

## APORTACION DE LA TELEDETECCION A LA CUANTIFICACION DE ALGUNOS FENOMENOS OCEANOGRAFICOS DE INTERES EN CANARIAS

O. LLINAS<sup>1</sup>; M.J. RUEDA<sup>1</sup> y E. PEREZ-MARTELL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Tecnología Pesquera. Aptdo. 56. 35200 Telde. GRAN CANARIA

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias del Mar, Univ. de las Palmas. Aptdo. 550. 35016 LAS PALMAS

### RESUMEN

El Atlántico Centro Oriental en el que las Islas Canarias se encuentran incluidas, presenta un importante y complejo dinamismo de las aguas que incluye. Su conocimiento es la base para un adecuado entendimiento del medio marino con alguna aplicabilidad en la clarificación de los fenómenos productivos consecuentes.

Se presentan aquí los resultados preliminares de un intento de cuantificación de fenómenos, tales como: Presencia y Extensión del Afloramiento Costero Africano y arribada de aguas afloradas a las islas, que en general, están escasamente descritos por su propia variabilidad.

Se utiliza una serie anual (1986-1987) de imágenes térmicas superficiales provenientes del sensor AVHRR situados en los satélites de la serie NOAA, adquiridos y procesados en el NOAA/NESDIS.

Se hacen diversas consideraciones sobre las estructuras subsuperficiales correspondientes a las observadas, en base a la información histórica preexistente en el área, así como de sus posibilidades y limitaciones en relación a la distribución de la flota internacional.

**Palabras clave:** Teledetección, Oceanografía, Afloramiento, Pesca.

### ABSTRACT

The dynamical behaviour of water in the Canary Islands (Eastern Central Atlantic) is fairly complex. In order to study the applicability of the productive phenomena a good knowledge of the dynamics in the area are necessary.

This paper presents preliminary results related to some particular phenomena concerning the presence and the spreading of the African Coastal Upwelling and the arrival of the upwelled water to the Islands, which are not well described, in general, because of its variability. With this aim, an annual series (1986-1987) of surface temperature images from the AVHRR sensor are used. These were processed at the NOAA/NESDIS laboratory.

Finally, some considerations about the subsurface structures observed are presented in relation to the historical information in the area, as well as their possibilities, and some limitations, related to the international fishing fleet.

**Key words:** Remote sensing, Oceanography, Upwelling, Fisheries.

### 1. INTRODUCCION

El Atlántico Centro Oriental en el que las Islas Canarias se encuentran, presenta como es sabido, un importante y complejo dinamismo. Su conocimiento es la base para un adecuado entendimiento de las características del medio marino en general, así como de algunas de sus principales aplicaciones, especialmente la pesquera.

En general, los fenómenos básicos y sus implicaciones disponen en este área de una abundante documentación, generada tanto por la actividad investigadora de los países ribereños, como por la de otros de fuera del área, que ha sido fomentada con programas internacionales como el Cooperative Investigation of the Northern Part of Eastern Central Atlantic (CINECA), (Hempel, 1982; Mittelstaedt, 1983; Bas, Margalef y Rubies 1985).

Sobre ésta situación de partida, las imágenes de propiedades de superficie marina obtenidas desde sensores remotos situados en satélites, accesibles de forma continuada para éste área desde la Estación Espacial de Maspalomas, permite concebir la idea de obtener productos de aplicación pesquera práctica. Mientras se produce el equipamiento necesario para la elaboración en tiempo operativo de dichas imágenes, se ha intentado cuantificar la variabilidad de alguno de los fenómenos básicos en éste área, cuyos resultados son el objeto de la presente comunicación.

## 2. MATERIAL Y METODOS

Los datos de satélite utilizados son una serie de doce imágenes, una por mes, de Julio de 1986 a Junio de 1987. Las cuales proceden del sensor AVHRR situado en el satélite NOAA-9, en formato LAC de alta resolución (1,1 km en el Nadir), registradas a bordo y archivadas en la División de Servicios de Datos de Satélite de NESDIS, y procesadas en la oficina de Investigación de Aplicaciones (ORA) (Clemente-Colón, et al., 1989), cubren el área de 20°N a 30°N y de 11°O a 20°O, y trata de ser una distribución temporal regular de las imágenes disponibles para dicho período (256). En algunos casos se utilizan composiciones de 2 ó 3 consecutivas a fin de mejorar su calidad, particularmente en cuanto a la cobertura nubosa.

De éstas imágenes se han obtenido por latitudes, los valores correspondientes a la extensión de las aguas afloradas, medida desde la costa y señalada por el límite de diferencias negativas respecto de la temperatura más representativa de las aguas oceánicas (Wooster, et al. 1976), así como su valor mínimo, adicionalmente en la zona norte del área se considera la arribada de aguas afloradas a las Islas Canarias Orientales.

Se utiliza de forma complementaria los datos obtenidos "in situ" desde un barco de oportunidad que opera regularmente en el área un promedio de veinticinco días por mes (la figura 1 muestra un ejemplo de los lugares de muestreo para un mes concreto), desde el cual se han medido temperaturas y salinidad superficiales, así como, el número de barcos operativos en un radio de doce millas en torno al barco observador.

## 3. RESULTADOS

En las figuras 2 a 13 se presentan las reproducciones de los límites de las aguas afloradas obtenidas de las imágenes antes referidas, una de las cuales se reproduce como ejemplo (figura 14). En ellas se puede observar claramente una gran variabilidad en la extensión de las aguas afloradas en superficie, lo que está obviamente controlado por la propia variabilidad del fenómeno de afloramiento, condicionado por los vientos dominantes, así como por las diferencias de densidad con las aguas limítrofes y por el intercambio de calor con la atmósfera. (Las áreas punteadas corresponden a zonas cubiertas por nubes).

La cuantificación de esta variabilidad se presenta en la figura 15, en la que se puede observar como queda señalada la zona de afloramiento situada en torno a 25°N, donde se presenta el máximo de penetración de las aguas afloradas de forma permanente, variando desde unos 650 km en febrero, hasta poco menos de 100 km en Agosto-Septiembre. A partir de éstos meses y latitud en que se presenta el mínimo anual, se produce un aumento en la magnitud de la penetración y su extensión a lo largo de toda la costa estudiada, aunque en general son mayores al sur de 25°N. En Marzo se presentó un mínimo relativo bien señalado en esta figura y que pasa bastante desapercibido cuando se estudia la evolución del fenómeno mediante la observación directa de las imágenes. Las imágenes utilizadas resultan bastante representativas si se compara con las presentadas por Van Camp y Nykjaer (1988) que coincide en el período Enero-Junio del 87.

La distribución de temperatura mínima por latitud a lo largo del período estudiado, (figura 16), presenta una sensible correlación con la de extensión comentada, indicando además la presencia de aguas muy en Agosto y Septiembre al sur de la zona estudiada y de forma muy clara la inflexión del mes de Marzo ya señalada.

En la parte norte del área estudiada (28°N), se puede observar como de Diciembre a Febrero la frontera de las aguas afloradas alcanza de forma continuada las Islas Canarias Orientales, (Lanzarote y Fuerteventura), arribando en Febrero hasta Gran Canaria. Además se presentan en las imágenes a lo largo del año diversos pulsos de agua aflorada que en forma de manchas de diverso tamaño se introducen desde la zona de afloramiento hacia las aguas exteriores en diversas posiciones del área

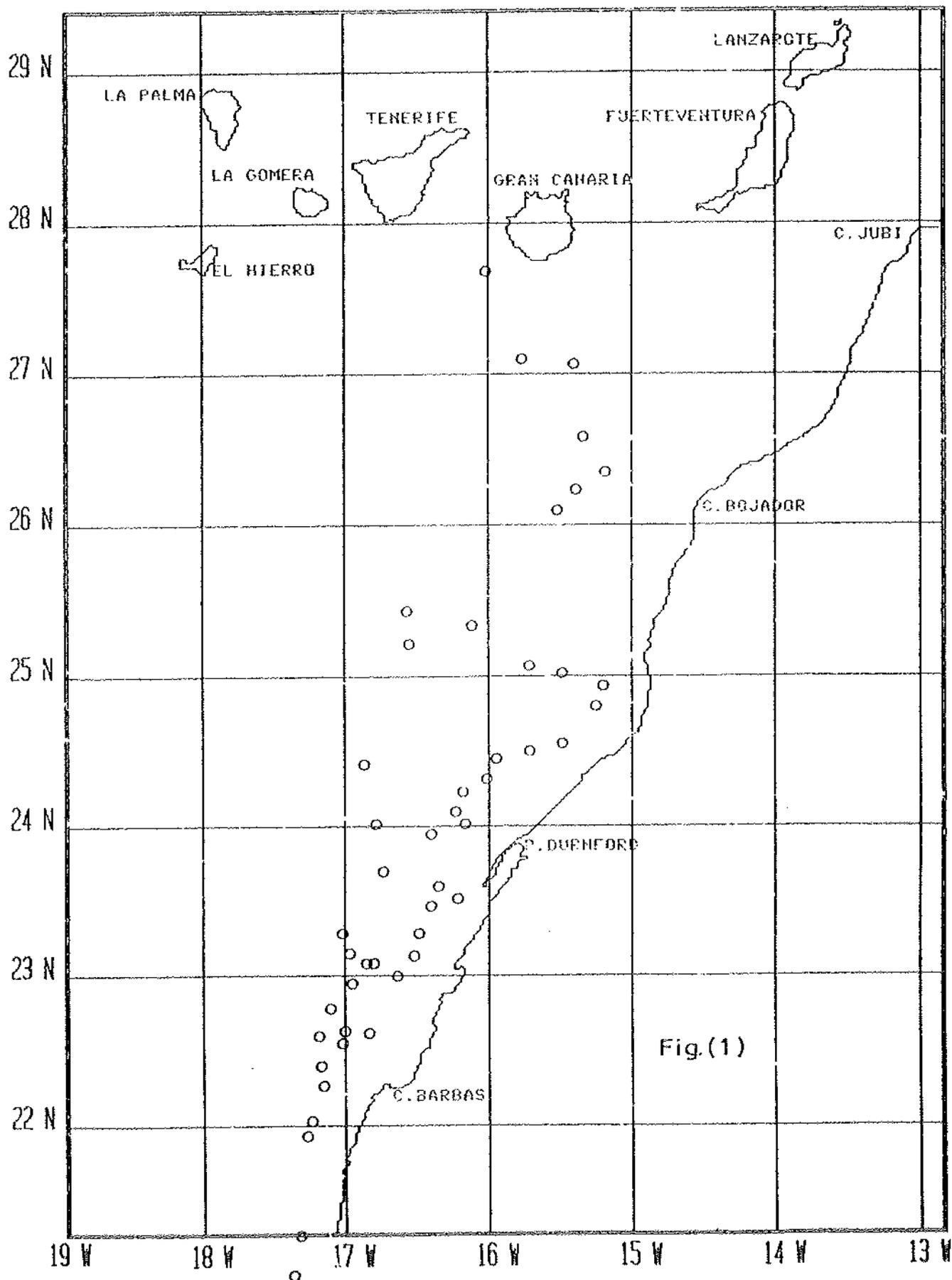
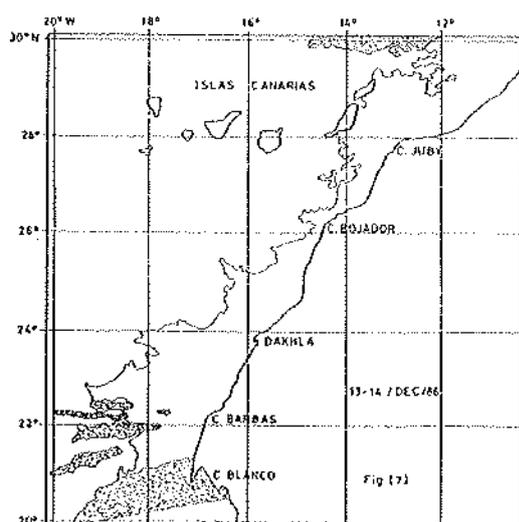
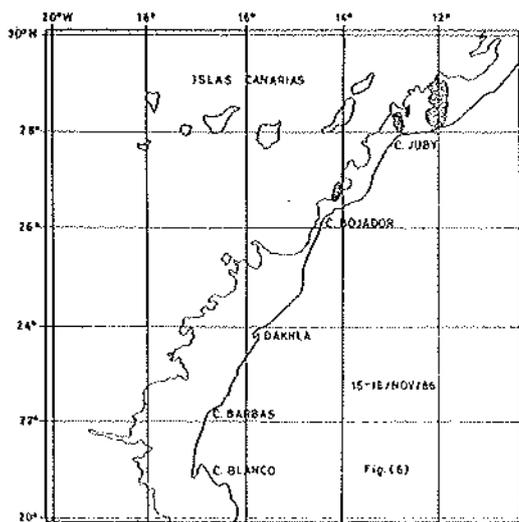
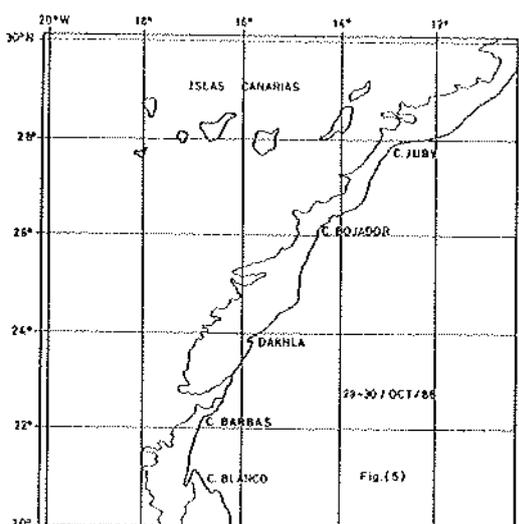
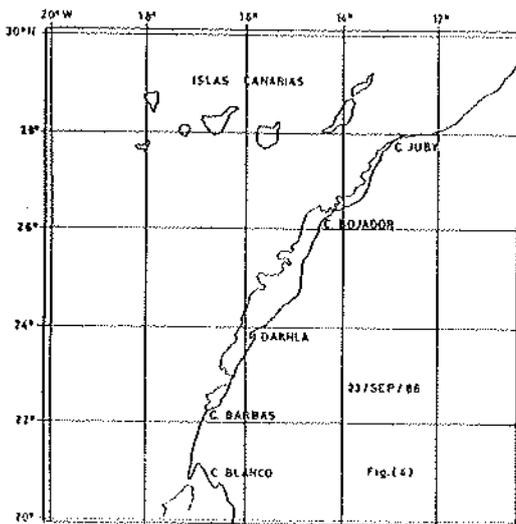
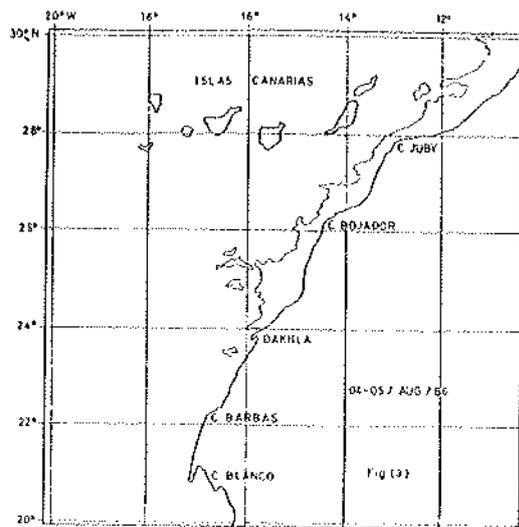
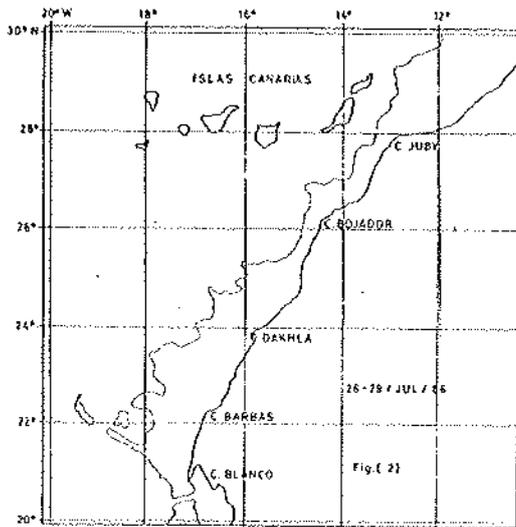
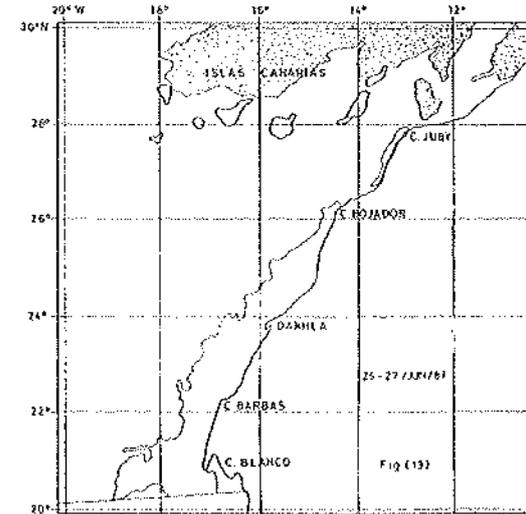
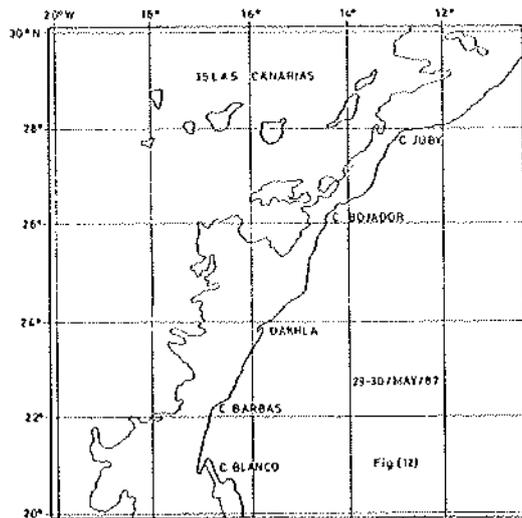
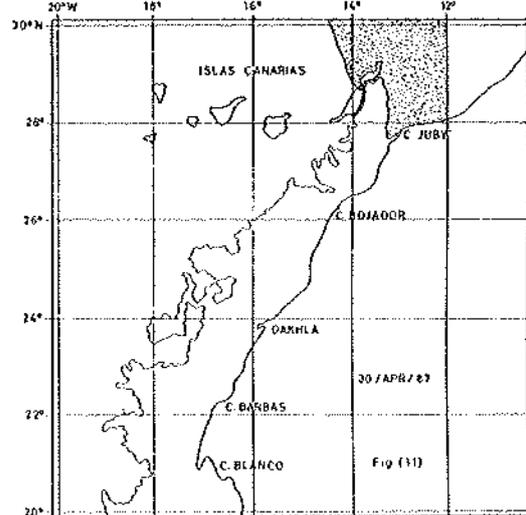
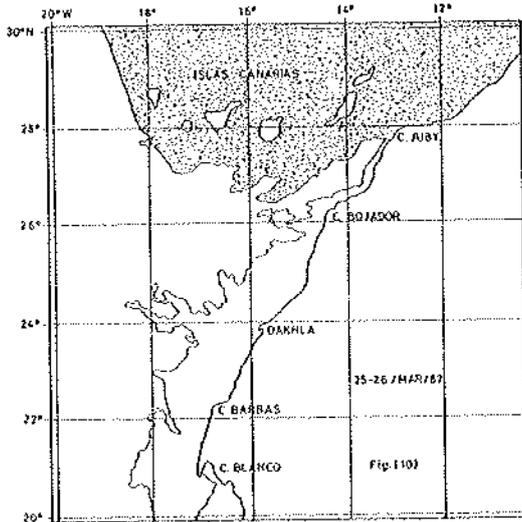
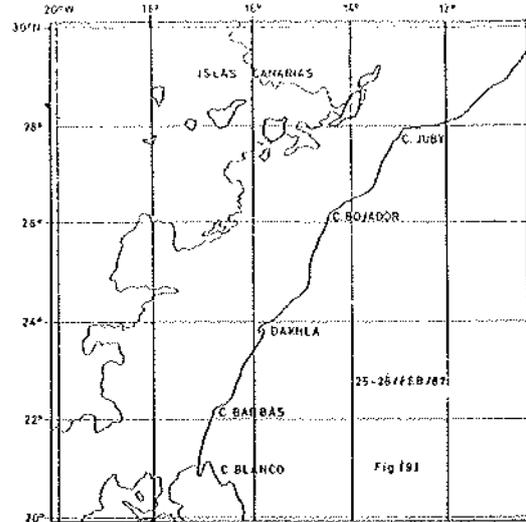
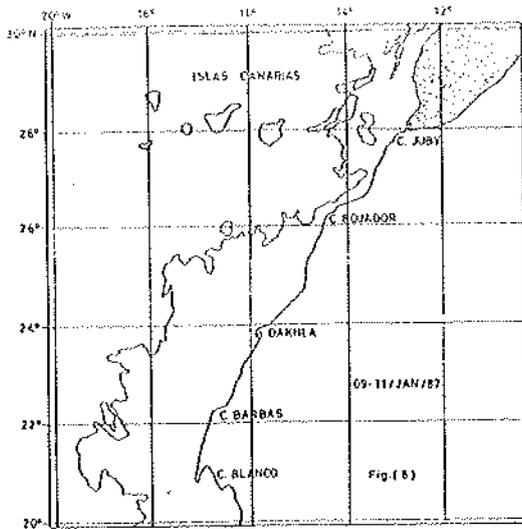


Figura 1.— Distribución de puntos de muestreo y observación en Febrero de 1987.



Figuras 2 a 7.— Límite de la extensión de aguas alforadas para el día o días que figuran en cada gráfica, obtenidos de las correspondientes imágenes del sensor AVHRR. Las zonas punteadas señalan las áreas cubiertas de nubes.



Figuras 8 a 13.— Límite de la extensión de aguas afluídas para el día o días que figuran en cada gráfica, obtenidos de las correspondientes imágenes del sensor AVHRR. Las zonas punteadas señalan las áreas cubiertas de nubes.

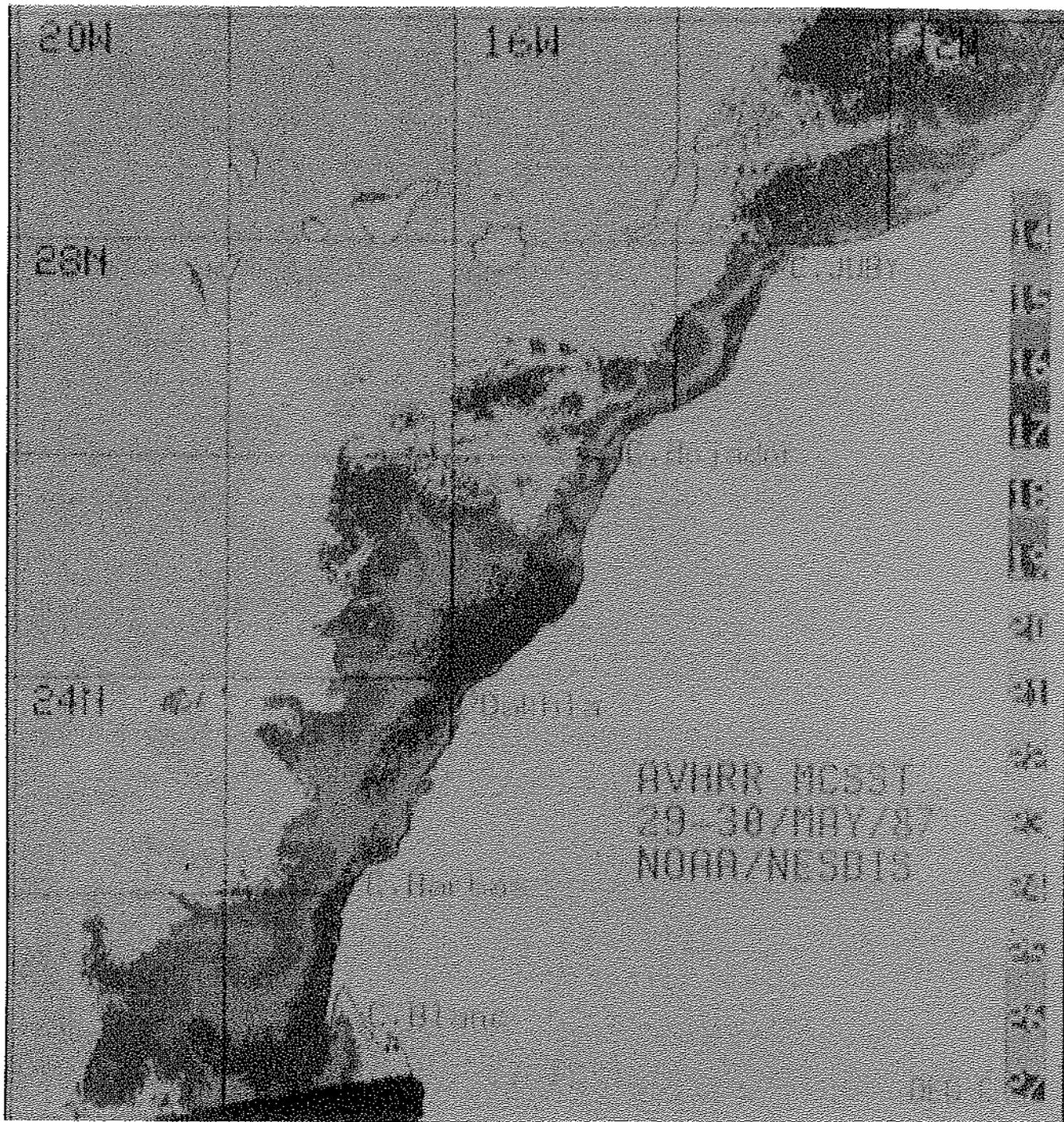


Figura 14.—Ejemplo de la imagen de distribución de temperaturas superficiales obtenidas del sensor AVHRR y utilizadas en este estudio.

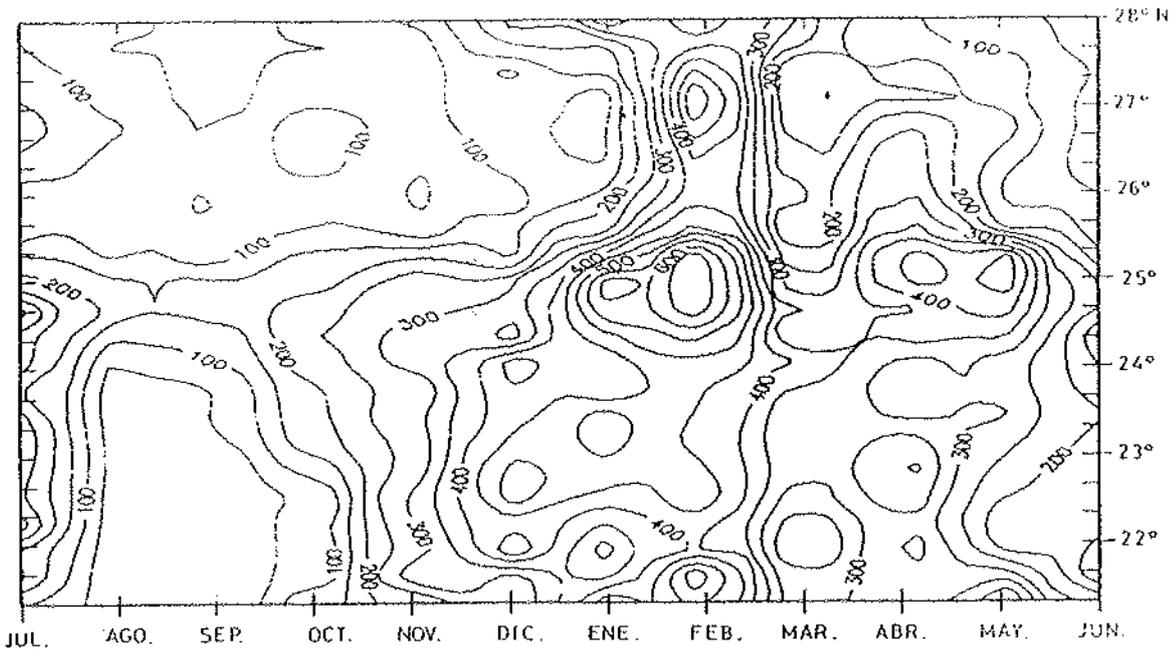


Figura 15.— Distribución anual (Julio 1986-Junio 1987) de la extensión latitudinal en Km. del Afloramiento.

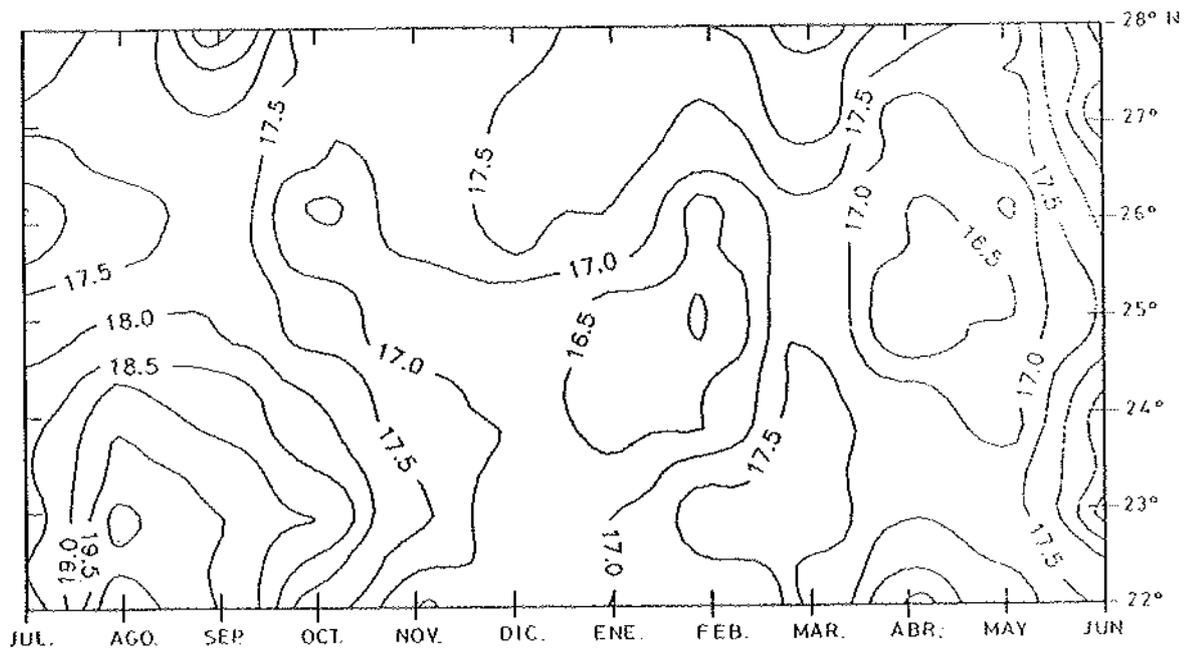


Figura 16.—Distribución anual (Julio 1986-Junio 1987) de la intensidad latitudinal del afloramiento medida como valor mínimo de temperatura superficial observada.

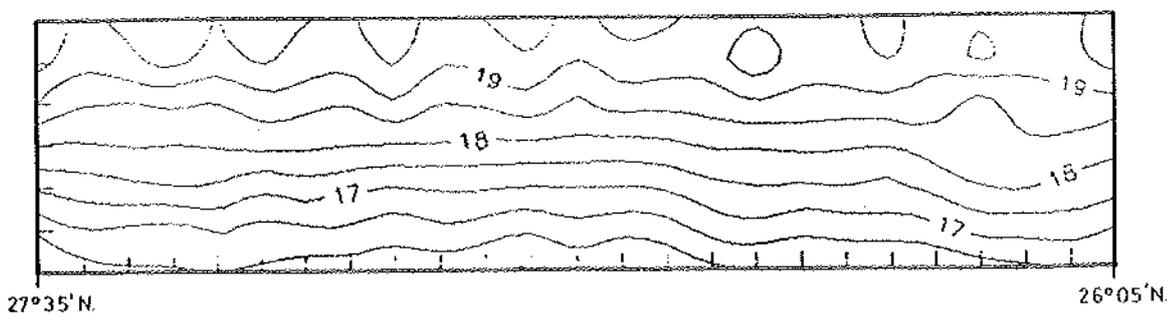


Figura 17.—Sección vertical de temperaturas elaborada con los datos de 10 XBT (Sippican T7) regularmente distribuidos entre las latitudes indicadas en el gráfico a 15° 15' de longitud Oeste.

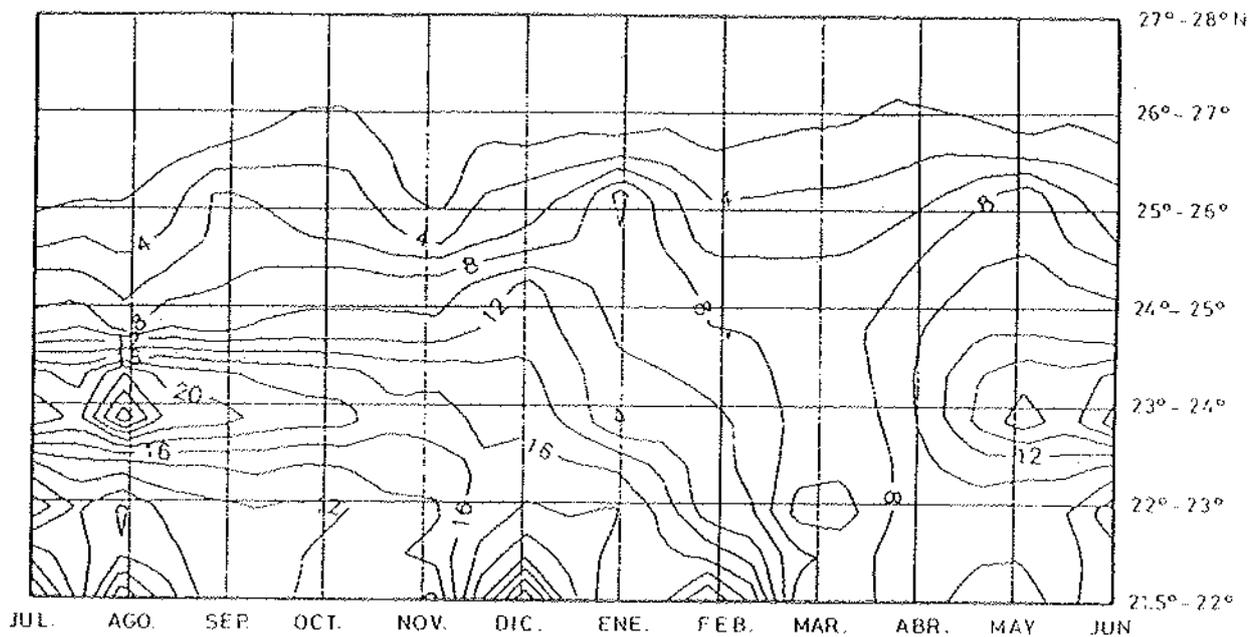


Figura 18.— Distribución espacio-temporal del promedio mensual de barcos pesqueros observados en el área.

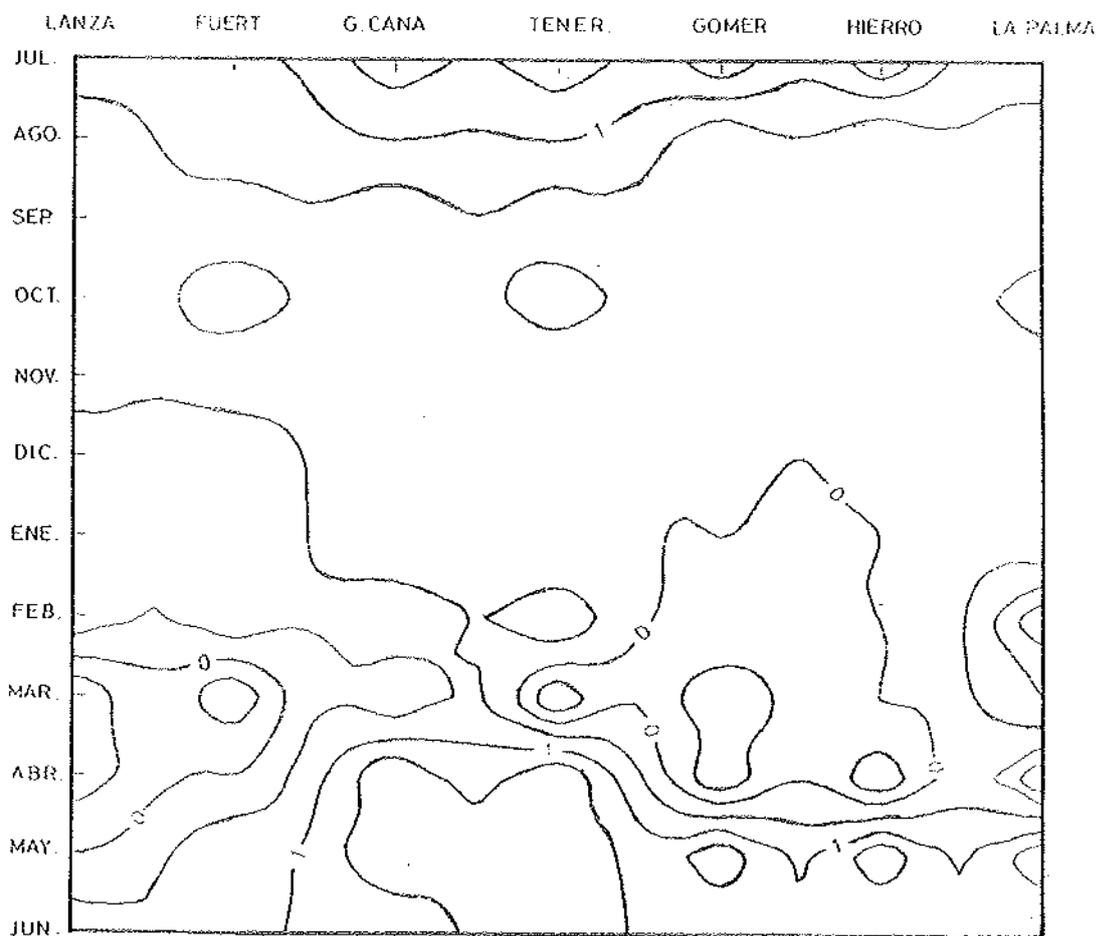


Figura 19.— Ciclo anual de incrementos positivos de las temperaturas a sotavento de las Islas Canarias.

estudiada. Fenómenos que ya fueron descritos para este área desde los primeros trabajos de teledetección (La Violette, 1974; Tomczac, 1981), que muestran como las manchas corresponden a estructuras continuas de aguas afloradas a las que se les han sobrepuesto aguas más cálidas de menor densidad, lo que concuerda con las observaciones aquí presentadas. Así, por ejemplo, en la figura 17 se muestra una sección de temperatura desde Gran Canaria a la Costa de África realizada con XBT (SIPPICAN T7) donde se ve la continuidad subsuperficial del agua de 19 grados, que alcanza la superficie en varios puntos, lo que se corresponde muy bien con la estructura superficial observada desde el satélite para el mismo mes (figura 14). Es claro que el procedimiento de formación y distribución y, por tanto, las características de esas manchas de agua determinarán su participación trófica en las áreas exteriores a las que acceden y, en particular, en las islas Canarias Orientales. Aunque no se dispone de imágenes del sensor CZCS para el período estudiado, las distribuciones disponibles de clorofila obtenidas para el área desde dicho sensor apoyan dichas hipótesis como se puede comprobar en Nykjaer (1988).

La zona litoral africana del área estudiada incluye algunas de las zonas de pesca más importantes para las pesquerías internacionales, operando mezclados en ellas flotas de muy diversos países sobre especies distintas (FAO, 1987). A pesar de ello, la comparación de la distribución del número de barcos totales observados con la cuantificación del afloramiento (figura 18), muestra claramente la situación regular de las máximas concentraciones de barcos al sur de los indicadores de afloramiento, tanto en intensidad como en extensión. En el mes de Marzo, se evidencia también con claridad la correspondencia entre la inflexión en las condiciones de afloramiento con la máxima dispersión de la flota en el área. Considerando lo ya expuesto en cuanto a composición de la flota y a la naturaleza del variable número de barcos, aquí utilizada, la cual no puede distinguir sobre las características de los barcos observados, lo que hace que se estén considerando juntas las flotas dedicadas a especies de peces pelágicas, bentónicas y cefalópodos.

Sí a pesar de ello, se presentan fenómenos de correspondencia tan evidentes entre la distribución de la flota y la de los parámetros indicadores del afloramiento, es claro que nos encontremos ante fenómenos de carácter general y significativos que comienzan a mostrarse al estudiar series temporales de observación como las presentadas en este trabajo.

En las zonas próximas a las islas y a sotavento de las mismas, se producen fenómenos de calentamiento ligados a la dinámica, como consecuencia de la situación de las islas en el seno de la Corriente de Canarias. Los mecanismos que señalan este calentamiento son los que a su vez determinan la distribución de los parámetros más significativos, (Llinas, 1988), particularmente fijan las áreas de capturas de las especies pelágicas de mayor valor comercial, (Barrera et al. 1983). En la figura 19, se presentan las observaciones realizadas sobre las doce imágenes escogidas para el período de estudio, y en la que se puede comprobar la concentración de los fenómenos de calentamiento en los meses de verano, correspondiendo al predominio de los vientos alisios que, junto a la mayor intensidad del intercambio de calor atmósfera-oceano, viene a potenciar el fenómeno, el cual se diferencia isla a isla en magnitud y situación debido a los cambios que en intensidad y dirección se producen en sentido Este-Oeste en el Archipiélago.

El conocimiento que sobre la variabilidad de los fenómenos de afloramiento de ésta naturaleza se tiene (Speth y Delbrefe, 1982; Halpern, 1977; De Szoeko y Richman, 1981), señala tiempo muy corto para variaciones notables de su intensidad y extensión, a pesar de lo cual, y en una serie temporal como la aquí presentada, en la que se comparan imágenes casi puntuales frente a promedios mensuales de varias observaciones diarias, es posible obtener correspondencias significativas. Esto indica, sin duda, el potencial de la aplicación sistemática de esta técnica de observación en el área, cuya cobertura continuada está garantizada para los principales satélites de recursos naturales, desde la estación de Maspalomas (INTA).

#### 4. AGRADECIMIENTOS

Las observaciones en el área han sido realizados desde el Buque Hospital "Esperanza del Mar" del Instituto Social de la Marina, a cuya tripulación queremos expresar nuestro agradecimiento. Asimismo a D. Antonio Alamo, D. José Betancor y D. Sebastián Alvarez por su colaboración en el tratamiento y presentación de los datos. Al Dr. Zaitzeff y P. Clemente-Colón por la obtención y proceso de las imágenes. Este trabajo ha sido financiado parcialmente con la ayuda nº 870171 de la NATO. Scientific Affairs Division.

## BIBLIOGRAFIA

- Barrera, A. et al. 1983. **Evaluación de recursos pesqueros en la provincia de Las Palmas**, vol. I y vol. II. Consejería de Agricultura y Pesca. Gobierno de Canarias. Las Palmas de G.C.
- Bas, C.; Margaleff, R. y Rubies, P. 1985. **Simposium Internacional sobre las áreas de afloramiento más importantes del oeste africano**. Inst. Inv. Pesq. vol. I y vol. II. Madrid.
- Clemente-Colón, P.; Zaitzeff, J.B. y Llinas, O. 1989. Canary islands based Fisheries and Satellite upwelling observations off the NW Coast of Africa. **International Symposium on operational Fisheries Oceanography**. St. John's, Newfoundland, Canada.
- De Szoek, R.A. y Richman, J.G. 1981. The role of wind-generated mixing in coastal upwelling. **J. Phys. Oceanogr.** 11: 1.534-1.547.
- FAO, 1987. **Anuario estadístico de Pesca**. Colección FAO: Estadística. vol. 61.
- Halpern, D. 1977. Description of wind and of upper ocean current and temperature variations on the continental shelf off Northwest Africa during March and April, 1977 **J. Phys. Oceanogr.** 7: 442-430.
- Hempel, G. 1982. The Canary Current: Studies of an upwelling system: **Rapp. P. v. Réun. Cons. Inst. Explor. Mer**, 180.
- La Violette, P.E.1974. A satellite aircraft thermal study of the Upwelled waters off Spanish Sahara. **J. Phys. Oceanogr.** 4: 676-684.
- Llinas, O. 1988. **Análisis de la distribución de nutrientes en la masa central noratlántica en las Islas Canarias**. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna.
- Mittelstaedt, E. 1983. The upwelling area off Northwest Africa a description of phenomena related to coastal upwelling. **Prog. Oceanogr.**, 12: 307-311.
- Nykjaer, L.1988. **Remote sensing applied to the Northwest African Upwelling area**. Doctoral thesis. University of Copenhagen.
- Speth, P. y Detlefren, H. 1982. Metereological influences on upwelling off Northwest Africa. **Rapp. P-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.** 180: 29-34.
- Tomczac Jr, M. 1981. Longshore advection during an upwelling event in the Canary Current area as detected by airborne radiometer. **Oceanol. Acta.** 4: 161-169.
- Van Camp, L. y Nykjaer, L. 1988. **Remote sensing of the Northwest African Upwelling Area**. JRC special publication. n: I. 88.24.
- Wooster, W.S.; Bakun, A. y Melain, D.R. 1976. The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the North. Atlantic. **J. Mar. Res.** 34: 131-141.