

# CARACTERIZACIÓN DEL AFLORAMIENTO IBÉRICO MEDIANTE EL DESARROLLO DE HERRAMIENTAS SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS COMPARATIVO DE IMÁGENES DE SST Y CLOROFILA

A. TARELA, J. M. COTOS, I. SORDO y J. E. ARIAS

atarela@usc.es

Departamento de Electrónica y Computación. Universidad de Santiago de Compostela.  
Campus Sur. 15782 Santiago de Compostela (A Coruña)

**RESUMEN:** En este estudio se realiza una caracterización del afloramiento Ibérico usando aplicaciones informáticas desarrolladas para realizar análisis comparativos de imágenes de temperatura superficial del mar y de concentración de clorofila, con el fin de estudiar la viabilidad de generar imágenes de concentración de clorofila a partir de datos de temperatura en una región concreta de la costa oeste de la Península Ibérica.

**ABSTRACT:** In this study a characterization of the Iberian upwelling is presented, using computer applications developed for a comparative analysis of sea surface temperature and chlorophyll concentration imagery. The aim of the present work is studying the viability of generating chlorophyll concentration images from temperature data for a specific region of the West Coast of the Iberian Peninsula.

**Palabras clave:** afloramiento, temperatura superficial del mar, SST, NOAA, clorofila, SeaWiFS, IDL.

## INTRODUCCIÓN

El afloramiento (del inglés *upwelling*) es el proceso costero por el cual aguas del fondo, frías y ricas en nutrientes, ascienden hasta la superficie (Wooster, 1981). Las medidas de temperatura superficial del mar (SST), así como de concentración de clorofila (que dan una estimación de la concentración de fitoplancton) nos permiten detectar este fenómeno. De la observación visual de pares de imágenes de temperatura y clorofila en épocas de afloramiento, que en la costa de Galicia tiene lugar desde finales de primavera hasta finales de verano (Peliz y Fiúza, 1999), se deduce que existe una correlación entre ambos parámetros de forma que aguas más frías se corresponden con zonas de alta concentración de clorofila (Cotos *et alii*, 1999).

## OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es la caracterización del afloramiento en la costa oeste de la Península Ibérica analizando la correlación existente entre la temperatura superficial del mar y la concentración de clorofila con el fin de estudiar la viabilidad de generar mapas de clorofila a partir de imágenes SST, para zonas geográficas y épocas del año concretas.

La obtención de imágenes de clorofila permitiría ampliar el servicio de envío de imágenes térmicas a la

flota pesquera de cerco que presta actualmente el Laboratorio de Sistemas de la Universidad de Santiago (Triñanes *et alii*, 1997) ya que debido al embargo de 15 días a que están sujetas las imágenes de SeaWiFS, actualmente no se puede disponer de datos de producción primaria en tiempo real. Con el fin de poder realizar este estudio, se ha desarrollado un conjunto de herramientas *software* en lenguaje C e IDL (*Interactive Data Language*, Research Systems) que nos permitirán, partiendo de los datos crudos obtenidos de los sensores AVHRR y SeaWiFS, analizar pares de imágenes de temperatura superficial del mar y concentración de clorofila en determinadas regiones y épocas del año.

## METODOLOGÍA

### Procesado de imágenes

El primer paso del procesado (Figura 1), consistente en obtener los productos de temperatura superficial del mar (SST) y de concentración de clorofila a partir de los sensores AVHRR (serie de satélites NOAA) y SeaWiFS (satélite OrbView-2), respectivamente, ya ha sido resuelto en parte con anterioridad por el Laboratorio de Sistemas con la automatización del procesado de las imágenes NOAA recibidas en la estación receptora. El procesado de las imágenes SeaWiFS es similar al de las imágenes de NOAA pero como aún no había sido

implementado, constituyó la primera parte del presente trabajo. El procesado se realiza de forma secuencial y automática en varios pasos: a) Extracción de una porción de la imagen, abarcando la zona que se va a estudiar. b) Conversión de los datos de radiancias a valores de concentración de clorofila, usando los algoritmos implementados en la aplicación SeaDAS (Aiken *et alii*, 1995). c) Proyección geométrica de la imagen.

Tras superponer la línea de costa en las imágenes proyectadas geoméricamente, se observó que algunas de ellas no estaban georreferenciadas correctamente, existiendo pequeñas desviaciones, que tuvieron que ser corregidas manualmente.

Para el estudio se seleccionaron, del conjunto de todas las imágenes recibidas a lo largo de 1998 formado por un total de 950 de NOAA y 260 de SeaWiFS, aquellas más despejadas de nubes en la zona de la costa oeste de Galicia.

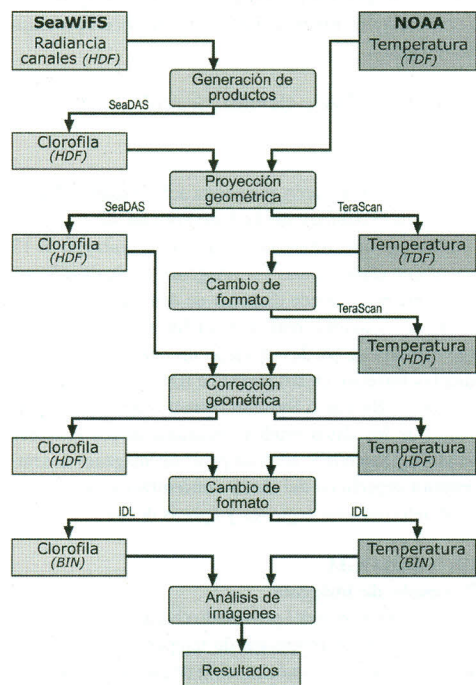


Figura 1. Esquema de la metodología seguida en el procesamiento de las imágenes.

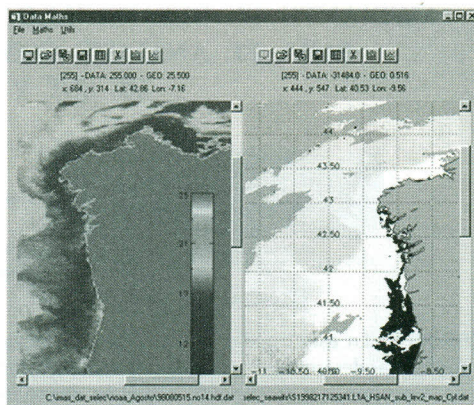


Figura 2. Entorno de la aplicación desarrollada en IDL para el análisis de imágenes.

### HERRAMIENTAS DESARROLLADAS

Durante el desarrollo del estudio se han elaborado diversas aplicaciones en lenguaje IDL, elegido por su potencia para trabajar con ficheros científicos de gran extensión. El diseño modular de los programas ha permitido, además, posteriores ampliaciones.

Describimos a continuación las principales funcionalidades de una de las aplicaciones realizadas (Figura 2):

- a) *Visualización de datos.* Se visualizan simultáneamente la imagen de SST y de clorofila; se indica además información relativa al punto de la imagen señalado por el usuario: valor digital, valor geofísico (clorofila o temperatura, según el caso), y localización geográfica.
- b) *Mejora visual de imágenes.* Herramientas para la ecualización del histograma y modificación de la paleta de color permiten al usuario realizar un realce visual de las imágenes.
- c) *Exportación a ficheros gráficos:* TIFF, GIF, JPEG o datos en formato binario.
- d) *Representaciones gráficas.* La representación lineal permite tener en una misma gráfica los valores de una cierta línea de puntos de cada. Por otra parte, se realizan dispersogramas en donde cada punto se corresponde con un par de valores de temperatura y clorofila

### RESULTADOS

Se seleccionó un conjunto de imágenes de SeaWiFS de días despejados y con fuerte afloramiento para compararlas con las de NOAA del mismo día, observándose que la relación existente entre la temperatura y la clorofila no es sencilla, presentando una alta variabilidad. Tras



el análisis de varias imágenes se ha visto que las curvas exponenciales se ajustan bien a los datos en distintas regiones de la imagen, sobre todo dentro de las zonas de afloramiento (Figura 3).

Un análisis de las imágenes por fechas nos permitirá, además de caracterizar el afloramiento a lo largo del año, establecer la forma del ajuste de las curvas para cada época del año. Se ha analizado una misma región de diferentes imágenes a lo largo del año 1998 obteniendo un conjunto de curvas de ajuste (Figura 4) en las cuales se observa:

a) La forma de las curvas de ajuste muestra siempre la misma tendencia, indicando que la relación entre la temperatura y la concentración de clorofila se mantiene prácticamente constante a lo largo del año.

b) La temperatura superficial del mar sufre variaciones anuales que se pueden caracterizar estacionalmente y que afectan a las curvas que relacionan la concentración de clorofila con la temperatura.

### Generación de imágenes de clorofila

Los ajustes anteriores servirán para establecer las curvas que se adaptan mejor a cada época del año, algo difícil de determinar debido a la variabilidad aun dentro de un mismo mes. Se han caracterizado dos épocas del año bien diferenciadas: invierno y verano, en base a los rangos de temperatura de la imagen (valores mínimo, máximo y medio) y se elegirán las exponenciales que mejor se ajusten a esos rangos.

A partir de estas curvas se generarán las imágenes de clorofila. Para ello, primero se clasifica la imagen

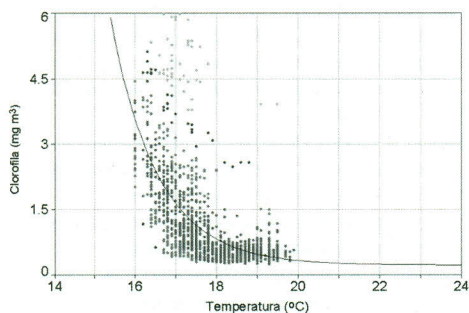


Figura 3. Dispersograma de temperatura y clorofila con el ajuste exponencial de ambos parámetros.

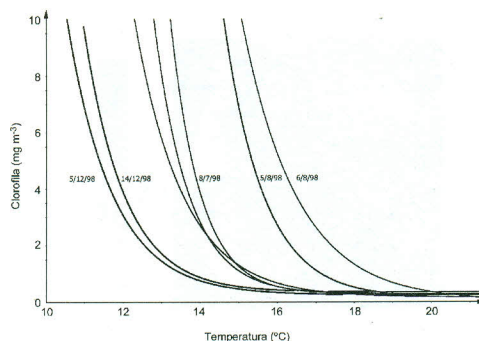


Figura 4. Representación conjunta de las curvas de ajuste correspondientes al año 1998.

SST en función del día del año al que corresponda. Se elige a continuación una región de la misma localizada frente a las costas gallegas y se le aplica la función de ajuste que se corresponda con su clasificación, generándose de este modo una imagen de concentración de clorofila, la cual será contrastada con la imagen del sensor SeaWiFS perteneciente a ese mismo día, representando en una nueva imagen la diferencia numérica punto a punto de las imágenes real y generada. Para evaluar el error cometido se realiza una gráfica de frecuencias en la que se representa el número de veces que aparece un determinado rango de diferencias entre la imagen generada y la real. Esta gráfica nos permitirá cuantificar en qué grado la imagen que se ha generado se diferencia de la real.

### RESULTADOS OBTENIDOS

En las imágenes del día 6 de agosto (Figura 5) destacan la alta intensidad del afloramiento y la presencia de un filamento frente a la Ría de Vigo (en el medio de la imagen). En esta época del año es cuando el afloramiento se vuelve más intenso, encontrándose valores de clorofila en la franja de agua aflorada cerca de costa entre 2 y 4  $\text{mg}/\text{m}^3$ . El filamento, caracterizado por contener aguas frías y con alta concentración de clorofila, es visible en la imagen SST y SeaWiFS y aparece claramente definido en la imagen que se ha generado a partir de los datos de temperatura y con poco error, como lo subraya el predominio de tonos claros en la imagen de diferencias. La presencia de nubes no detectadas por el algoritmo de cálculo de SST al norte en la imagen de temperatura y al oeste en la de clorofila es la fuente de la mayor parte de los errores, además de los errores que se producen cerca de la costa debido a los altos valores de clorofila.

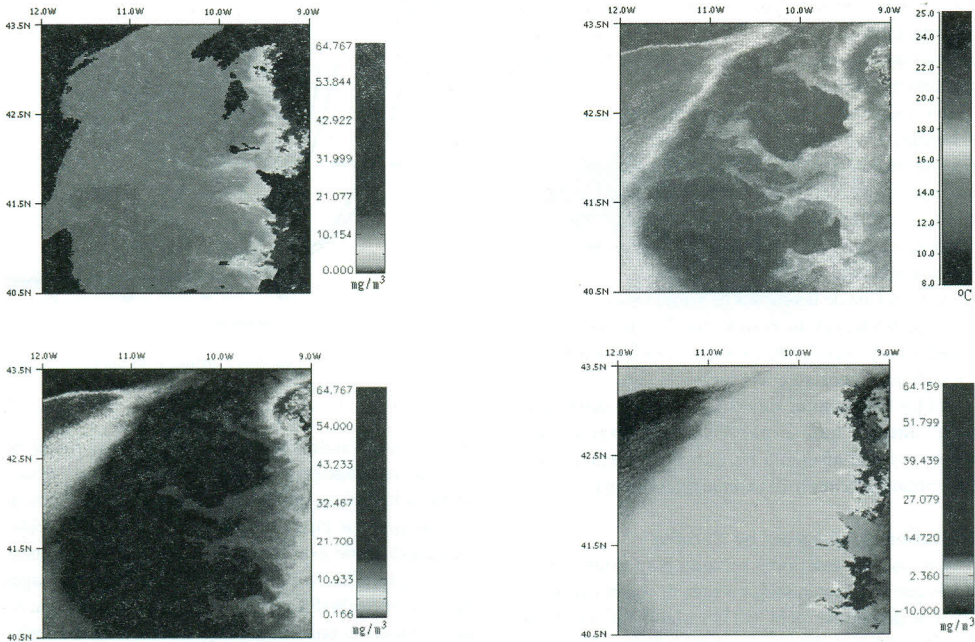


Figura 5. De izquierda a derecha, y de arriba a abajo: a) Imagen SeaWiFS (6/8/98), b) imagen NOAA (6/8/98), c) imagen de clorofila generada a partir de la de NOAA, y d) imagen de diferencias entre a y c.

## CONCLUSIONES

Se ha caracterizado el Afloramiento Ibérico mediante el desarrollo de un conjunto de herramientas *software* para la comparación de imágenes NOAA y SeaWiFS, que incluyen rutinas de corrección geométrica y automatización del procesado de las imágenes. Tras el análisis a lo largo del año 1998 se ha visto cómo, a pesar de la alta dispersión de los datos, la relación entre la temperatura superficial del mar y la concentración de clorofila se mantiene constante a lo largo del año, salvo desplazamientos globales debidos a la variación térmica. Es posible, por tanto, hacer estimaciones fiables de concentración de clorofila a partir únicamente de datos de temperatura superficial del mar teniendo en cuenta la época del año en la que se quiere hacer la estimación y la zona geográfica concreta (Tarela, 2000).

## BIBLIOGRAFÍA

AIKEN, J., MOORE, G. F., TREES, C. C., HOOKER, S. B., CLARK, D. K. (1995). Volume 29-The SeaWiFS CZCS-Type Pigment Algorithm. *SeaWiFS Technical Report Series*. NASA/GSFC.

COTOS, J. M., SORDO, I., GARCÍA, C., HERNÁNDEZ, C. (1999). Sistema de visualización tridimensional, na-

vegable, de imágenes de satélite de diferente resolución. *Teledetección. Avances y Aplicaciones*. Santiago Castaño y Antonio Quintanilla ed. Albacete. pp. 351-354.

- PELIZ, A., FIÚZA, A. (1999). Temporal and spatial variability of CZCS-derived phytoplankton pigment concentrations off the western Iberian Peninsula. *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 20, 7: 1363-1403.
- TARELA, A. (2000). *Desarrollo de herramientas software para el estudio comparativo de imágenes de temperatura superficial y de concentración de clorofila en aguas del Afloramiento Ibérico*. Tesina. Universidad de Santiago de Compostela.
- TRIÑANES, J. A., TOBAR, A., TABOADA, J. A., ARIAS, J. (1997). TUNAFIS: Sistema de apoyo a pesquerías pelágicas basado en teledetección. *Teledetección. Usos y aplicaciones*. Universidad de Valladolid. pp. 155-159.
- WOOSTER, W. (1981). An upwelling mythology. En: *Coastal Upwelling. Coastal and Estuarine Sciences I*. American Geophysical Union ed. Washington D.C. pp. 1-3.