

## SEGMENTACIÓN ITERATIVA BASADA EN CONOCIMIENTO DEL AFLORAMIENTO DE AGUAS FRÍAS EN LA COSTA SAHARIANA

F. GUINDOS, J. A. TORRES, M. PERALTA y M. CANTÓN

fguindos@ual.es

Depto. de Lenguajes y Computación. Universidad de Almería.  
04120 Almería

**RESUMEN:** En este trabajo se propone una técnica para la detección automática del afloramiento de aguas frías de la costa sahariana. La utilización de métodos clásicos de segmentación basados en gradientes térmicos ofrece pobres resultados debido a una gran variabilidad en las imágenes. La utilización de líneas isoterma produce una segmentación más adecuada al problema. Para la selección del umbral se propone una técnica iterativa basada en conocimiento que opera sobre características morfológicas y estadísticas calculadas sobre las regiones obtenidas de la imagen.

**ABSTRACT:** This paper presents a technique for the automated detection of cool upwelling in Saharan coast. Classic segmentation methods based on thermal gradients give poor results due to a high variability of the image pixels. The use of isothermal lines yields a better segmentation for this problem. An iterative, knowledge based technique is proposed for the threshold selection. This technique works with morphologic and statistical features extracted from the obtained regions of the image.

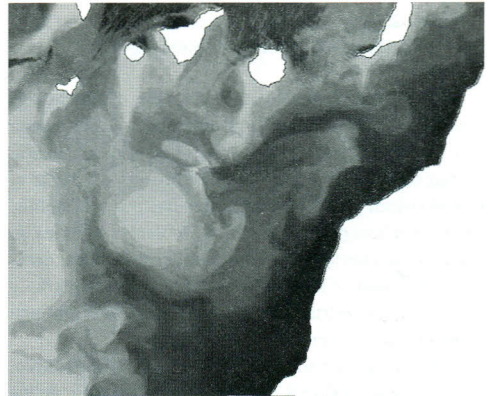
**Palabras clave:** segmentación, afloramiento, isoterma, gradiente, sistema basado en conocimiento.

### INTRODUCCIÓN

En mares y océanos se presentan fenómenos dinámicos que afectan al desarrollo biológico en su seno. El estudio de los mismos es de gran interés con fines biológicos, físicos y de aprovechamiento de los recursos naturales.

La utilización de técnicas basadas en imágenes obtenidas mediante satélites (Figura 1) ha permitido importantes avances para la oceanografía al poner en manos del investigador información de amplia cobertura geográfica y con una frecuencia superior a la que habitualmente se puede obtener con las campañas de estudio in situ.

El problema, sin embargo, radica en que el aprovechamiento de la ingente cantidad de información que suministran los sistemas embarcados en los satélites de observación requiere una gran dedicación de personal experto. La interpretación de las imágenes es una tarea compleja, para la que se requiere una cierta preparación y habituación, por lo que buena parte de los datos obtenidos se almacena, o simplemente se descarta, por la imposibilidad de su análisis por parte



**Figura 1.** Imagen AVHRR de temperatura superficial ecualizada (10-8-1993).

de los investigadores, debido al enorme volumen de los datos recibidos.

El uso de técnicas de análisis e interpretación automática de las imágenes recibidas se presenta como la

única forma viable de aprovechamiento del potencial ofrecido por las técnicas de observación de nuestro planeta desde satélite.

En el presente trabajo se analizan algunos de los aspectos que surgen en la creación de un sistema automático de interpretación de imágenes basado en conocimiento y su aplicación a imágenes AVHRR de temperatura de brillo en el entorno de las Islas Canarias y las costas saharianas.

El objetivo es la detección automática de fenómenos mesoescalares de la dinámica marina presentes en la citada área, y que han sido catalogados en Arístegui *et alii* (1994) y García (1998).

### ANTECEDENTES

Las etapas básicas del tratamiento de imágenes basado en el conocimiento fueron definidas por González y Woods (1992) (Figura 2) y revisadas por Graham y Barrett (1997).

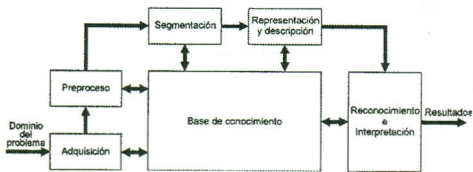


Figura 2. Etapas fundamentales del tratamiento de imágenes (González y Woods, 1992).

En el esquema de González y Woods, la fase de segmentación adquiere una gran relevancia, pues buena parte del éxito final del sistema radica en la obtención de una buena segmentación. Sin embargo, no existe el método ideal, y las imágenes obtenidas por los satélites de la superficie del mar padecen problemas difíciles de resolver para las técnicas comúnmente utilizadas; debido, sobre todo, a la inexistencia de fronteras claras y precisas de las estructuras presentes, que se difuminan en los bordes y se entremezclan entre sí.

En este trabajo se presenta un estudio comparativo, para imágenes AVHRR de temperatura de brillo, de los métodos basados en el gradiente térmico frente a los que operan directamente sobre la función de temperatura de brillo.

### Segmentación del afloramiento

Para la detección y delimitación del afloramiento de aguas frías usualmente ubicado en la costa sahariana (Figura 1) se utilizaron inicialmente algoritmos de los

comúnmente utilizados en análisis de imágenes, basados en el gradiente de la función de imagen. Se ensayó con la segmentación basada en el método de *watershed* (Beucher, 1990) (Figura,3) y la detección de bordes óptima de Canny (Canny, 1983) (Figura 4).

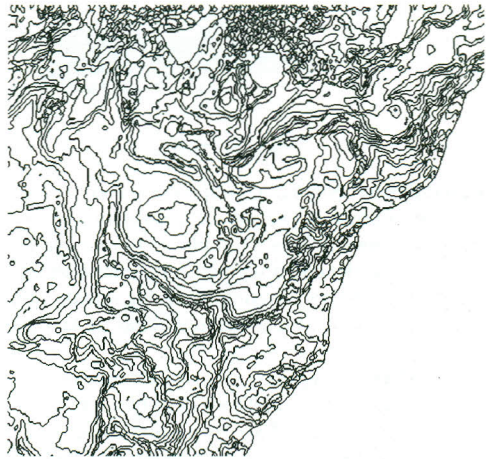


Figura 3. Segmentación por el método de *watersheds*.

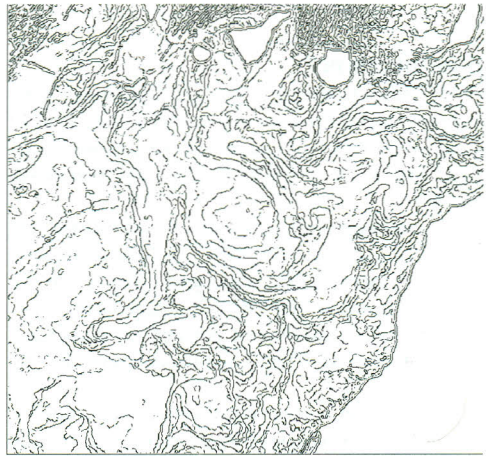


Figura 4. Detección de bordes óptima de Canny.

El resultado, salvando las diferencias de ambos métodos, fue similar: una sobresegmentación en el primero y un exceso de bordes detectados en el segundo.



Los dos métodos citados se pueden ajustar mediante sus respectivos parámetros para reducir el exceso de fronteras pero, junto con las indeseadas, se pierde buena parte de las que constituyen la solución del problema.

Un análisis detallado de los gradientes térmicos que aparecen, realizado en la dirección de difusión de las aguas emergidas, nos da una idea del problema y de sus posibles soluciones. En la Figura 5 se ha marcado una línea cuyo perfil de gradientes (Figura 6) nos permite analizar los motivos del mal comportamiento de los métodos en cuestión.

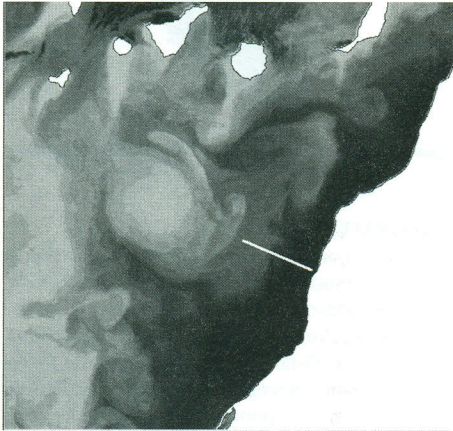


Figura 5. Sección transversal del afloramiento.

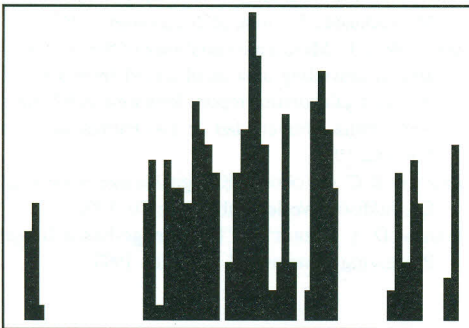


Figura 6. Perfil de los gradientes térmicos a lo largo de la sección analizada.

La distribución de los gradientes que aparece en las imágenes AVHRR (Figura 6) no es, evidentemente, la esperada por los métodos generales de segmentación

(Figura 7) y de ahí los pobres resultados obtenidos con ellos.

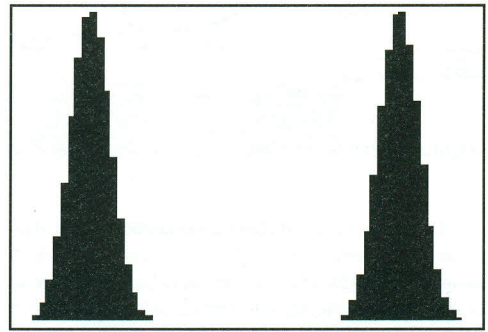


Figura 7. Perfil de gradientes ideal para la segmentación.

### TÉCNICA PROPUESTA

Así, pues, al igual que en Atkinson (1989), nos planteamos el análisis directo sobre la función de imagen (temperatura de brillo) (Figura 8).

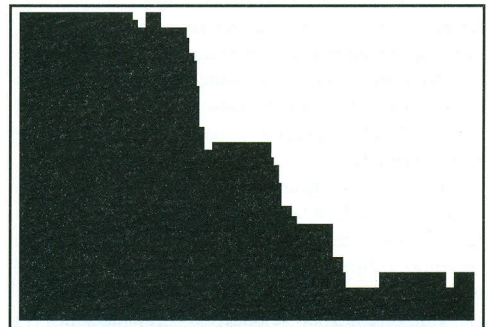


Figura 8. Perfil de la función de imagen (temperatura de brillo).

De esta forma, la zona del afloramiento sahariano vendrá delimitada por una línea isoterma obtenida estableciendo el umbral adecuado. La cuestión es ahora la determinación del nivel al cual debe situarse dicho umbral. Para ello hemos de volver a la Figura 1 y establecer una realimentación que permita obtener el más adecuado (Figura 9).

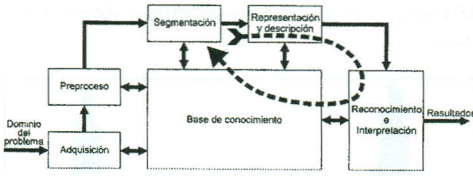


Figura 9. Realimentación de la fase de segmentación.

La técnica propuesta para la segmentación del afloramiento consiste en el etiquetado de los píxeles de la imagen cuyo valor se encuentra por debajo de un cierto umbral. Primeramente, este umbral se sitúa a un nivel medio de los obtenidos en ensayos anteriores.

Así, queda determinada una segmentación inicial del afloramiento sobre la que se realiza un cálculo de características morfológicas y estadísticas de las regiones obtenidas. Estas características son analizadas por un sistema basado en conocimiento al que se ha dotado de un conjunto de aprendizaje de segmentaciones supervisadas realizadas previamente.

En primer lugar, el sistema determina qué región o regiones son candidatas al etiquetado como "afloramiento". Esto se hace en función de la similitud de sus características con las de aquellas regiones que recibieron dicha etiqueta durante la fase de aprendizaje.

A continuación, se ensaya una segmentación subiendo o bajando el umbral. La dirección puede ir determinada por la diferencia entre las características obtenidas y las aprendidas.

La nueva segmentación obtenida recibe un tratamiento similar. Con las características obtenidas, el sistema decide si debe avanzar en el mismo sentido o el contrario, o bien, detenerse al haber alcanzado la segmentación óptima.

Con este método se obtienen segmentaciones (Figura 10) de gran calidad, con regiones compactas y sin la sobresegmentación obtenida por los métodos anteriormente citados.

Este trabajo ha sido realizado bajo los auspicios del proyecto C.I.C.Y.T. MAR97 0464 C04.



Figura 10. Segmentación obtenida del afloramiento.

**BIBLIOGRAFÍA**

ARÍSTEGUI J., SANGRÁ P., HERNÁNDEZ-LEÓN S., CANTÓN M., HERNÁNDEZ-GUERRA A. y KERLING J. L.; Island-induced eddies in the Canary Islands. *Deep-Sea Research 1*, Vol. 41, No. 10, pp. 1509-1525, 1994.

ATKINSON L. A. OSIRRUS: Oceanic Symbolic Image Representation, Recognition and Understanding Software. Technical report. Consultant's Choice, Inc., 1989.

S. BEUCHER. Segmentation tools in mathematical morphology; *SPIE-1350 Image Algebra and Morphological Image Processing*; pp. 70-84; 1990.

CANNY, J.; Finding Edges and Lines in Images; Massachusetts Institute of Technology; 1983.

GARCÍA WEIL L. Mesoscale variability of the northwest african upwelling area as observed from satellite images. Collaboration report: Joint Research Center, Ispra, Italia. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 1998.

GONZÁLEZ R. C. y WOODS R. E. *Digital Image Processing*. Ed. Addison-Wesley Publishing Co. 1992.

GRAHAM D. y BARRETT A. *Knowledge-based Image Processing Systems*. Ed. Springer. 1997.