

DINÁMICA DE LOS FLORECIMIENTOS MASIVOS DE FITOPLANCTON SOBRE LA PLATAFORMA CONTINENTAL ARGENTINA

J. Pérez Marrero, D. Vega Moreno, C. Llerandi, M. Villagarcía, M^a J. Rueda y O. Llinás.

Instituto Canario de Ciencias Marinas. Apdo. 56, Telde, Gran Canaria. jpmarrero@iccm.rcanaria.es

RESUMEN

Se presentan los resultados del estudio de la variabilidad espacial y temporal de la abundancia y las características ópticas del fitoplancton en las aguas de la plataforma continental y el talud de Argentina entre los paralelos 37° y 50° S. Esa área fue cubierta por una campaña de observación in situ que ha permitido recolectar la verdad terrena que se ha usado para relacionar la variación de las propiedades registradas por los sensores remotos, con la diversidad de comunidades fitoplanctónicas y también con los distintos ambientes hidrográficos, tales como la presencia de frentes termohalinos, la estratificación y los frentes de marea.

ABSTRACT

Some results regarding the study of spatial and temporal variability of phytoplankton blooms over the Argentinian continental shelf and slope are presented. The area was surveyed during a quasi synoptic cruise in March 2008. Ground truth measurements were compared with those from the remote sensors, and relationships were established between ocean colour and phytoplankton populations variability. At the same time, dynamics of the blooms were correlated to prevailing hydrographical conditions, such as the presence of thermohaline fronts, the degree of stratification and tidal fronts.

Palabras clave: fitoplancton, grupos funcionales, dinámica de florecimientos, series temporales.

INTRODUCCIÓN

Sobre la plataforma continental argentina tiene lugar, de forma casi permanente, la proliferación de grandes agregaciones de fitoplancton, que se aprecian claramente en las imágenes de los sensores satelitales de color del océano. La magnitud de estos fenómenos es importante a escala global, siendo la producción primaria de esta región comparable a la de los máximos estacionales de las corrientes de frontera Este (García, et al 2008). Del mismo modo el sumidero de CO₂ atmosférico asociado a esta importante área de producción biológica es muy significativo (Takahasi et al, 2002).

La mayor de estas agregaciones de fitoplancton (blooms), tiene lugar de forma casi permanente sobre el borde del talud continental, asociada a la interacción de la fuerte Corriente de Malvinas (figura 1) que transporta agua subantártica superficial, con alto contenido de macro nutrientes (Carreto et al, 1995), con las aguas mas dulces situadas sobre la plataforma continental, que proporcionan, debido a la aportación fluvial, micronutrientes esenciales para el desarrollo de estos blooms (Windom, et al, 2006). Estudios basados en teledetección han relacionado estos blooms con la proliferación de cocolitofóridos, que por sus esqueletos calcáreos, producen altas reflectancias en todo el espectro visible (Brown and Pdestá, 1997),

incluyendo la porción del azul, donde la mayoría del fitoplancton presenta fuerte absorción.

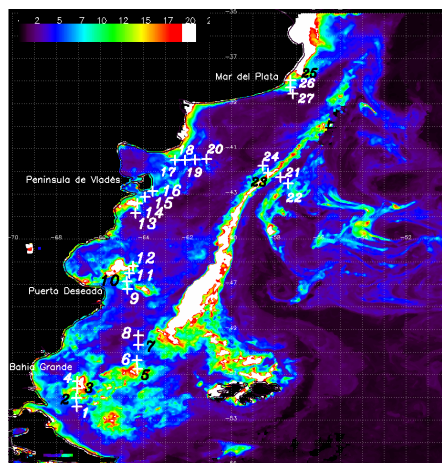


Figura 1.- Blooms de fitoplancton en el área de estudio. La imagen multitemporal de MODIS, representa la concentración de clorofila, para el periodo de 8 días de la campaña. También se muestra la localización de las estaciones de muestreo -centinelas- in situ y la toponimia.

Junto a esta gran estructura, un número importante de blooms de forma más o menos

globular, se desarrollan en diversas áreas de aguas someras, y que han sido menos estudiados (García et al 2008). Durante la campaña de oportunidad Bloom 2008, llevada a cabo desde el BIO Hespérides, se tuvo la oportunidad de muestrear in situ un total de seis de estos blooms incluyendo un corte transversal de la anteriormente mencionada Corriente de Malvinas (figura 1). Las medidas de verdad terrena, que incluyeron tanto parámetros ópticos como hidrográficos, permitieron una caracterización completa de los pigmentos en cada uno de los blooms. Usando técnicas de reconstrucción espectral (Fujiki y Taguchi, 2002), se han podido evaluar la contribución de los distintos pigmentos, característicos de varios grupos funcionales de fitoplancton (Jeffrey et al, 1999) a la variabilidad de la señal reflectancia obtenida por el radiómetro multispectral MODIS Aqua.

Las relaciones de primer y segundo orden obtenidas, se han utilizado junto con las series temporales de imágenes de satélite para obtener una aproximación a la variabilidad temporal de los grupos fitoplanctónicas, y su contribución a la biomasa total.

MATERIAL Y METODOS

Verdad terrena

Utilizando imágenes de color y temperatura, se determinaron las posiciones de muestreo atravesando 6 grandes estructuras fitoplanctónicas a lo largo de la plataforma y talud continental de la Patagonia. En un total de 27 estaciones se midieron una serie de parámetros hidrográficos (Temperatura, salinidad, nutrientes, concentración de clorofila, oxígeno disuelto) y ópticos (irradiancia ascendente y descendente, radiación disponible para fotosíntesis. En estos mismos puntos, se hizo la determinación de los pigmentos individuales a cada profundidad, usando la técnica HPLC propuesta por el panel de expertos de SIMBIOS IGBP (Fargion and Mueller, 2000). Determinándose un total de 23 pigmentos fotosintéticos y fotoprotectores, de los cuales muchos permiten la diferenciación de grupos funcionales del fitoplancton, dado su carácter discriminante, para unas u otras especies. Existen varios criterios para el agrupamiento funcional – diferente papel en ciclos biogeoquímicos de las especies de fitoplancton, generalmente basados en proporciones entre estos pigmentos.

Imágenes de satélite

Para la presente investigación se han usado todas las imágenes disponibles del sensor MODIS Aqua cubriendo toda el área de la plataforma

continental argentina, durante un periodo de las 12 semanas previas a la realización de la campaña Bloom 2008 (del 13 al 21 de marzo de 2008). Usando el procesador SeaDAS, se obtuvo la radiancia normal emergente del agua en seis longitudes de onda del visible $nLw(\lambda)$ ($mW\ sr^{-1}\ m^{-2}$). La cual se convirtió en reflectancia teledetectada Rrs , usando los valores publicados de la irradiancia solar extraterrestre -promediados para el ancho de banda de los detectores- para los canales espectrales del sensor MODIS Aqua publicados por NASA. Los valores de la temperatura superficial del mar y concentración de clorofila 'a' superficial, se obtuvieron mediante los algoritmos estándar OC3v3 publicados para este sensor (IOCCG, 2006). Se estimó la absorbancia de la materia orgánica coloreada disuelta (CDOM), empleando el modelo de dependencia espectral de Carder et al, (2004). Durante el mismo periodo, se analizaron los campos de velocidades geostroficadas obtenidos de varios altímetros (AVISO <http://www.aviso.cnes.fr>), para obtener una representación más completa de las condiciones hidrográficas en que los blooms se desarrollan.

Una vez obtenidos los valores geofísicos de interés, para cada pase, se obtuvieron valores promediados multitemporales (mosaicos), incluyendo la información de 5 días a fin de mejorar la visión de conjunto en un área con una cobertura nubosa importante. Con estos promedios se determinaron las posiciones de los muestreos in situ. A la hora de comparar las medidas satelitales con la verdad terrena, se obtuvo un conjunto de 22 pares coincidentes (satélite - in situ), libres de nubes en el mismo día, de un total de 27 estaciones posibles.

RESULTADOS

Las medidas in situ, mostraron que en la mayoría de los casos las aguas sobre la plataforma presentan estabilidad vertical, con una estratificación en dos capas, siendo la superficial la que aloja más del 90% del fitoplancton, en base a la concentración de clorofila 'a'. Asociado a los blooms se observa en todos los casos producción neta de oxígeno, indicando un desplazamiento favorable a la fotosíntesis en el equilibrio entre producción y consumo. Algunos de los blooms (transectos 1 a 3, figura 2) se localizaron sobre frentes termohalinos importantes, tal como muestran las imágenes de temperatura, en estos casos el análisis de pigmentos mostró diferencias claras en la especiación del fitoplancton a uno y otro lado de los frentes. Los transectos 4 y 5 se llevaron a cabo sobre blooms de aguas someras, en la zona de la Península de Valdés, donde se producen frentes de marea importantes y se

encontraron con frecuencia los valores más altos de clorofila 'a'. También las diferencias en la composición pigmentaria son notables al comparar estos blooms con los 3 anteriores. El transecto 6, por su parte es un corte transversal sobre el borde del talud continental, en el que la producción primaria está circunscrita a la parte de la plataforma.

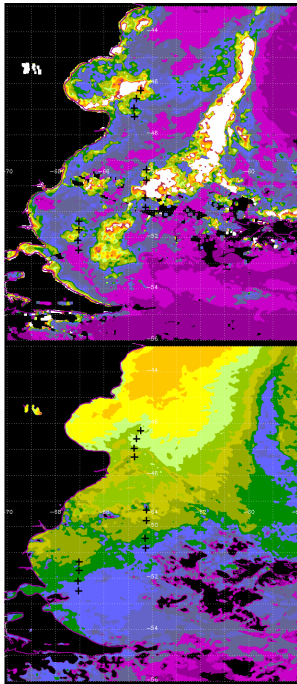


Figura 2.- Características de los blooms de las zonas frontales. Concentración de clorofila (arriba) y temperatura superficial del mar (abajo).

Las medidas de satélite mostraron asimismo gran variedad de distribuciones cromáticas en los correspondientes espectros de R_{rs} . Con diferencias mas marcadas entre los distintos blooms, y mas graduales dentro de cada transecto.

Escala espacio temporales

Para determinar la variabilidad espacio temporal a corto plazo se estableció una red euleriana de puntos 'centinelas' centradas en las posiciones muestreadas en la campaña. De ella se extrajeron los valores teledetectados a lo largo de un periodo total de 12 semanas, correspondientes a la etapa final del verano austral. Se determinaron las escalas espaciales y temporales de decorrelación de los aumentos y disminuciones de la clorofila total. La distancia entre estaciones, mucho mayor que la

escala espacial de la mezcla turbulenta, permite que las series temporales obtenidas en cada punto, y las correlaciones entre ellas den cuenta de la evolución de la dinámica del fenómeno, y puedan considerarse independientes de los efectos debidos al transporte advectivo (Tzella y Haynes, 2007).

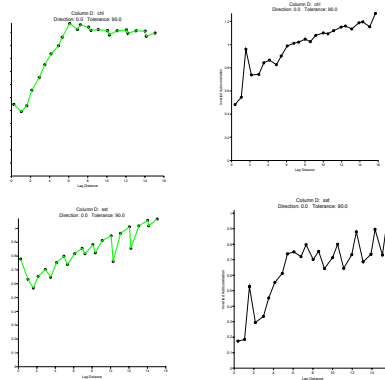


Figura 3.- Variogramas de la distribución espacio temporal de los campos de concentración de clorofila a (arriba) y temperatura superficial del mar (abajo) en las distintas zonas. Frente Sur (derecha) y Península de Valdés (izquierda).

Los blooms de la plataforma presentan una escala espacial de entre 100 y 200 km., y ciclos de apogeo-decaimiento entre 8 y 15 días, especialmente los que se sitúan sobre gradientes térmicos fuertes, entre 2-3° C en 100 Km., (transectos 1 y 2 y en menor medida el 3°). Estos gradientes se producen por el encuentro del agua subantártica superficial con las aguas de plataforma, que mas someras, han tenido tiempo de calentarse durante el verano austral, dando lugar a los frentes. En estos casos, es la parte somera del frente, la que presenta mayor estratificación vertical y mayor contenido de fitoplancton. Estudiando los transectos sobre las imágenes se pueden apreciar estructuras finas en la distribución de pigmentos con escalas típicas de unas 20 millas náuticas, en cada uno de los blooms que se ubican sobre los frentes.

La interrelación entre los campos de temperatura y de fitoplancton para los blooms situados al sur del paralelo 38° S, queda patente en sus distribuciones espacio-temporales (figura 3). Se aprecia una tendencia general de sincronización entre la intensidad del frente térmico y la abundancia de fitoplancton. Sin embargo. Al norte se observan varios blooms aislados, en los que el aumento del contenido de clorofila, se asocia a los lados cálidos de los frentes. En la zona de P. Valdés, por el

