

## UN AJUSTE DE LA ESTIMACION DE PIGMENTOS CLOROFILICOS EN EL ENTORNO DE CANARIAS

C. Rodríguez-Benito; J. Pérez-Marrero y O. Llinás

Instituto Canario de Ciencias Marinas. Apdo 56, Telde. 35200 Gran Canaria.

### ABSTRACT

Chlorophyll-like pigment concentration in CZCS images, using several algorithms have been computed. The satellite data have been obtained from the OCEAN program.

A seasonal series of *in situ* and remote sensing data from the same period (1981-1985) are compared. The distribution of the Deep Chlorophyll Maximum (DCM) and its variability during the period of the study is observed and the correlation of the integrated values of chlorophyll in the water column and the satellite data are compared.

The *in situ* data come from a group of stations, perpendicular to the coast of the island, which is formed by 5 stations from 25 and 1500 meters depth. Also temperature, salinity, oxygen and nutrients have been measured.

The Canary Islands waters present a variable chlorophyll concentration and, although they could be classified as case I waters they are not always in such a range of concentration. For this reason a deeper study is necessary to establish the bio-optical classification of the study area.

### INTRODUCCIÓN

La nueva generación de satélites de color del océano incluye los satélites OCTS y MOS, que ya han comenzado su funcionamiento, así como los que estarán disponibles en el futuro próximo (SeaWiFS, MODIS, MERIS). Esta información, junto a la de los programas de observación que se están llevando a cabo en el área de las Islas Canarias (ESTOC, CANIGO, etc.) ha impulsado el interés y las posibilidades de trabajar en la integración de estos datos, en el entorno del archipiélago.

Con este objetivo se revisó la información disponible para la zona de los datos procedentes del sensor CZCS, a partir de la cual se pudo deducir, que así como para la zona del afloramiento costero existe una variabilidad clara en lo que se refiere a la distribución espacial del fitoplancton, ésta variabilidad no está tan claramente definida en el área que rodea a las Islas (Van Camp et al., 1991).

Con estos antecedentes se ha llevado a cabo un estudio que engloba ambos tipos de datos: aquellos que provienen de un sensor remoto y los procedentes de muestreos *in situ*. Para ello se ha seleccionado un grupo de imágenes del sensor CZCS del archivo global del proyecto OCEAN (ESA-EC), que se corresponde con los periodos en los cuales el ICCM llevo a cabo campañas oceanográficas en el área objeto de estudio.

El objeto del presente trabajo es llegar a conocer el significado de las variaciones en la concentración de pigmentos del fitoplancton que reflejan las imágenes del único sensor disponible en los años 80, y su relación con los datos *in situ*. Al mismo tiempo, hay que resaltar que estos trabajos serán necesarios para mejorar los métodos de aplicación de la nueva generación de satélites de color del océano a nivel regional.

### MATERIAL Y MÉTODOS

#### Observaciones *in situ*:

Los datos *in situ* provienen de las campañas llevadas a cabo al sur de la isla de Gran Canaria desde el B/O Taliarte entre Junio de 1981 y Noviembre de 1985. En cada expedición se llevó a cabo el muestreo en una sección perpendicular a la costa y constituida por 5 estaciones que se localizan entre 4 y 20 Km de distancia a la costa (Figura 1). En cada estación se cuantificaron los parámetros hidrográficos básicos: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes (nitratos, fosfatos y silicatos), clorofilas y feopigmentos. Las fechas de los días en que se realizaron las salidas al mar están reflejadas en la tabla I.

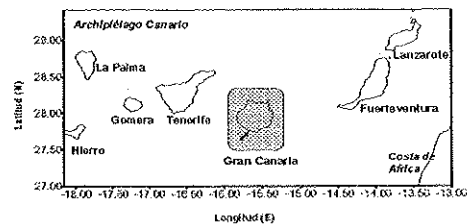


Figura 1: Localización geográfica del archipiélago canario y de la sección del Tazo muestreada.

#### Imágenes de Satélite:

Teniendo en cuenta las fechas del muestreo *in situ*, se llevó a cabo la selección de un grupo de 14 imágenes de CZCS (nivel 2), donde la cobertura nubosa en el área era mínima dentro de las imágenes disponibles del sensor y dada la dificultad en este sentido para la zona de las islas. Las imágenes se seleccionaron a partir del archivo del proyecto OCEAN de la Agencia Espacial Europea (ESA), utilizando el CD-Browser elaborado por la Agencia. Las imágenes seleccionadas, así como el número de días de intervalo entre estas y los datos *in situ* aparecen en la tabla I.

**Metodologías:**

La determinación de la concentraciones de pigmentos fitoplanctónicos se llevó a cabo mediante análisis espectrofotométrico y utilizando las ecuaciones tricromáticas de Jeffrey & Humphrey (1975). Mediante esta técnica se determinó la concentración, en µg/l, de clorofilas a, b y c, así como la de feopigmentos.

Por otro lado las imágenes de satélite se georreferenciaron utilizando puntos de control en tierra, a partir de lo cual el error RMS se encontró por debajo del 0.5%. A partir de estas imágenes se obtuvo la información derivada de las 5 bandas de observación de los pixels de cada una de las estaciones muestreadas *in situ*.

Tabla 1: Conjunto de datos utilizados para llevar a cabo la correlación entre los datos de clorofila de las observaciones *in situ* y los procedentes de las imágenes.

Campaña	Fecha del Muestreo	Fecha Imágen CZCS
Taozo 2	1981/06/30	1981/07/01
Taozo 3	1981/09/29	1981/09/01
Taozo 4	1981/12/03	1981/12/27
Taozo 5	1982/02/17	1982/02/04
Taozo 6	1982/03/25	1982/03/27
Taozo 7	1982/04/21	1982/04/19
Taozo 8	1982/06/30	1982/06/19
Taozo 9	1982/11/03	1982/11/03
Taozo 10	1983/11/23	1983/11/26
Taozo 11	1984/11/20	1984/12/16
Taozo 12	1985/11/20	1985/11/05

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En general las imágenes de clorofila procesadas por el programa OCEAN muestran muy poca definición en el área del entorno de las islas, mientras que dan información detallada sobre el efecto del afloramiento noroccidental africano en el archipiélago, así como de algunos efectos a mesoescala al sur de las islas. Estos fenómenos ya ha sido mencionado anteriormente por otros autores (Linás et al., 1994; Basterretxea, 1994; Hernández Guerra et al., 1993). Sin embargo hasta la actualidad estas observaciones no han sido relacionadas con datos *in situ* contemporáneos del CZCS.

El proceso de las imágenes utilizando doce algoritmos de clorofila obtenidos de la bibliografía publicada para los datos del CZCS dio lugar a resultados diferentes para las mismas imágenes. Con el fin de conocer la profundidad hasta la cual se puede percibir la señal de pigmentos por el satélite, se realizó la integración de las concentraciones de clorofila hasta cada una de las profundidades standar, mediante el modelo de Newton-Cotes. La correlación se estableció a partir de los valores de 2 metros de profundidad (primer nivel muestreado), a partir del cual se fueron integrando las concentraciones de clorofila en la columna de agua a las profundidades estándar de 5, 10, 15 y 20 m, en cada una de las 5 estaciones de cada sección muestreada. Los mejores resultados de correlación, así como la menor desviación estándar se encontró para el algoritmo de Morel (1980) con los resultados de clorofila *in situ* hasta 5 metros (Figura 2). En la figura 2 se muestran las

correlaciones obtenidas con los tres algoritmos que mejor se ajustaban a los datos *in situ*. La aplicación de los algoritmos de Sturm (1981) y de Siegel (1986) representa bien los resultados de forma general, pero no se ajusta a la variabilidad observada entre la estaciones. Se realizó un ajuste logarítmico, adaptado a los datos de la zona, basándonos en el algoritmo de Morel (1980) y teniendo en cuenta las concentraciones de clorofila integrada hasta 5 metros, de forma que se obtuvo la siguiente relación:

$$(I) \quad \Sigma Cl_{5m} = -0.134 \cdot \log(R_{443}/R_{550}) + 0.485$$

Las correlaciones lineal y logarítmica de los datos de clorofila observados con el algoritmo de Morel (1980) se muestran en la Figura 3. Tras realizar el ajuste de los datos con la expresión anterior (I) se obtuvo la correlación que aparece en la Figura 4 (n=13; r<sup>2</sup>=0.887; σ<sup>2</sup>=0.0005).

Obviamente el significado de las correlaciones entre los datos *in situ* y de satélite debe ser mayor según sea mayor la correspondencia temporal de las observaciones. Por este motivo se explica la menor correlación de los valores que se corresponden con el Taozo II, así como algunos valores de los Taozos III y IV.

Los valores medios de clorofila en superficie, al sur de la isla de Gran Canaria, son menores de 0.5 µg/l durante el año de estudio. Estos valores son claramente inferiores a las concentraciones que aparecen en la zona costera del afloramiento africano como se observa claramente en todas las imágenes estudiadas, así como en los estudios previos (Van Camp, et al, 1991; Hernández-Guerra et al., 1993).

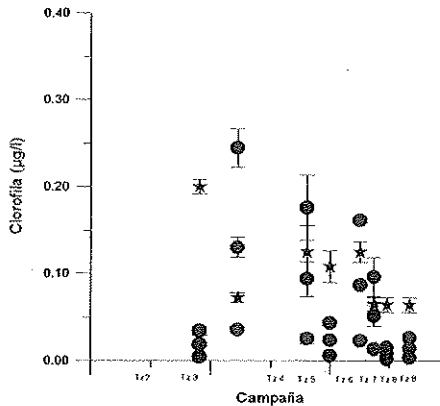


Figura 2: Correlación de los datos de clorofila *in situ* con los tres algoritmos con los que se obtienen los mejores resultados

La proximidad de las islas a la costa africana, así como la continuidad espacial, en algunos casos, de los fenómenos del afloramiento y los que ocurren en el

entorno de las islas, es un hecho que se muestra intensamente en las imágenes de satélite. Este hecho se presenta como una dificultad en el uso de estas técnicas en Canarias a la hora de realizar la calibración de los datos de satélite en ambas regiones.

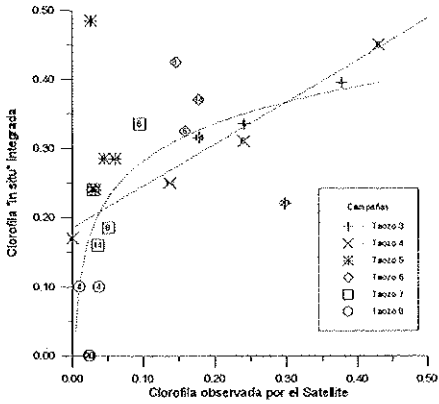


Figura 3: Correlación lineal y logarítmica de los datos in situ de clorofila hasta 5 m con la concentración obtenida utilizando el algoritmo de Morel (1980).

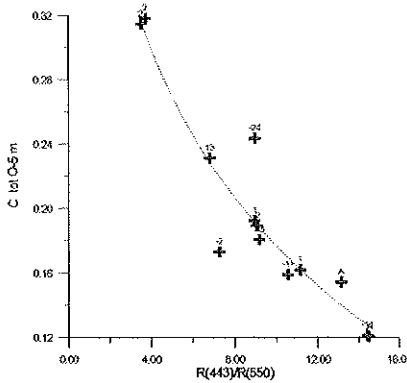


Figura 4: Correlación logarítmica de los datos in situ de clorofila hasta 5 m con la concentración obtenida utilizando el algoritmo de Morel (1980), adaptado a la zona estudiada.

Las secciones, perpendiculares a la costa de Gran Canaria (Figura 5), representan los datos in situ de las concentraciones de clorofila "a" en el transecto del Taozo. Esta zona es oligotrófica, en cuanto a la cantidad de nutrientes disponibles en el área, durante la mayor parte del año. En cualquier caso a principios de primavera (Figura 5/Marzo) comienza la aparición de un importante máximo de clorofila que se va desarrollando hasta alcanzar, en los meses siguientes profundidades entre los 75 y 100 metros, fenómeno que se ha descrito en trabajos como los de Braun y De Leon (1974), Braun & Real (1986), Fdez. de Puelles (1986), etc. Estas

profundidades son inalcanzables para el sensor remoto. Es necesario por tanto el desarrollo de herramientas adecuadas (algoritmos y modelos) capaces de interpretar la distribución de biomasa así como la dinámica estacional de la producción primaria en la zona.

Por otro lado en la zona se localizan núcleos de elevada concentración de pigmentos debido al efecto local de la isla, dada su posición en la circulación general de la zona, que produce efectos de turbulencia. Este fenómeno da lugar al enriquecimiento de nutrientes, y el consecuente incremento de biomasa del fitoplacton (Llinás, 1988) y de la producción primaria (Basterretxea, 1994).

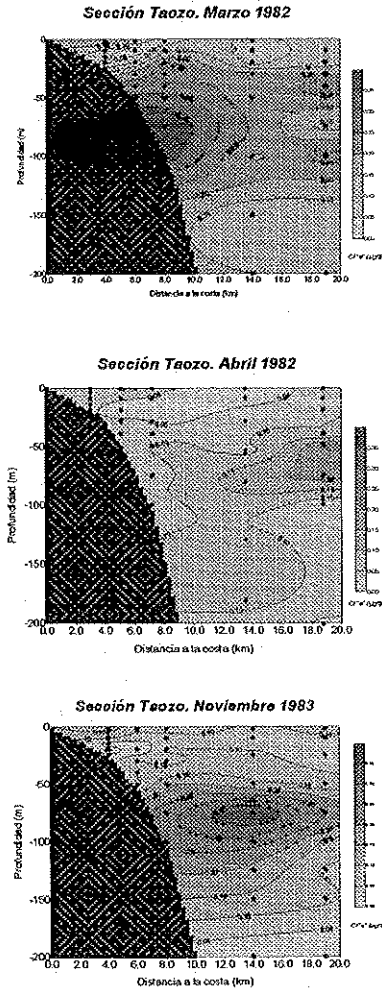


Figura 5: Secciones del Taozo en tres épocas del año diferentes respecto a la distribución vertical de clorofila y valores en superficie.

## CONCLUSIONES

A pesar de las limitaciones de los datos utilizados, en cuanto a su número, los resultados obtenidos reflejan la necesidad de establecer algoritmos a gran escala, de aplicación general, que permitan las observaciones globales y adecuados para su utilización en áreas geográficas más reducidas. En estas zonas, donde es posible llevar a cabo estudios completos, a gran resolución geográfica, será posible establecer unos conocimientos más detallados sobre los fenómenos que finalmente se reflejan en efectos a nivel global.

En zonas como el entorno de las Islas Canarias donde las concentraciones máximas de clorofila se sitúan a profundidades que no son accesibles para los sensores remotos, es necesario llevar a cabo progresos en los modelos que relacionan las concentraciones de los primeros metros de la columna de agua con los procesos que se llevan a cabo en las capas más profundas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Basterretxea, G. (1994). Influencia de las estructuras oceanográficas mesoescalares sobre la producción primaria en la Región Canaria. Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 113 pp.
- Braun, J.G. & de Leon, A.R. (1974) Variaciones en la producción primaria en las aguas canario-africanas. Bol. Inst. Esp. Oceanog. 176: 24 pp.
- Braun, J.G. & Real, F. (1986) Distribución vertical de la clorofila en aguas de las Islas Canarias. Bol. Inst. Esp. Oceanog. 3 (2): 97-106.
- Hernández-Guerra, A. et al. (1993) Phytoplankton pigments patterns in the Canary Islands area as determined using Coastal Zone Colour Scanner Data. Int. J. Remote Sensing 14 (7): 1431-1437.
- Jeffrey, S.W. and Humphrey, G.F. (1975) New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a,b,c1, and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochemical Physiology Pflanzen, 167: 191-194.
- Llinás, O. (1988) Análisis de la distribución de nutrientes en la masa de agua central nor-atlántica en las islas Canarias. Tesis Doctoral. Univ. La Laguna (Tenerife). 252 pp.
- Llinás, O., Rueda, M.J. & Pérez-Martell, E. (1994) Nutrientes y características termohalinas en aguas de las plataformas insulares canarias a finales de primavera. Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 10 (2): 177-189.
- Morel, A. (1980) In-water and remote sensing measurements of ocean color. Boundary layer meteorology. 18: 177-201.
- Siegel (1986)
- Stumm, B. (1981) Ocean color remote sensing and the retrieval of surface chlorophyll in coastal waters using the Nimbus-7 CZCS, in "Oceanography from space" Ed. by J.R.F. Gower, Plenum Press. NY: 267-280.
- Van Camp, L. et al. (1991) Upwelling and boundary circulation off Northwest Africa as depicted by infrared and visible satellite observations. Prog. Oceanogr., 26: 357-402.