

# Blooms de fitoplacton (SeaWiFS) en el Golfo de Vizcaya y Canal de la Mancha a lo largo de la ruta del ferry *Pride of Bilbao*

C. García-Soto  
carlos.soto@st.ieo.es

Instituto Español de Oceanografía (IEO)  
Promontorio de San Martín, s/n. 39004 Santander.

## RESUMEN

El ciclo estacional de concentración de fitoplancton ha sido examinado en el Golfo de Vizcaya y regiones adyacentes a lo largo del transecto del Ferry Pride of Bilbao (Bilbao-Portsmouth) usando datos de satélite del sensor de color SeaWiFS. El bloom primaveral de fitoplancton se desarrolla regularmente en la región oceánica del Golfo de Vizcaya desde mediados de Marzo hasta principios de Mayo presentando concentraciones máximas de clorofila en torno a 2-4 mg Chl *a* m<sup>-3</sup>. Blooms de otoño también son detectados episódicamente en el talud del Mar Céltico en Noviembre-Diciembre. Durante el verano (Julio-Agosto) blooms excepcionales de fitoplancton (el dinoflagelado tóxico *Karenia mikimotoi*) son observados en el Canal de la Mancha durante los años 2000, 2002 y 2003 con concentraciones máximas de clorofila tan altas como 40 mg SeaWiFS Chl *a* m<sup>-3</sup>. El estudio plurianual es extendido a la región Cantábrica central donde se lleva a cabo un muestreo mensual regular desde 1991.

**PALABRAS CLAVE:** bloom, fitoplancton, estacionalidad, primavera, Golfo de Vizcaya, Canal de la Mancha, SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field of view Sensor).

## ABSTRACT

The seasonal cycle of chlorophyll concentration has been examined in the Bay of Biscay and adjacent regions along the track of the Ferry Pride of Bilbao (Bilbao-Portsmouth) using SeaWiFS satellite data. The spring bloom of phytoplankton develops regularly in the oceanic region of the Bay of Biscay from mid March to the beginning of May with peak chlorophyll concentrations ranging 2-4 mg Chl *a* m<sup>-3</sup>. Autumn blooms of phytoplankton are also detected episodically in the southern area and Celtic shelf-break around November-December. On summer (July-August) exceptional blooms of phytoplankton (the dinoflagellate *Karenia mikimotoi*) develop in the Western English Channel with chlorophyll concentrations as high as 40mg SeaWiFS Chl *a* m<sup>-3</sup>. The pluriannual satellite study is extended to the central Cantabrian shelf (southern Bay of Biscay) where a regular section is sampled monthly since 1991.

**KEY WORDS:** bloom, phytoplankton, seasonality, spring, Bay of Biscay, Western English Channel, SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field of view Sensor)

## INTRODUCCIÓN

FerryBox es un Proyecto de la Unión Europea que usa los Ferries como barcos de oportunidad para llevar a cabo investigación sobre eutrofización y producción planctónica, transporte de sedimentos y contaminantes y masas de agua. La Figura 1 muestra las 8 líneas que han operado en Europa durante la realización del Proyecto. El presente estudio se enmarca en el Objetivo 1 del Proyecto FerryBox y analiza la ocurrencia de los blooms de fitoplancton principales a lo largo de la ruta del Ferry *Pride of Bilbao*. Esta ruta se extiende desde Bilbao a Portsmouth y cruza la región oceánica del

Golfo de Vizcaya (GV), el talud y plataforma del Mar Céltico (T y MC) y el Canal de la Mancha (CM). El análisis presentado aquí es llevado a cabo usando datos de concentración de clorofila del sensor SeaWiFS a lo largo de la ruta del Ferry y es un paso previo al futuro uso operacional de las medidas de fluorescencia superficial en continuo.

La relevancia de este estudio es grande. El bloom primaveral de fitoplancton es uno de los procesos biológicos más extensos en los océanos y tiene implicaciones ecológicas significativas. En ausencia de otros procesos de fertilización (por ejemplo afloramientos en la costa) el momento de su ocurrencia puede determinar por acoplamiento-desacoplamiento

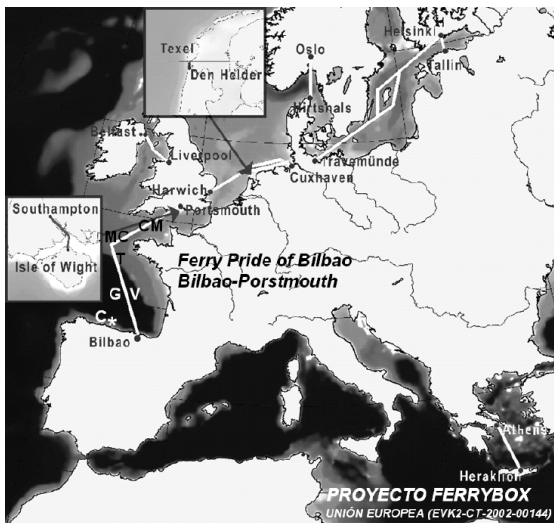


Figura 1. Ruta de los Ferries del Proyecto Europeo

to temporal el grado de supervivencia de niveles tróficos superiores como las larvas de peces, y así controlar el éxito del reclutamiento de pesquerías comerciales importantes en latitudes medias y altas. La fijación de  $\text{CO}_2$  por el fitoplancton durante la primavera también representa aproximadamente el ~25% del  $\text{CO}_2$  total transferido anualmente desde la atmósfera al océano (e.g. Taylor *et al.*, 1992), y así la intensidad o magnitud máxima del bloom es también de significación climática. Durante el verano blooms excepcionales de dinoflagelados tóxicos de la especie *Karenia mikimotoi* (antes conocida como *Gyrodinium aureolum*) han sido descritos en el pasado (Pingree *et al.*, 1977) a lo largo de la ruta del Ferry que es analizada aquí (Bilbao - Portsmouth).

## METODOLOGÍA

El estudio ha sido llevado a cabo usando archivos de Nivel 3 de concentración de clorofila de la NASA (DAAC-GSFC) que tienen una resolución espacial inicial de 9 km y una resolución temporal de 8 días (media temporal de observaciones diarias). Durante el trabajo se usó un total de 291 archivos que cubrieron el periodo Enero 1998-Abril 2004. Los archivos SeaWiFS fueron submuestreados a lo largo de la ruta del Ferry Pride of Bilbao usando un archivo log de coordenadas y subsecuentemente fueron representados frente a tiempo en cuadrículas de 8 días y  $0.125^\circ$  de latitud.

Las mejoras realizadas por los últimos reprocesamientos del archivo SeaWiFS pueden ser encontra-

dos en <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/REPROCESSING/>. Estos incluyen entre otros una corrección atmosférica mejorada y una versión revisada del algoritmo de clorofila OC4.

En el Golfo de Vizcaya, Gohin *et al.* (2002) ha puesto de manifiesto recientemente la necesidad de aplicar algoritmos regionales en la región de plataforma francesa (no incluida en este trabajo) para derivar la concentración de fitoplancton. En esta región los grandes aportes fluviales del Garona y Loira principalmente resultan en una concentración muy elevada de gelbstoff (materia orgánica disuelta) y materia en suspensión que inhabilita el uso de los algoritmos SeaWiFS generales para derivar la concentración de fitoplancton.

Otras publicaciones previas relacionadas con el estudio pueden ser encontradas en Treguer *et al.* (1979) y García-Soto y Pingree (1998) que analizan el bloom primaveral en la región oceánica del Golfo de Vizcaya con datos de Campañas Oceanográficas incluyendo perfiles SeaSoar en continuo (García-Soto y Pingree, 1998). Este trabajo muestra con datos *in situ* plurianuales durante 20 años las diferentes estacionalidades de la concentración de fitoplancton en la región oceánica del Golfo de Vizcaya ( $47^\circ\text{N}$ ) y en las regiones adyacentes de talud y plataforma, con regímenes hidrodinámicos muy diferenciados. Imágenes SeaWiFS del bloom primaveral en la región oceánica pueden ser encontradas en García-Soto *et al.* (2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 muestra la distribución latitud-tiempo de concentración de clorofila SeaWiFS a lo largo de la ruta del Ferry Pride of Bilbao (Bilbao-Portsmouth) durante los tres años de muestreo del Proyecto FerryBox (2002, 2003 y 2004). La ruta del Ferry cruza varios ambientes hidrográficos muy diferenciados: la región oceánica del Golfo de Vizcaya (GV), el talud continental (T) y plataforma (MC) del Mar Céltico y la región oeste del Canal de la Mancha (CM) (ver Figura 1).

### Bloom primaveral de fitoplancton en el Golfo de Vizcaya

En la región oceánica del Golfo de Vizcaya (hasta  $\sim 46.5^\circ\text{N}$ ) se observa que el bloom primaveral de fitoplancton tiene lugar en Marzo en la zona sur y a finales de Abril en la zona norte (Figura 2). Existe

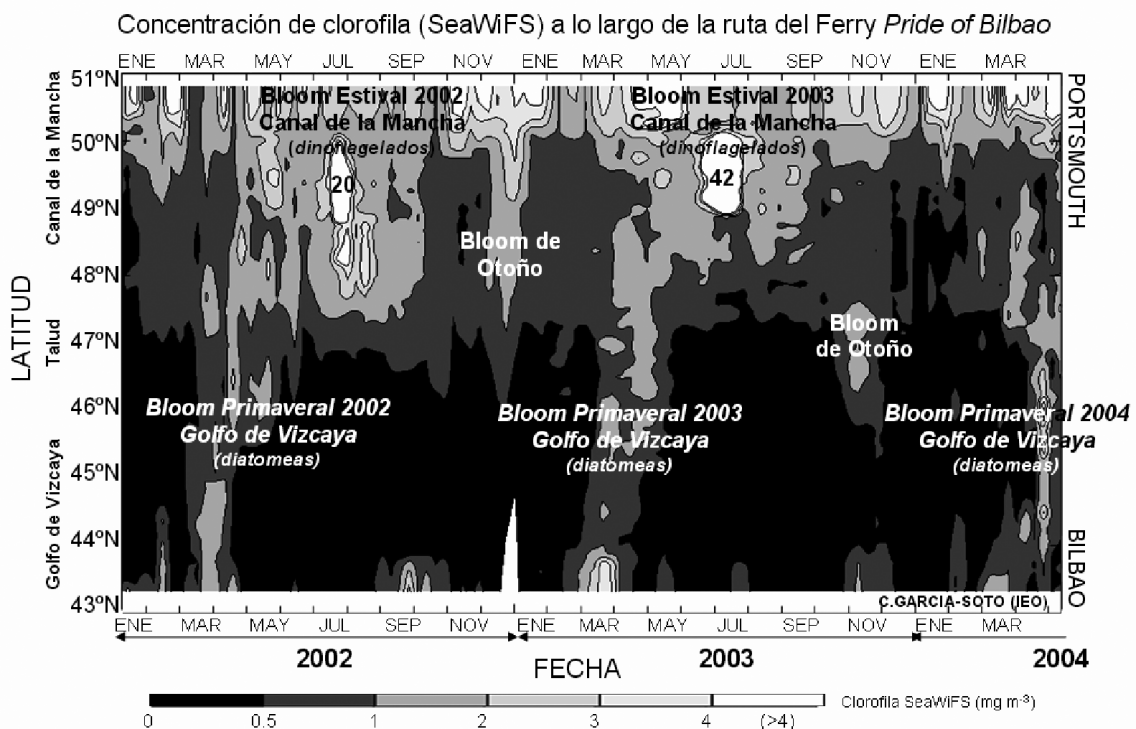
C. García-Soto

variabilidad interanual en la intensidad de este bloom con los valores máximos en 2002 (1-2 mg m<sup>-3</sup>) prácticamente doblados (4-5 mg m<sup>-3</sup>) en los años 2003 (región sur del Golfo de Vizcaya) y 2004 (región norte). Un detalle del bloom primaveral de 2004 es mostrado en la Figura 3 que ilustra la diferente dinámica espacio-temporal en la región oceánica respecto a los blooms de primavera en la regiones adyacentes del talud y plataforma Céltica. En la región oceánica cercana al talud el desarrollo fitoplanctónico máximo tiene lugar el 29 Abril, muy próximo al día Juliano 120 como se observo para esta área bajo condiciones anticiclónicas de baja intensidad del viento y en prácticamente ausencia de estratificación vertical o mecanismo de Huisman (García-Soto y Pingree, 1998). La ruta del Ferry (ver Figura 2) también cruza regiones de blooms de otoño menos regulares en la plataforma y talud del Mar Céltico que tienen lugar respectivamente en Noviembre-Diciembre 2002 y Noviembre 2003.

### Blooms estivales de dinoflagelados tóxicos en el Canal de la Mancha

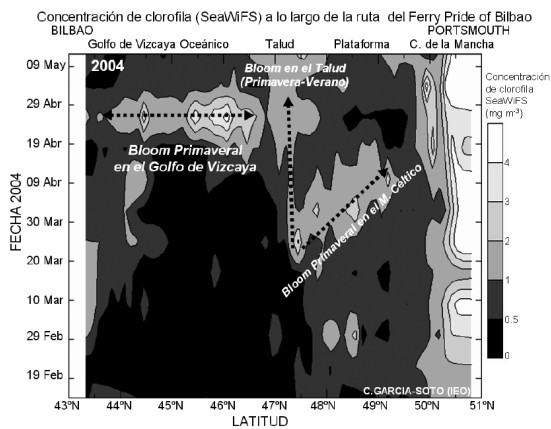
Blooms relevantes a lo largo de la ruta del Ferry incluyen blooms muy intensos durante el verano en la región oeste del Canal de la Mancha. Los datos SeaWiFS de esta región han sido analizados durante 6 años completos (1998-2003) y muestran la ocurrencia de estos blooms excepcionales durante el verano del 2000 (Julio-Agosto), el verano 2002 (Julio-Agosto) y el verano 2003 (Junio-Julio). Blooms estivales del dinoflagelado tóxico *Karenia mikimotoi* han sido descritos previamente (Pingree, 1977) y estudios *in situ* del bloom del año 2003 (Kelly-Guerrein *et al.*, 2004) confirman esta especie. Los valores máximos de concentración de clorofila (SeaWiFS) en estos tres años excepcionales a lo largo de la ruta del Ferry son 24, 20 y 42 mg SeaWiFS Cla m<sup>-3</sup> (2003).

Junto a los blooms de dinoflagelados en verano (Julio-Agosto) y de diatomeas en primavera (Abril) la región se caracteriza por la ocurrencia de blooms



**Figura 2.** Distribución latitud-tiempo mostrando la concentración de fitoplancton a lo largo de la ruta del Ferry *Pride of Bilbao* (Bilbao-Portsmouth). La ruta cruza la región oceánica del Golfo de Vizcaya, el talud del Mar Céltico y el Canal de la Mancha.

## Blooms de fitoplancton (SeaWiFS) en el Golfo de Vizcaya y Canal de la Mancha

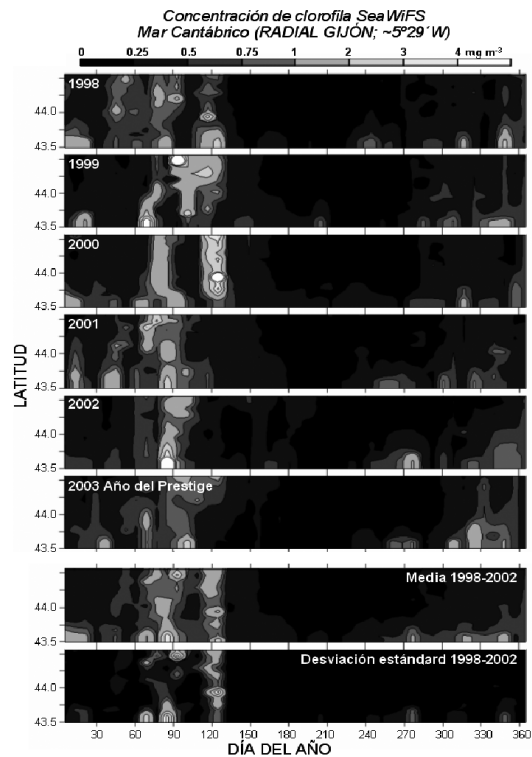


**Figura 3.** Bloom primaveral de fitoplancton en la región oceánica del Golfo de Vizcaya, en el talud y en la plataforma del Mar Céltico en la primavera de 2004 (días en eje vertical).

de coccolitofóridos en Junio (García-Soto *et al.*, 1995). Estos blooms altamente reflectantes son también observados en el Golfo de Vizcaya en Mayo como se muestra por ejemplo en la portada. Debido a su reflectancia son eliminados de la estima de la concentración de clorofila por satélite (archivos NASA) aunque son importantes en el cálculo del balance de exportación de C (C inorgánico). Se ha estimado que su ocurrencia representa localmente el equivalente a un segundo bloom primaveral (García-Soto *et al.*, 1995).

### Estacionalidad fitoplanctónica en la región Cantábrica

Además de la línea del Ferry otras líneas de muestreo del Proyecto FerryBox en el Golfo de Vizcaya incluyen dos pequeños transectos en la plataforma y talud Cantábricos (Gijón y Santander) muestreados mensualmente por el IEO como parte de su Programa Radiales. La Figura 4 presenta un análisis de los datos SeaWiFS para la radial de Gijón (~5°29'W). El análisis de teledetección presenta una resolución temporal (8 días) superior al muestreo *in situ* (mensual). Las medidas muestran que en la región analizada el bloom primaveral tiene lugar no sólo como un episodio único sino como una serie de episodios (de 1 a 4 blooms con una concentración  $\geq 1 \text{ mg Cl a m}^{-3}$ ) que se desarrollan de Enero hasta mediados de Mayo. También se observan en esta área blooms durante el otoño ( $\geq 1 \text{ mg Cl a m}^{-3}$ ) con una ocurrencia regular y una mayor incidencia en la región costera.



**\*Figura 4.** Estacionalidad de la concentración de fitoplancton anual en una sección radial en el Mar Cantábrico (posición C en Figura 1).

### El bloom primaveral posterior al vertido del petrolero Prestige

El año 2003, posterior al accidente del petrolero Prestige (e.g. García-Soto, 2004), ha sido destacado en la Figura 4 y comparado con la media y la desviación estándar interanual de los 5 años previos. Durante 2003 un único bloom se extiende desde la costa hasta la región oceánica (44.5°N) en oposición a los dos blooms de la distribución media. La desviación interanual es comparable a la media y la ausencia del segundo bloom durante 2003 puede ser considerada incluida en la variabilidad natural interanual de la región. Comparaciones y conclusiones similares han sido obtenidas por Varela *et al.* (en prensa) que muestra adicionalmente los datos mensuales *in situ* del Programa Radiales. Los resultados reflejan fundamentalmente la importancia de las mediciones de alta frecuencia para establecer una línea base frente a la cual examinar efectos antropogénicos (el vertido del Prestige en este caso) y las desviaciones debidas al Cambio Global.

Todas las figuras precedidas de asterisco se incluyen en el cuadernillo anexo de color

C. García-Soto

### Futuros estudios del Golfo de Vizcaya

Dentro del proyecto FerryBox las observaciones de blooms de primavera, verano y otoño en el Golfo de Vizcaya y regiones adyacentes son un marco referencia importante en la interpretación de los valores de fluorescencia superficial en continuo obtenidos por los sistemas autónomos a bordo de los Ferries. En el lado no operacional del trabajo los datos SeaWiFS presentados aquí en combinación con datos de satélite de *stress* del viento y temperatura superficial permitirán en el futuro analizar la influencia de las condiciones atmosféricas y el ciclo estacional de calentamiento en la iniciación del bloom primaveral. Un estudio de este tipo avanzará notablemente el conocimiento actual (e.g. García-Soto, 2005) de la Oceanografía del Golfo de Vizcaya.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de un Editor suplente en la evaluación de este manuscrito. El estudio forma parte de los Proyectos FerryBox (Unión Europea; EVK2-CT2002-00144), Dinaprof (MEC; REN 2003-09549-C03-01) y el Proyecto de la Agencia Espacial Europea (ESA) *Timing and structure of the Spring Phytoplankton Bloom in the Bay of Biscay* (Ref. CAT1-2808).

### BIBLIOGRAFÍA

- GARCÍA-SOTO, C. 2004. Prestige Oil Spill and Navidad flow. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 84: 297-300.
- GARCÍA-SOTO, C. 2005. Oceanografía del Golfo de Vizcaya. En *El Cimarrón del Atlántico N y Mediterráneo*, J. L. Cort Ed. Publicaciones IEO, pp. 66-69.
- GARCÍA-SOTO, C., FERNÁNDEZ, E., PINGREE, R. D. y HARBOUR, D. H. 1995. Evolution and structure of a coastal coccolithophore bloom in the W English Channel. *J. Plankton Res.* 17: 2011-2036.
- GARCÍA-SOTO, C. y PINGREE, R. D. 1998. Late autumn distribution and seasonality of chlorophyll *a* at the shelf-break/slope region of the Armorican and Celtic shelf. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 78: 17-33.
- GARCÍA-SOTO, C., PINGREE, R. D. y VALDÉS, L. 2002. Navidad development in the southern Bay of Biscay: Climate Change and swoddy structure from Remote Sensing and *in situ* measurements. *J. Geophys. Res.* 107 (C8), doi: [10.1029/2001JC001012](https://doi.org/10.1029/2001JC001012).
- GOHIN, F., DRUON, J. N. y LAMPERT, L. 2002. A five channel chlorophyll concentration algorithm applied to SeaWiFS data processed by SeaDAS in Coastal waters. *Int. J. Rem. Sens.* 23: 1639-1661.
- KELLY-GUERREIN, B. A., QURBAN, M. A. HYDES, D. J., FERNAND, L., PUILLAT, I. JÉGOU, A. M., LAZURE, P. y GARCÍA-SOTO, C. 2004. Understanding intense *Karenia mikimotoi* blooms in the western English Channel. *Ferrybox Open Conference*. Southampton (Reino Unido), 5-6 Octubre 2004.
- PINGREE, R. D., HOLLIGAN, P. M. y HEAD, R. N. 1977. Survival of dinoflagellate blooms in the western English Channel. *Nature* 265: 266-269.
- TAYLOR, A. H., WATSON, A. J. y ROBERTSON J. E. 1992. The influence of the spring phytoplankton bloom on carbon dioxide in the surface waters of the NE Atlantic. *Deep-Sea Res. Part I* 38: 137-152.
- TRÉGUER, T., LE CORRE, P. y GRALL, R. 1979. The seasonal variations of nutrients in the upper waters of the Bay of Biscay region and their relationship to phytoplankton growth. *Deep-Sea Res. Part I* 26 1121-1152.
- VARELA, M. et al. (+14) (en prensa). The effect of the Prestige oil spill on the plankton in the N-NW Spanish coast. *Mar. Poll. Bull.*