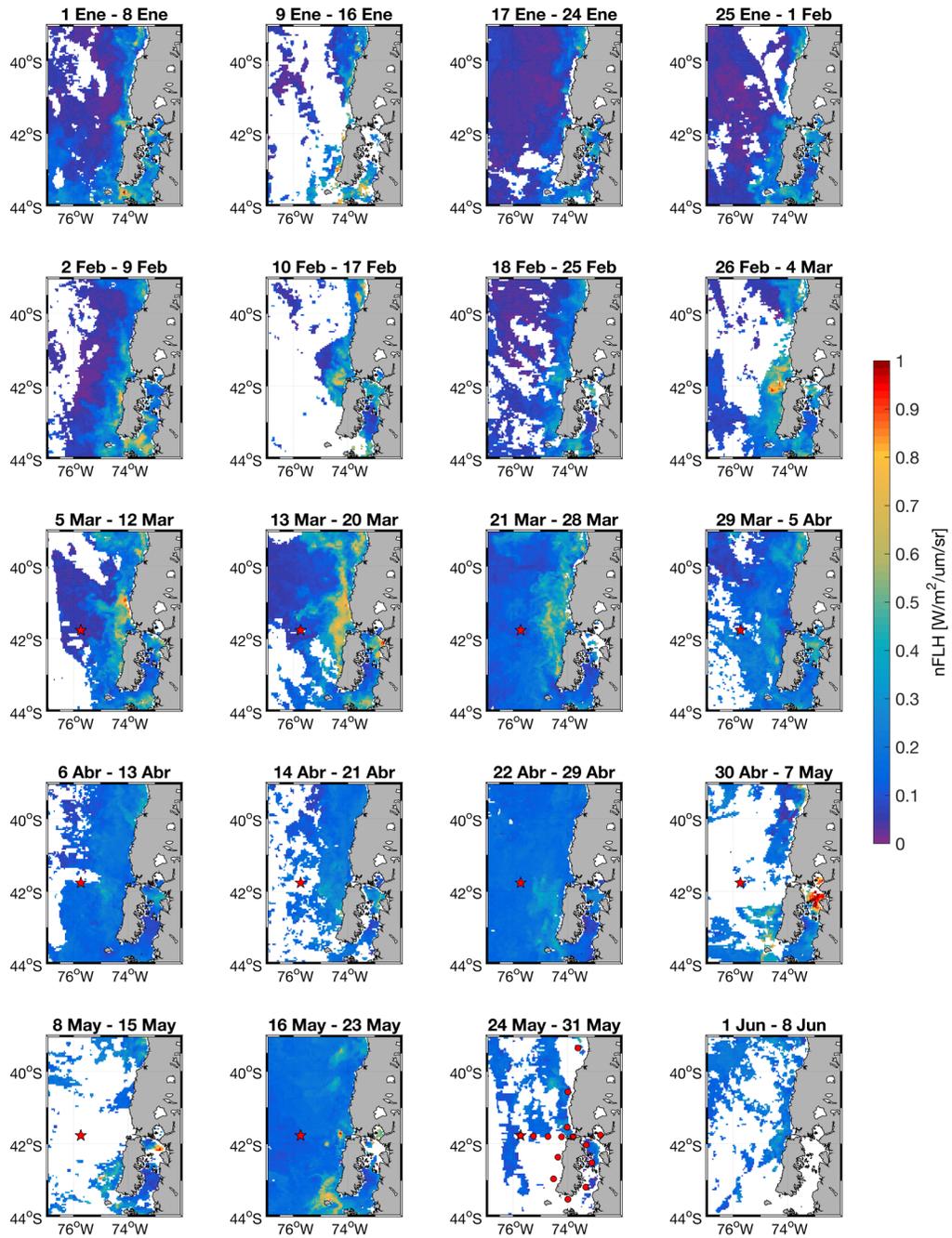


Figura 10. Gráficos compuestos semanales de la señal normalizada de fluorescencia en superficie frente a Chiloé entre enero y junio 2016, derivados de imágenes satelitales MODIS-Aqua con 1 km de resolución espacial. El símbolo con forma de estrella indica el punto de vertimiento de salmones en marzo 2016. Los puntos rojos indican las posiciones de muestreo durante el crucero oceanográfico a fines de mayo 2016. Datos satelitales procesados y proporcionados por G. Saldías (Oregon State University, USA).

Respecto de la información sobre nutrientes disueltos en el agua que se recolectó durante el crucero oceanográfico, el análisis muestra otros aspectos de alto interés para interpretar el evento de marea roja que afectó a Chiloé. La variación espacial de las concentraciones de nitrato, nitrito, amonio,

fosfato, silicato y clorofila a lo largo del recorrido cubierto por el crucero se muestra en las Figuras 11 a 13. La **Figura 11** muestra la concentración de estos nutrientes (nitrato, nitrito, amonio, fosfato y silicato) y clorofila-a en el transecto norte-sur que considera las estaciones cercanas a la costa entre Valdivia y el extremo sur de Chiloé, indicándose en la parte superior de cada gráfico la posición de cada punto de muestreo. En general, a todas las profundidades muestreadas la concentración de nutrientes al momento del crucero era relativamente baja (colores azules), salvo a la altura de Cucao (estación 9, **Figura 11**) donde se detectaron altas concentraciones de amonio y clorofila. Esto sugiere un aumento local de la productividad primaria (es decir la producción de materia orgánica por organismos autotróficos, principalmente microalgas y cianobacterias), sustentado por un incremento local en la concentración de amonio cuyo origen no se ha podido explicar hasta ahora.

Las concentraciones de nutrientes medidas a lo largo del transecto perpendicular a la costa, desde la boca del Canal de Chacao hasta el área de vertimiento de salmones, se muestran en la **Figura 12**. En general en este transecto se observaron bajas concentraciones de nutrientes en aguas superficiales, y un aumento en las concentraciones hacia agua más profundas, patrón vertical esperado (**Figura 12**). No obstante, llama la atención la presencia de concentraciones altas de amonio en el punto del vertimiento ($> 0.3 \mu\text{mol/L}$, color verde en panel correspondiente de la **Figura 12**). Preliminarmente consideramos que esta alta concentración de amonio es una señal del efecto del vertimiento de salmones, toda vez que la presencia de amonio en aguas oceánicas no puede ser explicada sin existir un aporte de materia orgánica, principalmente proteínas. Cabe destacar que esta acumulación de amonio no se observa en estaciones hacia la costa, y está aislada con respecto al continente. De hecho, entre el punto de vertimiento y la costa hay concentraciones de amonio cercanas a cero en profundidades comparables. Por otro lado, la concentración de clorofila-a fue alta ($> 3 \text{ mg/m}^3$) cerca de la superficie y dentro de los primeros 100 km de la costa (**Figura 12**). Las concentraciones de clorofila observadas fueron sustancialmente menores (ca. $0,5 \text{ mg/m}^3$) en el área de vertimiento (**Figura 12**).

Las concentraciones de nutrientes medidas en el mar interior de Chiloé fueron claramente más altas que las encontradas en mar abierto (**Figura 13**), pero no se encontraron valores por encima de los normalmente reportados en la literatura científica para esta zona. El amonio sólo marcó valores altos dentro del Seno de Reloncaví (**Figura 13**). Los valores de clorofila-a fueron bajos en todas las estaciones visitadas dentro del Mar Interior de Chiloé (**Figura 13**).

Finalmente, los datos de recuento de fitoplancton en las muestras de agua recolectadas, y que corresponden a resultados parciales de un análisis aún en curso, se entregan en la **Tabla 1**. Los resultados obtenidos hasta ahora muestran que al momento de llevarse a cabo el crucero oceanográfico ya no existía una condición de FAN de *Alexandrium catenella*. En cambio, se observa un predominio de diatomeas en el fitoplancton, como ocurre normalmente en esta región y época del año.

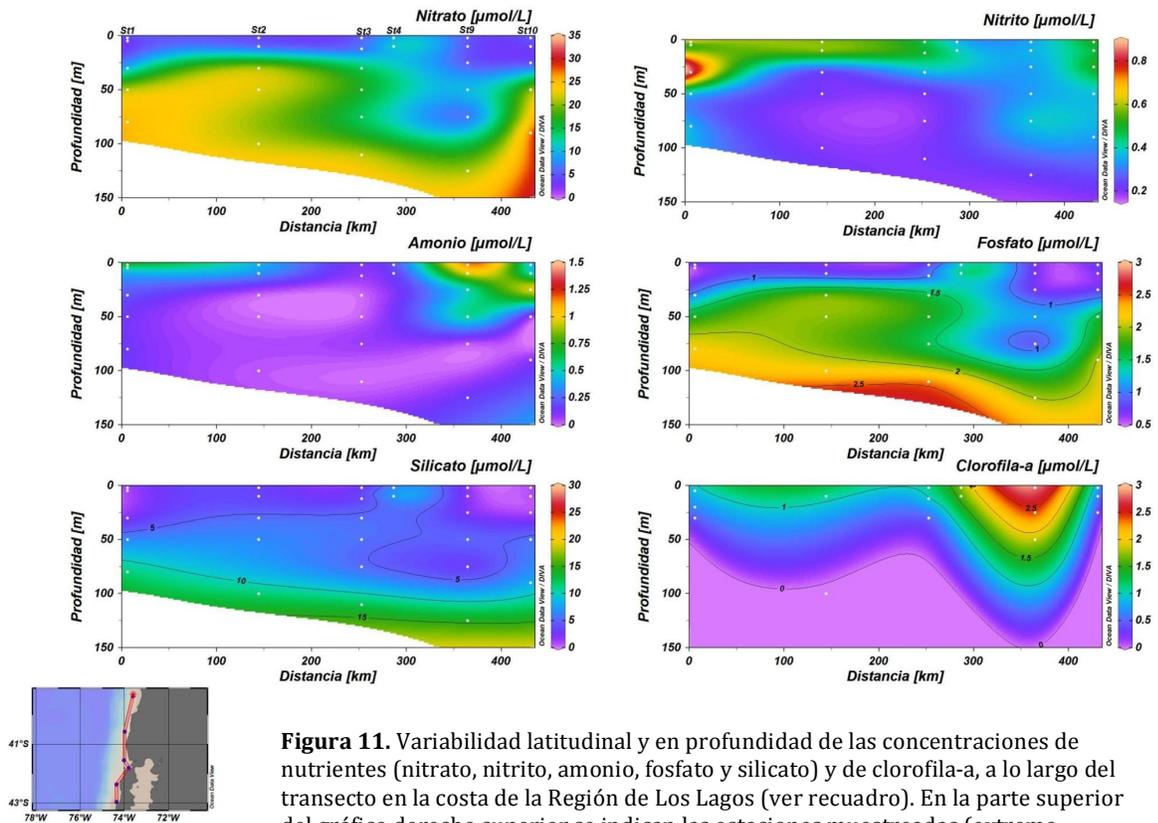


Figura 11. Variabilidad latitudinal y en profundidad de las concentraciones de nutrientes (nitrato, nitrito, amonio, fosfato y silicato) y de clorofila-a, a lo largo del transecto en la costa de la Región de Los Lagos (ver recuadro). En la parte superior del gráfico derecho superior se indican las estaciones muestreadas (extremo izquierdo es el sitio en el sur de la Isla de Chiloé).

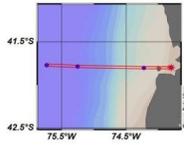
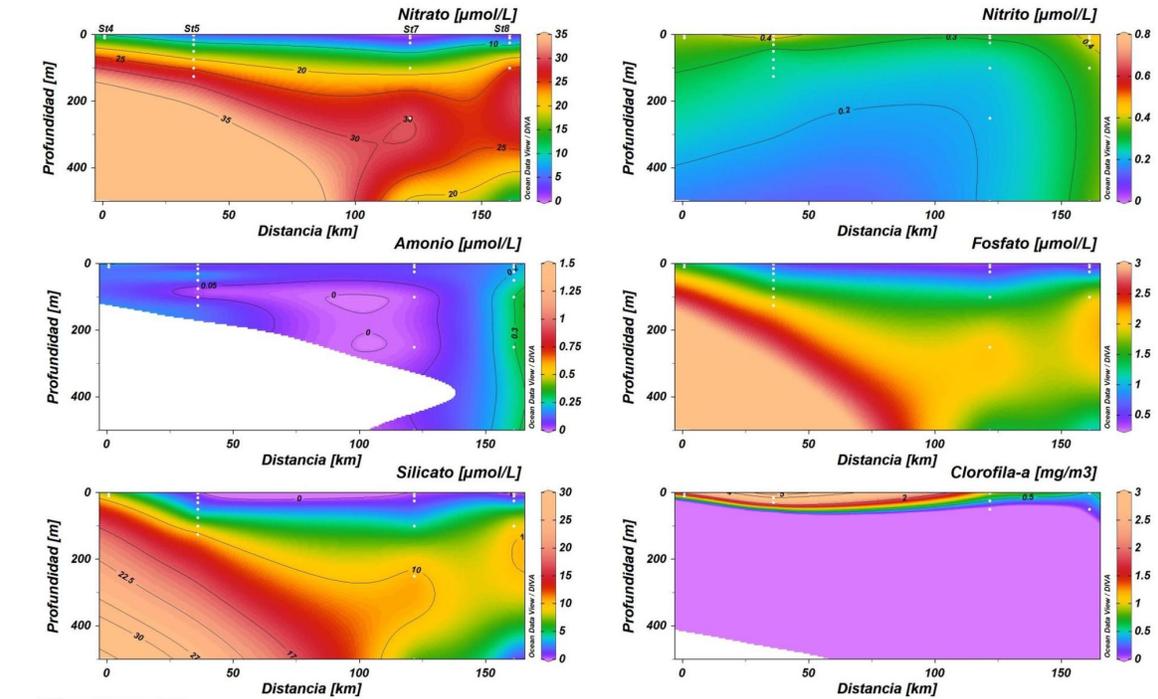


Figura 12. Variabilidad longitudinal y en profundidad de las concentraciones de nutrientes (nitrato, nitrito, amonio, fosfato y silicato) y de clorofila-a, a lo largo del transecto desde la desembocadura del Canal de Chacao hasta la zona del vertimiento (ver recuadro). En la parte superior del gráfico derecho superior se muestran las estaciones muestreadas (extremo izquierdo el Canal de Chacao y el derecho es el sitio del vertimiento)

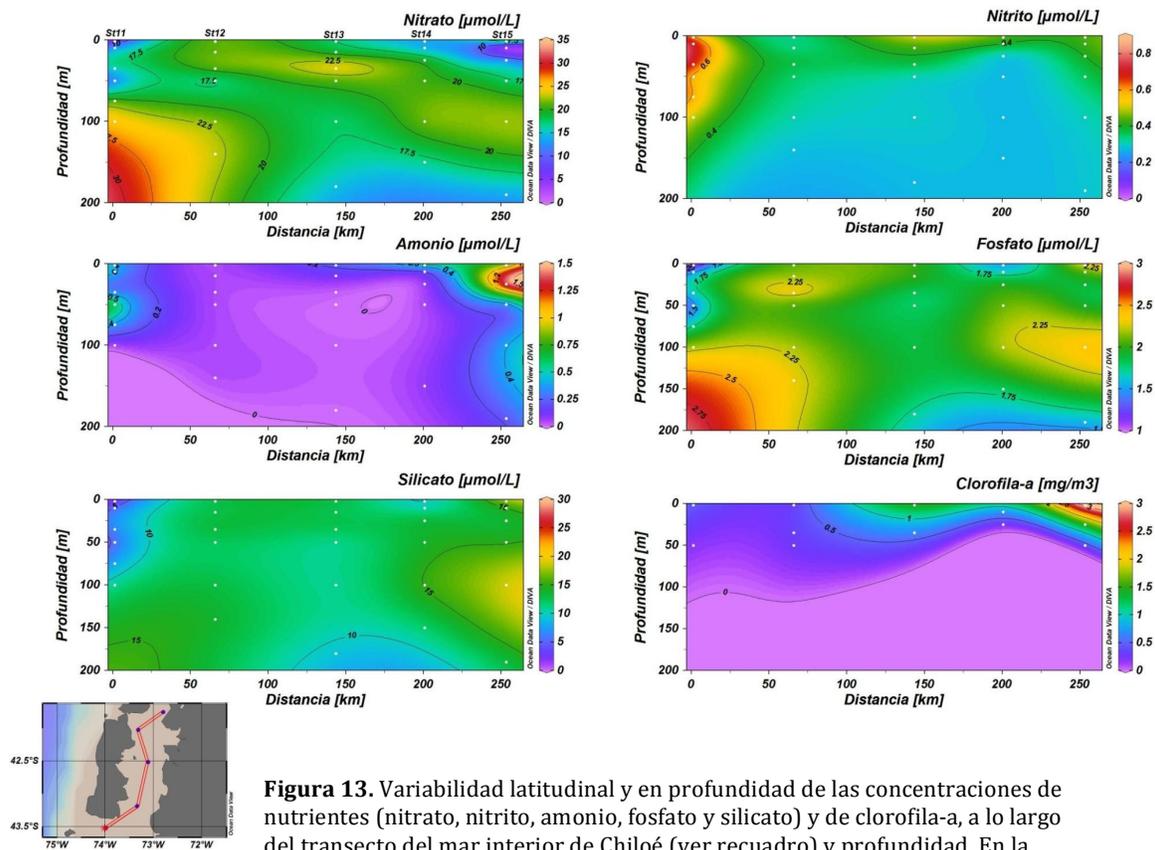


Figura 13. Variabilidad latitudinal y en profundidad de las concentraciones de nutrientes (nitrate, nitrite, amonio, fosfato y silicato) y de clorofila-a, a lo largo del transecto del mar interior de Chile (ver recuadro) y profundidad. En la parte superior del gráfico derecho superior se muestran las estaciones muestreadas (extremo izquierdo es el sur de Chile y el derecho es la parte norte (Seno de Reloncaví).

Tabla 1. Número relativo de células de los componentes más relevantes del fitoplancton (diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados y otros) en agua superficial. Muestras tomadas con una red para fitoplancton en cada uno de las estaciones de muestreo tomadas en el cruce del Cabo de Hornos (nomenclatura de sitios de acuerdo a Figura 7).

| | Estaciones de muestreo | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | E01 | E02 | E03 | E04 | E05 | E06 | E07 | E08 | E09 | E10 | E11 | E12 | E13 | E14 | E15 | TOTAL |
| TOTAL DIATOMEAS | 3 | 3 | 8 | 294 | 76 | 3 | 10 | 12 | 263 | 50 | 26 | 172 | 77 | 72 | 466 | 1.535 |
| TOTAL DINOFLAGELADOS | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | 0 | 8 | 16 |
| TOTAL SILICOFLAGELADOS | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| TOTAL OTROS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| TOTAL | 3 | 3 | 9 | 296 | 76 | 5 | 10 | 12 | 264 | 51 | 33 | 172 | 78 | 72 | 474 | 1.558 |

Número de células promedio bajo un cubreobjeto de 18x18 mm en 3 alícuotas de 0,1 ml cada una

Nota precautoria: análisis de datos en proceso por lo cual muestran solo una tendencia.

CONCLUSIONES

Los resultados presentados en este informe de avance permiten señalar preliminarmente que:

1. La zona costera de la Región de Los Lagos estuvo sujeta a una serie de anomalías climáticas y oceanográficas durante el verano y otoño del 2016 que permiten explicar períodos de alta productividad primaria y proliferación de fitoplancton.
2. Los patrones de viento observados y el patrón de circulación esperado a partir de estos sugieren que el transporte de agua y material en suspensión durante el vertimiento de salmones ocurrió mayoritariamente en dirección noreste.
3. La costa oeste de la Isla de Chiloé presentó condiciones de surgencia similares a las típicamente observadas en verano en Chile central, y que estuvieron asociadas a periodos de alta productividad primaria.
4. La localidad de Cucao permanecía con altas concentraciones de nutrientes y alta biomasa fitoplanctónica (indicando alta productividad primaria) al momento del crucero a bordo del Cabo de Hornos. En esta fase del análisis aún no es posible explicar este patrón espacial, pero podría estar asociado a mortandad de organismos bentónicos observados.
5. La columna de agua en el punto de vertimiento de salmones presentó una señal de amonio, con altas concentraciones de este nutriente en la capa sub-superficial y a una distancia de la costa tales que la explicación más plausible, a juicio de los miembros de esta comisión, es que este incremento en concentraciones de amonio haya resultado del vertimiento de salmones. Considerando que al momento del crucero habían transcurrido al menos 2 meses desde el vertimiento, es necesario verificar mediante cálculos estequiométricos y estimaciones de la tasa de degradación de amonio a las temperaturas observadas mediante perfiles hidrográficos, si las concentraciones detectadas en el crucero efectivamente podrían ser un resabio del vertimiento.
6. La zona del mar interior de Chiloé presenta una mayor concentración de nutrientes que la zona oceánica, pero a la fecha del crucero no se apreció un nivel elevado de biomasa fitoplanctónica que sugiriera un incremento importante en la productividad primaria.

NOTA:

Los análisis de sedimentos (Universidad de Concepción), de fitoplancton (Universidad de Los Lagos), así como la información molecular del fitoplancton y presencia/concentración de toxinas (P. Universidad Católica de Chile en colaboración con Universidad Mayor y el Alfred Wegener Institute en Alemania) están aún en proceso. Toda la información será expuesta en un taller a expertos para validar los resultados encontrados, y serán presentados en un informe final en el mes de Octubre a más tardar.

Agradecimientos a colaboradores para la preparación de este informe:

Información y discusión de resultados

- Dr. René Garreaud (Universidad de Chile), figuras y datos.
- Dr(c). Gonzalo Saldías (Oregon State University, Estados Unidos), datos satelitales MODIS-Aqua.
- Dr. Marcus Sobarzo (Universidad de Concepción), apoyo en interpretación datos físicos

Expedición oceanográfica en Cabo de Hornos

- Dra. Nicole Trefault (Universidad Mayor), apoyo en muestreo y protocolos.
- Instituto Milenio IMO (Universidad de Concepción), equipamiento hidrográfico y personal especializado para su operación a bordo.
- Centro CONICYT-Basal COPAS Sur-Austral (Universidad de Concepción), equipos y personal para mediciones hidrográficas y muestreo de sedimentos.
- Centro FONDAP INCAR (Universidad de Concepción), equipos y personal especializado en la medición de oxígeno disuelto en agua de mar.
- Armada de Chile, tripulación Cabo de Hornos.

Informe preliminar

Comunicado de Prensa

Comisión científica descarta relación causal entre la marea roja y el vertimiento de salmones

Santiago, 18 de agosto. Tras 11 semanas de investigación respecto del fenómeno de marea roja que ocurrió en la Región de Los Lagos, el comité de científicos independientes presentó un informe de avance al Ministerio de Economía, Fomento y Turismo que concluyó que el vertimiento de salmones no fue un agente causal de la marea roja.

El grupo de expertos conformado por Alejandro Buschmann (U. de Los Lagos), Laura Farias (U. de Concepción), Fabian Tapia (U. de Concepción), Daniel Varela (U. de los Lagos) y Mónica Vásquez (Universidad Católica) concluyeron una serie de hechos luego de un arduo proceso de revisión de diversas fuentes históricas, toma de muestras, análisis climáticos y oceanográficos y además de obtención de datos obtenidos por la expedición científica Cabo de Hornos:

- El vertimiento de salmones se llevó a cabo en un periodo (14 al 23 de marzo de 2016) en que el viento predominante en la región era propicio para el transporte de material hacia el norte y hacia el oeste, no hacia la costa.

- Además, se debe considerar que al momento de realizar el vertimiento, ya existían floraciones algales nocivas, más conocidas como marea roja, en diferentes puntos de la región de Los Lagos y Aysén. Por lo tanto, el vertimiento no puede considerarse agente causal de la floración.

- El vertimiento de salmones generó una señal ambiental, en la forma de un aumento en la concentración de amonio en el agua, detectado durante el muestreo de la expedición oceanográfica a bordo del Cabo de Hornos. Normalmente, las concentraciones de amonio en el océano son extremadamente bajas. Sin embargo, a dos meses del vertimiento fue posible detectar concentraciones de hasta 10 veces mayores a lo normal. La explicación más plausible para estos niveles de amonio en el océano abierto es la descomposición de las 4500 toneladas de salmones vertidos en marzo 2016.

- Las altas concentraciones de amonio detectadas en la zona del vertimiento no fueron observadas entre el punto de vertimiento y la costa. Esto, combinado con el escenario meteorológico y oceanográfico predominante en esas fechas, nos permite descartar un transporte hacia la costa de los nutrientes generados por la descomposición de salmones vertidos mar afuera.

- Lo anterior, y el resto de la evidencia recopilada desde información climática, meteorológica, oceanográfica, y biológica analizada por este comité, y obtenida tanto desde fuentes públicas nacionales e internacionales como desde el crucero, nos permite concluir que el vertimiento de salmones realizado a 75 millas náuticas al oeste de la costa de Chiloé, no tiene relación directa con las floraciones de algas nocivas en la región.

Al respecto, la Presidenta de la Academia Chilena de Ciencias y Premio Nacional de Ciencias Exactas 1997, María Teresa Ruiz, señaló “este informe constituye un hito en la relación entre la ciencia y nuestra sociedad en respuesta a una solicitud del Ministerio de Economía que reflejaba una emergencia nacional. Al mismo tiempo nos enorgullece la rápida respuesta y disposición de científicos chilenos de reconocimiento internacional ante esta coyuntura”

La vocera del comité científico, Mónica Vásquez precisó que “el vertimiento de salmones no tiene una relación causal con las floraciones algales nocivas observadas en la región. Las condiciones climáticas y oceanográficas fueron propicias para el desarrollo de estas floraciones más comúnmente llamada marea roja”

Cabe destacar que dentro de las fuentes revisadas están: Datos públicos disponibles y aportados por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Subsecretaría de Pesca, registros satelitales internacionales, datos aportados por oceanógrafos de la Universidad de Concepcion y la Universidad de los Lagos, académicos de la Universidad Austral, Centros Fondap como el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2), el Instituto Milenio de Oceanografía (IMO) y datos obtenidos por el crucero en el Cabo de Hornos en el que colaboraron académicos de la Universidad Católica, Universidad Mayor, Universidad de Concepción, Universidad de Los Lagos, representantes de la sociedad civil de Chiloé, y la Armada de Chile.

El comité científico presentará en el mes de octubre de este año una serie de recomendaciones para que el país pueda enfrentar de mejor manera este tipo de eventos.

COMISIÓN CIENTÍFICA MAREA ROJA, ACADEMIA DE CHILENA DE CIENCIAS