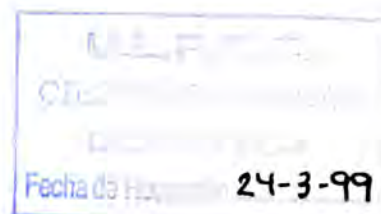


# INFORMES TÉCNICOS



INSTITUTO ESPAÑOL  
DE OCEANOGRAFÍA

ISSN: 0212-1565

## APLICACIÓN DE LA TELEDETECCIÓN ESPACIAL INFRARROJA A LA PESQUERÍA ESPAÑOLA DE SARDINA *Sardina pilchardus* WALBAUM, 1792 EN ÁREAS DEL AFLORAMIENTO NOROCCIDENTAL AFRICANO

A. G. Ramos<sup>1</sup> y M. T. G. Santamaría<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biología  
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA  
Campus de Tafira, s/n. 35017 Las Palmas de Gran Canaria, España

<sup>2</sup> Centro Oceanográfico de Canarias  
INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA  
Carretera de San Andrés, s/n. 38120 Santa Cruz de Tenerife, España

*Recibido en diciembre de 1997. Aceptado en octubre de 1998*  
*Coordinación científica editorial: Eduardo Balguerías Guerra*



MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION

SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA

Centro de Publicaciones  
Paseo de la Infanta Isabel, 1. 28014 Madrid, España

Núm. 172

Págs. 34

Madrid, España 1998

## APLICACIÓN DE LA TELEDETECCIÓN ESPACIAL INFRARROJA A LA PESQUERÍA ESPAÑOLA DE SARDINA *Sardina pilchardus* WALBAUM, 1792 EN ÁREAS DEL AFLORAMIENTO NOROCCIDENTAL AFRICANO\*

A. G. Ramos<sup>1</sup> y M. T. G. Santamaría<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biología. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Campus de Tafira, s/n. 35017 Las Palmas de Gran Canaria, España.

<sup>2</sup> Centro Oceanográfico de Canarias. Instituto Español de Oceanografía. Carretera de San Andrés, s/n. 38120 Santa Cruz de Tenerife, España.

### RESUMEN

En este trabajo se presentan resultados de la investigación, realizada a partir de imágenes de la temperatura superficial del océano obtenidas mediante el sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) a bordo del satélite NOAA-11, de la relación existente entre los rendimientos pesqueros de la flota sardinal de cerco española, entre julio y noviembre de 1992, y los eventos oceanográficos recogidos en el área comprendida entre 24° N y 28° N.

Se observó que tres estructuras oceánicas, identificadas mediante teledetección infrarroja (afloramientos, embolsamientos extensos de agua fría y frentes térmicos), acaparaban la mayor parte de las faenas de pesca de la sardina *Sardina pilchardus* en el área. El rango de temperatura superficial del océano, SST (Sea Surface Temperature), en las posiciones geográficas con rendimientos pesqueros osciló entre 17,61 °C y 21,13 °C, mientras sus valores más altos estaban entre 19,93 °C y 21,13 °C.

**Palabras clave:** *Sardina pilchardus*, teledetección infrarroja, afloramiento noroccidental africano.

### ABSTRACT

**An application of satellite-derived sea surface-temperature data to the fishery of sardine *Sardina pilchardus* Walbaum, 1792 in areas of the Northwest African Upwelling**

Based on satellite-derived scenarios of sea surface temperature (SST), as measured by the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) on the NOAA-11 satellite, we examined the relationship between the productivity of the Spanish purse-seiner fleet exploiting the fishery of sardine *Sardina pilchardus* Walbaum 1792, and oceanographic events in the area between 24° N and 28° N, known as the Northwest African Upwelling area, from July to November 1992.

Three oceanic structures were observed through infrared remote sensing (upwelling, large cold pockets and thermal fronts), which covered most of the sardine fishing operations in the area. The range of SST in the fishing-grounds was between 17.61 °C and 21.13 °C, and maximum values ranged from 19.93 °C to 21.13 °C.

**Key words:** *Sardine pilchardus*, remote sensing, Northwest African Upwelling.

## 1. INTRODUCCIÓN

La región de la costa noroccidental africana, comprendida entre el estrecho de Gibraltar y Senegal, está integrada en uno de los cuatro sistemas de afloramiento más importantes del mundo, en el cual la sardina *Sardina pilchardus* Walbaum, 1792 es la especie más abundante. Estos sistemas de afloramiento consisten en un transporte de masas de agua mar adentro perpendicularmente a la costa, que es compensado con la emergencia de agua fría del fondo hacia la superficie. Las aguas así afloradas son ricas en nutrientes y tienen como resultado un aumento significativo y estacional de la producción primaria que influye sobre las poblaciones de sardina por su condición de especie planctófaga. El afloramiento lleva asociados embolsamientos de aguas frías en zonas de plataforma ancha, frentes térmicos generados por la diferencia de temperatura con las aguas oceánicas, y filamentos que se desprenden de los bordes y fluyen hacia aguas oceánicas.

Los trabajos efectuados sobre la sardina en esta área han aportado conocimientos relacionados con aspectos de carácter biológico (relación talla-peso, proporción de sexos, época de puesta, talla y edad de la primera madurez y de la maduración masiva, fecundidad, mortalidad natural y crecimiento) y pesquero, que se refieren principalmente a la evolución de flotas, las capturas, el esfuerzo y los rendimientos: Bravo de Laguna, Fernández y Delgado (1979), Belvèze (1984), Barkova y Domanevsky (1985), Staicu y Maxim (1985), Delgado y Fernández (1985) y Santamaría (1995). Autores como Thiriot (1976), Nehring y Holzlöhner (1978), Freon (1986), Binet (1988), Cury y Roy (1989), Roy et al. (1989), Belvèze (1991), Orbi et al. (1991), Roy (1991), Kifani (1991), y Kifani y Gohin (1991a,b), entre otros, han estudiado la relación existente entre las condiciones del medio y la dinámica de las especies pelágicas de esta región. Así, se ha observado una conexión directa entre concentraciones de sardina y de clorofila en el medio, se ha establecido un paralelismo entre capturas y régimen de lluvias, se ha analizado la disponibilidad de esta especie en función de la intensidad de los alisios y la influencia de estos sobre el reclutamiento, etc. Sin embargo, no se ha desarrollado ningún trabajo que tuviera como objetivo fundamental la relación entre los eventos oceanográficos, observados a partir de imágenes obtenidas mediante satélite, y los rendimientos pesqueros en las zonas frecuentadas por la flota sardinal española en África occidental, esto es, las denominadas zona B (26°-29° N) y zona C (22°-26° N), con la excepción de los últimos autores mencionados (Kifani y Gohin, *op. cit.*), quienes analizaron las capturas de la flota sardinal marroquí durante los años 1986 y 1987 con respecto a la temperatura de superficie en la zona comprendida entre 28° N y 33° N, es decir, al norte del área de actuación de la flota española.

Determinados fenómenos oceánicos (frentes térmicos, giros, etc.) presentan en la superficie del océano una señal térmica espectral claramente detectable por los sensores AVHRR que se encuentran a bordo de satélites operacionales NOAA. Este es el motivo de que determinados grupos de peces (túnidos), especialmente sensibles a la hora de localizar este tipo de fenómenos, que indefectiblemente asocian a la presencia de alimento, alcancen un elevado potencial de localización indirecta mediante este tipo de técnicas espaciales

(Petit, 1991; Stretta, 1991; Ramos, 1992; Santiago, Ramos y Canton, 1993; Ramos *et al.*, en prensa).

Además de ser una especie netamente pelágica y altamente migratoria, la sardina tiende a concentrarse en aguas frías con un elevado índice de turbidez, lo que la coloca en niveles inferiores de la cadena trófica y la somete a una fuerte dependencia del medio (Collette y Nauen, 1983). El presente trabajo pretende analizar la relación existente entre las áreas de concentración de sardinias capturadas por la flota de cerco española con base en Canarias y los fenómenos oceánicos submesoescalares registrados mediante imágenes de la temperatura superficial del océano (SST) tomadas en el afloramiento sahariano.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron en total 121 faenas de la flota sardinal de cerco española con base en Canarias, durante el periodo comprendido entre julio y noviembre de 1992, en las denominadas zona B (26°-29° N) y zona C (22°-26° N). En el resto de zonas de pesca establecidas a lo largo de la costa noroccidental africana, no faena actualmente la flota española: la pesquería de la zona norte (36°-33° N) es poco importante y cada vez menos frecuente debido a su bajo rendimiento, y en la zona A (32°-29° N) faena exclusivamente la flota marroquí (figura 1). La flota española está integrada por un total de 10 unidades en total, con un promedio de 434 toneladas de registro bruto, 1 328 caballos de vapor de potencia y 40 metros de eslora cada una, y desarrolla su actividad pesquera de abril a diciembre, si bien los valores más altos de capturas suelen corresponder al segundo semestre del año. Los rendimientos, expresados en toneladas de captura por día de pesca, así como la situación de la flota, fueron extraídos de la base de datos del Centro Oceanográfico de Canarias, perteneciente al Instituto Español de Oceanografía. A tal efecto, se consideraron tres niveles de rendimiento: los rendimientos mínimos marcados sobre la imagen con el símbolo (o); los rendimientos medios representados por (O); y los rendimientos máximos señalados con (Ø). Tal escala se realizó en función de la captura y las toneladas de registro bruto (trb) de cada embarcación, que osciló entre 190 y 1 010 toneladas (tabla I).

Entre las 40 imágenes del AVHRR/NOAA-11 conseguidas por el Centro Espacial de Canarias (INTA-Maspalomas), se seleccionó un total de 11 teniendo en cuenta los siguientes criterios: disponibilidad de los datos pesqueros, cobertura espacial de la imagen de satélite sobre la zona de pesca y, por último, la cobertura nubosa (tabla II). Las 11 imágenes así seleccionadas fueron procesadas por el GOEs (Grupo de Oceanografía Espacial) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y corregidas de efectos atmosféricos utilizando el algoritmo split-window (McClain *et al.*, 1983). Posteriormente fueron convertidas en imágenes SST (temperatura superficial del océano), a partir de las ondas recibidas en los canales 4 y 5 (10,5-11,3 y 11,5-12,5  $\mu\text{m}$  respectivamente). Finalmente, las imágenes fueron georeferenciadas según el baremo de conversión pixel-elemento, consiguiendo así una corrección geométrica en términos de latitud y

longitud, donde se pudieron representar las CPUE correspondientes a las posiciones en las que se efectuaron las operaciones de pesca de tres días (el día anterior a la toma de la imagen, el día de ésta y el día posterior).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Escenario oceánico

La disposición general de las corrientes superficiales en el Atlántico norte viene determinada por un gran giro anticiclónico. Esta generalidad es fundamentalmente debida al esquema de circulación de los vientos: a ambos lados del Ecuador, el sentido predominante de los vientos es de Este a Oeste (vientos alisios) y, por encima de la latitud 40° N, siguen el sentido opuesto, de Oeste a Este.

La corriente norecuatorial fluye hacia el Oeste. Una parte sube hacia el Noroeste a lo largo del arco antillano, mientras que otra parte se adentra en el Caribe y el golfo de México. Allí se genera un apilamiento de agua que termina fluyendo entre Florida y Cuba para formar la corriente de Florida. A esta corriente se une la exterior de las Antillas para alejarse conjuntamente de la plataforma americana, formándose así la Corriente del Golfo. Dicha corriente transporta aguas cálidas de procedencia ecuatorial hacia zonas frías del norte, donde se encuentra con la corriente del Labrador, que transporta aguas frías de procedencia ártica hacia el Sur. Entre ambas se generan estructuras frontales muy intensas. En el este, sin embargo, la Corriente del Golfo se bifurca en dos ramas, una que fluye hacia el Noreste (la Corriente Noratlántica) y otra hacia el Sureste (la corriente de Canarias).

Las oscilaciones estacionales meridionales sinópticas de la zona intertropical de convergencia (ZITC), generan impulsos del viento alisio que fluye paralelo a la franja noroeste del continente africano. Esta situación determina los transportes de masas de agua perpendiculares a la costa y el afloramiento de aguas subsuperficiales frías y muy ricas en nutrientes, con valores que sobrepasan hasta veinte veces los de un área como la constituida por el archipiélago canario y aguas adyacentes. En estas circunstancias, los flujos de energía y de materia hacia los niveles tróficos superiores son muy intensos, además de estar caracterizados por una elevada abundancia relativa y una baja diversidad ecológica. En el caso que nos ocupa, los pulsos de afloramiento, si bien se extienden a lo largo de la franja costera, que presenta una plataforma continental amplia, pueden ser especialmente intensos en áreas concretas (Cabo Ghir y Cabo Blanco) dentro de su campo de acción.

### 3.2 Análisis de las imágenes SST

• Imagen del 12 de julio de 1992 (fotografía 1). Rendimientos correspondientes a los días 11-07-92/13-07-92.

Zona de pesca: B	Zona de pesca: C
N.º de barcos: 4	N.º de barcos: 3
N.º de datos: 10	N.º de datos: 8
Captura acumulada	Captura acumulada
del n.º de barcos (t): 556,0	del n.º de barcos (t): 1 299,6

La acción del viento alisio de componente NE provoca una acumulación de nubes al norte de las islas Canarias, especialmente en Gran Canaria, Tenerife y Palma, además de un afloramiento a lo largo de la costa norteafricana fácilmente reconocible sobre la imagen SST. Se puede observar otro evento oceanográfico submesoesalar característico de esta área bajo regímenes de viento alisio: el *eddy* (giro) ciclónico frío que comienza a desarrollarse en el canal existente entre Gran Canaria y Tenerife.

En la zona de pesca B existe una acumulación de datos de buenos rendimientos pesqueros a 26 millas del filamento 1 (27° N, 14° O). Los mayores rendimientos de la flota sardinal se encuentran muy agrupados en torno a las aguas frías afloradas entre el cabo Bojador y el cabo Juby.

En la zona de pesca C, sin embargo, los rendimientos pesqueros están asociados al desarrollo del afloramiento en esta área, debido a la estructura batimétrica de la costa y al aumento de la plataforma continental entre 26° 12' N, 14° 25' O y 26° 56' N, 15° 01' O, lo cual genera un embolsamiento (afloramiento extenso formado a lo largo de toda la superficie ocupada por la plataforma continental) en un área más vasta que en la zona B. Ello tiene como consecuencia una mayor dispersión de los núcleos pesqueros sobre esta zona, ya que se buscan las aguas con una SST en torno a 19,0 °C.

• Imagen del 18 de julio de 1992 (fotografía 2). Rendimientos correspondientes a los días 17-07-92/19-07-92.

Zona de pesca: B	Zona de pesca: C
N.º de barcos: 4	N.º de barcos: 1
N.º de datos: 6	N.º de datos: 2
Captura acumulada	Captura acumulada
del n.º de barcos (t): 499,5	del n.º de barcos (t): 283,5

El afloramiento está aún más desarrollado a lo largo de la costa sahariana que en la imagen anterior, ya que el carácter estacional de aquél en esta área origina que sea más intenso durante el verano gracias a la persistencia del viento alisio durante este periodo. Como resultado de esta acción prolongada, se sigue observando una densa acumulación de nubes en forma de arco (típica de viento del noreste) a lo largo de todo el archipiélago, especialmente en Tenerife, Gomera y Palma. Otra confirmación de la acción prolongada del viento alisio es la amplificación del *eddy* ciclónico (27° 45' N, 16° O), claramente identificable mediante esta imagen en el canal entre Gran Canaria y Tenerife, así como la formación de otro al oeste

de la Palma. Esta situación estival típica conlleva la generación de estelas cálidas de SST superior a la de aguas circundantes en las áreas de sotavento al sur de las islas, especialmente en La Palma, Gomera y Gran Canaria.

En la zona de pesca B existe una intensificación longitudinal del afloramiento: son los mejores rendimientos de toda la imagen en 27° N, 14° O.

En la zona C se localiza un núcleo de bajo rendimiento pesquero asociado a un gradiente térmico de medio grado en el área de afloramiento.

• Imagen del 30 de julio de 1992 (fotografía 3). Rendimientos correspondientes a los días 29-07-92/31-07-92.

Zona de pesca: B	Zona de pesca: C
N.º de barcos: 2	N.º de barcos: 2
N.º de datos: 2	N.º de datos: 3
Captura acumulada	Captura acumulada
del n.º de barcos (t): 59,5	del n.º de barcos (t): 206,4

El afloramiento, al igual que en la imagen previa, sigue estando muy desarrollado a lo largo de la costa sahariana, aunque existe un calentamiento general en toda el área que, junto a la reducción de núcleos nubosos (sólo pequeñas acumulaciones de nubes al norte de Gran Canaria, Tenerife y Gomera), podría explicar la relajación del viento alisio. Los eddies identificados en las secuencias anteriores cerca de Palma y Gran Canaria siguen persistiendo muy claramente junto a otros dos de menor radio al oeste de Gomera y al sur de Hierro.

En la zona de pesca B se localiza una escasa actividad pesquera alrededor de 27° N, 14° O, como en imágenes anteriores. El filamento 1 aparece ampliamente desarrollado y trasladándose hacia el Sur.

En la zona de pesca C los rendimientos, asociados al embolsamiento de agua fría e identificados también en imágenes anteriores (24°-25° N, 15°-16° O) fueron igualmente bajos. La SST en esta zona aparece completamente homogeneizada hasta 27° N.

• Imagen del 8 de agosto de 1992 (fotografía 4). Rendimientos correspondientes a los días 07-08-92/09-08-92.

Zona de pesca: B	Zona de pesca: C
N.º de barcos: 4	N.º de barcos: 3
N.º de datos: 6	N.º de datos: 4
Captura acumulada	Captura acumulada
del n.º de barcos (t): 412,9	del n.º de barcos (t): 948,1

El afloramiento está plenamente desarrollado a lo largo de la costa sahariana como resultado de la reactivación del viento alisio del Noreste. Prueba de esta intensificación del viento es la acumulación de nubes al norte de las islas Canarias, especialmente en Gran Canaria, Tenerife y Palma. Otra prueba que confirma este hecho es el nuevo desarrollo de estelas de agua cálida al sur de Gran Canaria, Tenerife, Gomera, Palma y Hierro.

En la zona de pesca B los mejores rendimientos de toda la imagen se localizan en 28° N, 13° O.

La actividad pesquera en la zona C fue escasa y estaba asociada al embolsamiento de agua fría característico de esta zona (25° N, 15° O). La SST del área, aunque ceñida a la costa, es homogénea hasta el 27° N, sin prolongarse más de un cuarto de grado de longitud hacia el Oeste.

- Imagen del 21 de agosto de 1992 (fotografía 5). Rendimientos correspondientes a los días 20-08-92/22-08-92.

Zona de pesca: B	Zona de pesca: C
N.º de barcos: 4	N.º de barcos: 3
N.º de datos: 8	N.º de datos: 6
Captura acumulada	Captura acumulada
del n.º de barcos (t): 415,2	del n.º de barcos (t): 2 224,2

El afloramiento está claramente desarrollado a lo largo de la costa sahariana, a pesar del aumento significativo de la SST en toda la imagen (alrededor de 24,5 °C), especialmente desde Gran Canaria hacia las islas occidentales, un hecho constatado de igual forma en otras ocasiones (Ramos et al., 1996).

En la zona de pesca B el filamento 1 (27° N, 14° O) ha desaparecido, y los núcleos de captura se han ido desplazando hacia el norte a lo largo de la costa africana (27°-28° N, 12°-14° O), en una franja muy estrecha de afloramiento.

En la zona de pesca C los mejores rendimientos de toda la imagen se localizan en el embolsamiento de agua fría aflorada en esta área, la cual presenta un filamento (filamento 2) y SST inferiores a 19,0 °C.

- Imagen del 30 de agosto de 1992 (fotografía 6). Rendimientos correspondientes a los días 29-08-92/31-08-92.

Zona de pesca: B	Zona de pesca: C
N.º de barcos: -	N.º de barcos: 6
N.º de datos: -	N.º de datos: 12
Captura acumulada	Captura acumulada
del n.º de barcos (t): -	del n.º de barcos (t): 1 910,2

Un nuevo impulso de viento alisio de componente Noreste, detectable por la acumulación de nubes al norte de las islas, tiene como consecuencia un ensanchamiento hacia el Oeste del afloramiento en la costa sahariana.

En la zona B el filamento 1 (27° N, 14° O) se proyecta hacia el Oeste, para girar después hacia el Sur, aunque no acumula rendimientos pesqueros.

En la zona de pesca C, sin embargo, los mejores rendimientos de toda la imagen se localizan nuevamente en el embolsamiento de agua fría aflorada en esta área, un frente cuya SST oscilaba entre 18,50 °C y 19,50 °C. El filamento 2, claramente visible en la imagen anterior, aún persiste.



• Imagen del 25 de septiembre de 1992 (fotografía 7). Rendimientos correspondientes a los días 24-09-92/26-09-92.

Zona de pesca: B	Zona de pesca: C
N.º de barcos: 2	N.º de barcos: 4
N.º de datos: 2	N.º de datos: 10
Captura acumulada	Captura acumulada
del n.º de barcos (t): 181,8	del n.º de barcos (t): 1 635,2

El afloramiento se encuentra cerrado y enmascarado por agua cálida superficial, producida por el calentamiento general que aparece en toda la imagen, desde las islas occidentales hasta las orientales, resultado de un cambio en la dirección del viento dominante hacia el Suroeste. Prueba de ello es la presencia de una depresión ubicada al noroeste de las islas y que pone en evidencia el arco de nubes de aspecto circular en dirección SO-NE. Tal depresión determina un calentamiento O-E en el mismo sentido.

En la zona de pesca B no se logra identificar el filamento 1. Asimismo, los núcleos de captura se encuentran muy agrupados en 28° N, 12° O - 13° O, lo que coincide con el cierre del afloramiento en esta área.

En la zona de pesca C los mejores rendimientos de toda la imagen se localizan nuevamente en el embolsamiento de agua costera, el cual presenta una SST de 20,50 °C y, justo en el frente con aguas más cálidas, de 21,50 °C.

• Imagen del 26 de octubre de 1992 (fotografía 8). Rendimientos correspondientes a los días 25-10-92/27-10-92.

Zona de pesca: B	Zona de pesca: C
N.º de barcos: 1	N.º de barcos: 8
N.º de datos: 1	N.º de datos: 10
Captura acumulada	Captura acumulada
del n.º de barcos (t): 114,0	del n.º de barcos (t): 2 760,7

El afloramiento comienza nuevamente a desarrollarse a lo largo de la costa sahariana como resultado del viento de componente NE. Así lo demuestran la forma de las nubes al sur de las islas, la acumulación de éstas al norte de Tenerife, Gomera y Palma, y el frente nuboso al norte del archipiélago. Ello también queda constatado por la ausencia del filamento 1.

En la zona de pesca B no se identifica el filamento 1. Sin embargo, existe un núcleo de captura asociado con la apertura del afloramiento y la entrada de agua a 19,50 °C en la superficie oceánica entre el 27° N-28° N, 14° O.

En la zona de pesca C los mejores rendimientos de toda la imagen se localizan de nuevo en el embolsamiento con temperaturas inferiores a 21,00 °C, entre 24°-25° N y 15°-16° O, cerca del núcleo de afloramiento donde el gradiente es máximo.

- Imagen del 29 de octubre de 1992 (fotografía 9). Rendimientos correspondientes a los días 28-10-92/30-10-92.

Zona de pesca: B	Zona de pesca: C
N.º de barcos: 1	N.º de barcos: 3
N.º de datos: 1	N.º de datos: 5
Captura acumulada del n.º de barcos (t): 117	Captura acumulada del n.º de barcos (t): 1 083,2

El afloramiento vuelve a relajarse, como demuestra el calentamiento de las aguas previamente afloradas en la zona B y la ausencia del filamento 1.

En la zona de pesca B existe un núcleo de captura asociado con la presencia de agua costera con una temperatura en torno a 21,50 °C, superior a la observada en la imagen anterior (19,50 °C).

En la zona de pesca C los mejores rendimientos de toda la imagen se localizan en el frente térmico ubicado entre 24°-25° N y 15°-16° O, con una SST de 21,50 °C.

- Imagen del 5 de noviembre de 1992 (fotografía 10). Rendimientos correspondientes a los días 04-11-92/06-11-92.

Zona de pesca: B	Zona de pesca: C
N.º de barcos: 2	N.º de barcos: 4
N.º de datos: 4	N.º de datos: 8
Captura acumulada del n.º de barcos (t): 243,4	Captura acumulada del n.º de barcos (t): 1 427,2

La zona de pesca B queda enmascarada por las nubes y no es posible interpretarla.

En la zona de pesca C, sin embargo, el embolsamiento de agua fría entre 15°-16° O y 24°-25° N, así como su evolución temporal y consiguiente ampliación longitudinal, influye en la tendencia de la sardina a concentrarse en su área frontal, que presenta temperaturas comprendidas entre 19,50 °C y 20,50 °C, además del filamento 2 en la misma ventana.

- Imagen del 11 de noviembre de 1992 (fotografía 11). Rendimientos correspondientes a los días 10-11-92/12-11-92.

Zona de pesca: B	Zona de pesca: C
N.º de barcos: -	N.º de barcos: 5
N.º de datos: -	N.º de datos: 11
Captura acumulada del n.º de barcos (t): -	Captura acumulada del n.º de barcos (t): 1 454,4

El afloramiento está plenamente desarrollado, como demuestra la reducción de la SST a lo largo de la costa sahariana y el desarrollo longitudinal del filamento 1 (27°-28° N, 13°-15° O) y del filamento 2 (25° N, 16°-17° O).

En la zona de pesca B el filamento 1 se encuentra plenamente desarrollado, pero no se ha identificado ningún núcleo de rendimientos. La flota se encuentra ubicada en la zona C.

En la zona C, por el contrario, el embolsamiento de agua fría entre el 24°-25° N y 15°-16° O, así como su evolución temporal y consiguiente ampliación longitudinal, determina una tendencia de la sardina a concentrarse en su núcleo, que posee SST comprendidas entre 18,50 °C y 19,00 °C. Si se observa en detalle la evolución de la zona C en las cuatro últimas imágenes, se constata que el desarrollo del afloramiento amplía la superficie fría ante la cual la sardina claramente responde. Al igual que en la imagen anterior, el filamento 2 está plenamente desarrollado.

### 3.3 Estructuras oceánicas espacio-temporales

El análisis de los distintos eventos oceanográficos obtenidos en las 11 imágenes AVHRR/NOAA-11 analizadas, correspondientes a las zonas B y C en 1992, muestran varias estructuras oceánicas en distintos puntos espacio-temporales, los cuales acumularon núcleos de esfuerzo pesquero (tabla III):

- En la zona de pesca B se detectaron tres fenómenos oceánicos durante el periodo de estudio. En primer lugar, el filamento 1, que se desprende del afloramiento sahariano y llega hasta aguas de las islas más orientales (Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria). En segundo lugar, una extensa franja de agua fría a lo largo de la vertiente considerada en esta área (afloramiento en la zona B). Dicho afloramiento desencadena intensos impulsos de producción primaria asociados a la emergencia masiva de nutrientes inorgánicos hasta aguas superficiales (Hernández-Guerra, 1990; Ramos, 1992; Ramos et al., 1996), los cuales proporcionan un alimento esencial para la sardina. Ambos fenómenos mantienen una relación causa-efecto debido a que el filamento es sólo una prolongación del afloramiento costero hacia aguas oceánicas. Sin embargo, en algunas ocasiones (21 de agosto, 26 de octubre y 29 de octubre) el afloramiento incipiente determina núcleos de acumulación de pescado, pero no se desarrolla lo suficiente como para que se origine dicho filamento (fotografías 5, 8 y 9). El tercer evento considerado es el frente térmico generado por un gradiente de SST al que se asocian normalmente buenos rendimientos pesqueros (fotografías 3, 4 y 8).

- En la zona de pesca C se consideraron cuatro eventos oceánicos relacionados con los rendimientos pesqueros. El afloramiento existente a lo largo de la costa sahariana, el filamento 2, desprendido de las aguas costeras afloradas y que se desplaza hacia aguas oceánicas, los embolsamientos de agua fría ubicados entre 24° y 25° N y, por último, los frentes térmicos, similares a los detectados en la zona B.

Los núcleos de afloramiento, al igual que en la zona de pesca B, representan áreas de emergencia de aguas frías ricas en nutrientes inorgánicos que el fitoplancton utiliza para realizar la fotosíntesis y aumentar su densidad. Esto produce núcleos de acumulación de sardinas debido a que tienden a llevar a cabo migraciones tróficas hacia las áreas donde se acumula el alimento fresco. En este sentido, algunos autores, como Blackburn y Nellen (1976), y Nieland (1980), definen esta especie como fitoplanctófaga; Cushing (1978) opina que

las sardinias de las regiones de afloramiento se alimentan principalmente de pequeños copépodos, larvas y fitoplancton, mientras, por otra parte, Binet (1988) ha constatado que los desplazamientos de sardinias en la zona C son simultáneos a los índices máximos de zooplancton.

Los embolsamientos de agua fría profunda son el resultado de la extensión del afloramiento gracias a las características del fondo (amplia plataforma continental). Esto permite una vasta zona enriquecida con producción primaria que atrae a la sardina por razones similares a las de los núcleos de afloramiento (fotografías 7, 8, 9, 10 y 11).

El filamento 2, sin embargo, era un fenómeno menos frecuente, pues sólo fue detectado durante cuatro días de la serie (21 y 30 de agosto y 5 y 11 de noviembre), durante los que se observó la ausencia del filamento 1.

Al igual que en la zona B, el cuarto evento considerado es el frente térmico, que se asocia a una buena parte de los mejores rendimientos pesqueros de la serie. Se observa dicho frente a lo largo de una extensa área donde tiene lugar el proceso de afloramiento, una emergencia de agua profunda más fría que, al contactar con las aguas oceánicas a mayor temperatura, origina el frente.

Durante el periodo estudiado, los rendimientos en la zona B fueron, en general, inferiores a los de la zona C, exceptuando julio y agosto, meses en los que fueron superiores al coincidir con el reforzamiento del afloramiento, lo cual implica una mayor concentración de fitoplancton y zooplancton en el área. Durante el resto del año, la mayor parte de la actividad pesquera se desarrolló en la zona C debido a la gran cantidad de sardina de pequeña talla existente en la zona B (sector pesquero, com. pers.). Dado el sistema de conservación (en salmuera) y el destino de la captura (elaboración de subproductos en su mayoría), la flota procura evitar los ejemplares más pequeños, pues el pescado mermaría mucho durante el trayecto y así se reduce su rentabilidad. En dicha zona de pesca, los rendimientos más elevados estaban asociados a las áreas de afloramiento y, sobre todo, a los frentes térmicos entre aguas afloradas y filamentos (fotografías 3 y 4).

En la zona C, al igual que en la B, los mayores rendimientos correspondieron, por lo general, a zonas de frentes térmicos de diferente magnitud, entre el embolsamiento de aguas afloradas y masas de agua con temperaturas superiores (fotografías 7 a 11). En éstos se produce un incremento de las concentraciones de fitoplancton y zooplancton descritas cerca de estos frentes térmicos por numerosos autores (Dufour y Stretta, 1973; Pingree et al., 1975; Savidge, 1976; Holligan, 1979; Simpson et al., 1978, 1982; Fournier et al., 1979; Floodgate et al., 1981; Seliger et al., 1981; Richardson, Heath y Pedersen, 1986; Armstrong et al., 1987; Kiorboe et al., 1988; Iwatsuki, Nakata y Hirano, 1989; Nakata, 1989), los cuales constituyen, en definitiva, el alimento hacia el cual se dirige, en este caso, la sardina. En este sentido, Nehring y Holzlöhner (1978) observaron igualmente concentraciones de cardúmenes de sardina en las áreas de afloramiento y atribuyeron las buenas capturas efectuadas alrededor de 25° N a una alta productividad y en general a buenas condiciones de alimentación.

### 3.4 Evolución de los rendimientos y las temperaturas

En la figura 2 se presenta la evolución de la temperatura media en las posiciones geográficas donde fueron realizadas las capturas. Éstas oscilaron durante el periodo de estudio (julio-noviembre de 1992) entre 17,61 °C (mínimo) y 21,30 °C (máximo), aunque los valores más elevados de la serie corresponden al mes de octubre.

En la figura 3 se refleja la evolución temporal de los rendimientos, donde se puede comprobar que el mayor porcentaje de rendimientos máximos correspondió a octubre y el mínimo a julio, mes este último en que el bajo régimen de viento alisio de componente noreste y el afloramiento de agua fría profunda se desarrollan a lo largo de la costa sahariana, por lo que presenta el registro de SST más frío de la serie (entre 17,61 °C y 19,37 °C). El relajamiento de estos vientos alisios provoca el efecto contrario (figura 2): un calentamiento superficial del océano en esta área, que hace del mes de octubre el más cálido de la serie. Por eso, presenta elevados rendimientos en temperaturas comprendidas entre 19,93 °C y 21,13 °C, hecho corroborado por el sector pesquero (com. pers.).

## 4. CONCLUSIONES

El análisis de la serie de imágenes SST mostró que la pesquería de sardina en el área del banco sahariano está asociada a tres fenómenos oceánicos: los afloramientos en las zonas B y C, los embolsamientos de agua fría en áreas de plataforma extensa y, por último, los frentes térmicos que se originan entre las aguas costeras afloradas y las oceánicas circundantes.

El rango de SST en las posiciones geográficas con rendimientos pesqueros osciló entre 17,61 °C y 21,13 °C.

Los mejores rendimientos pesqueros se dieron en el mes de octubre, con un rango de SST entre 19,93 °C y 21,13 °C.

La teledetección espacial se ha mostrado como una herramienta útil para la ubicación de eventos susceptibles de acumular sardinias. Se hace necesario, sin embargo, la ampliación del estudio en la misma área a otros periodos, con el objetivo de corroborar los resultados.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a la Viceconsejería de Pesca del Gobierno Autónomo de Canarias por haber financiado este proyecto. Así mismo, a L. J. López Abellán su colaboración en el desarrollo de las aplicaciones informáticas para el tratamiento de los datos, y a J. A. Díaz Cordero la preparación de los datos de base. Igualmente a todo el sector sardinal de Arrecife de Lanzarote y, en particular, a F. J. Toledo Hernández y a la empresa AGRAMAR por su colaboración y

las facilidades ofrecidas al suministrar la información necesaria para la realización del presente trabajo. También nos gustaría agradecer a M. Sosa y a R. Charlán la facilidad para la adquisición de imágenes de satélite en el Centro Espacial de Canarias (INTA-Maspalomas).

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo. 1997. Groupe de travail ad hoc sur les sardines et atelier COPACE sur les méthodes avancées pour l'évaluation des stocks. Casablanca 17-28 février 1997. COPACE/PACE Série 97: 164 pp. FAO, Rome, Italia.
- Armstrong, D. A., B. A. Mitchell-Innes, F. Verheye-Dua, H. Waldron y L. Hutchings. 1987. Physical and biological features across an upwelling front in the Southern Benguela. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 5: 171-190.
- Barkova, N. A. y L. N. Domanevsky. 1985. Etat des stocks de la sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) dans la division statistique 34.1.3. COPACE/PACE Séries 85 (39): 80-96.
- Belvèze, H. 1984. *Biologie et dynamique des populations de sardine (Sardina pilchardus Walbaum) peuplant les côtes atlantiques du Maroc. Propositions pour un aménagement des pêcheries.* Tesis doctoral de Estado. Universidad de Bretaña Occidental, Francia: 532 pp.
- Belvèze, H. 1991. Influence des facteurs hydroclimatiques sur la pêche marocaine des petits pélagiques côtiers. En: *Pêcheries ouest-africaines. Variabilité, instabilité et changement.* P. Cury y C. Roy (eds.): 209-233. Editions de l'ORSTOM. Paris.
- Binet, D. 1988. Rôle possible de l'intensification des alizés sur le changement de répartition des sardines et sardinelles le long de la côte ouest africaine. *Aquatic Living Resources* 1: 115-132.
- Blackburn, M. y W. Nellen. 1976. Distribution and ecology of pelagic fishes studied from eggs and larvae in an upwelling area of Spanish Sahara. *U.S. Fisheries Bulletin* 74 (4): 885-896.
- Bravo de Laguna, J., M. A. R. Fernández y A. Delgado. 1979. Problemática de las investigaciones sobre la sardina (*Sardina pilchardus* Walb.) del banco pesquero sahariano. *Inv. Pesq.* 43 (1): 327-336.
- Collette, B. y C. Nauen. 1983. FAO Species catalogue. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. *FAO Fish. Synop.* 125: 137 pp.
- Cury, P. y C. Roy. 1989. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46 (4): 670-680.
- Cushing, D. H. 1978. Upper trophic levels in upwelling areas. En: *Upwelling ecosystems.* R. Boje y M. Tomczak (eds.): 101-110. Springer Verlag.
- Delgado, A. y M. A. R. Fernández. 1985. Datos sobre la biología de la sardina (*Sardina pilchardus* Walb., 1792) capturada por los cerqueros españoles en África occidental de 1976 a 1982. En: *Simposio internacional sobre las áreas de afloramiento más importantes del Oeste africano (Cabo Blanco y Benguela)* (1985. Barcelona, España). C. Bas, R. Margelef y P. Rubies (eds.) II: 935-955. Instituto de Investigaciones Pesqueras (CSIC). Barcelona.

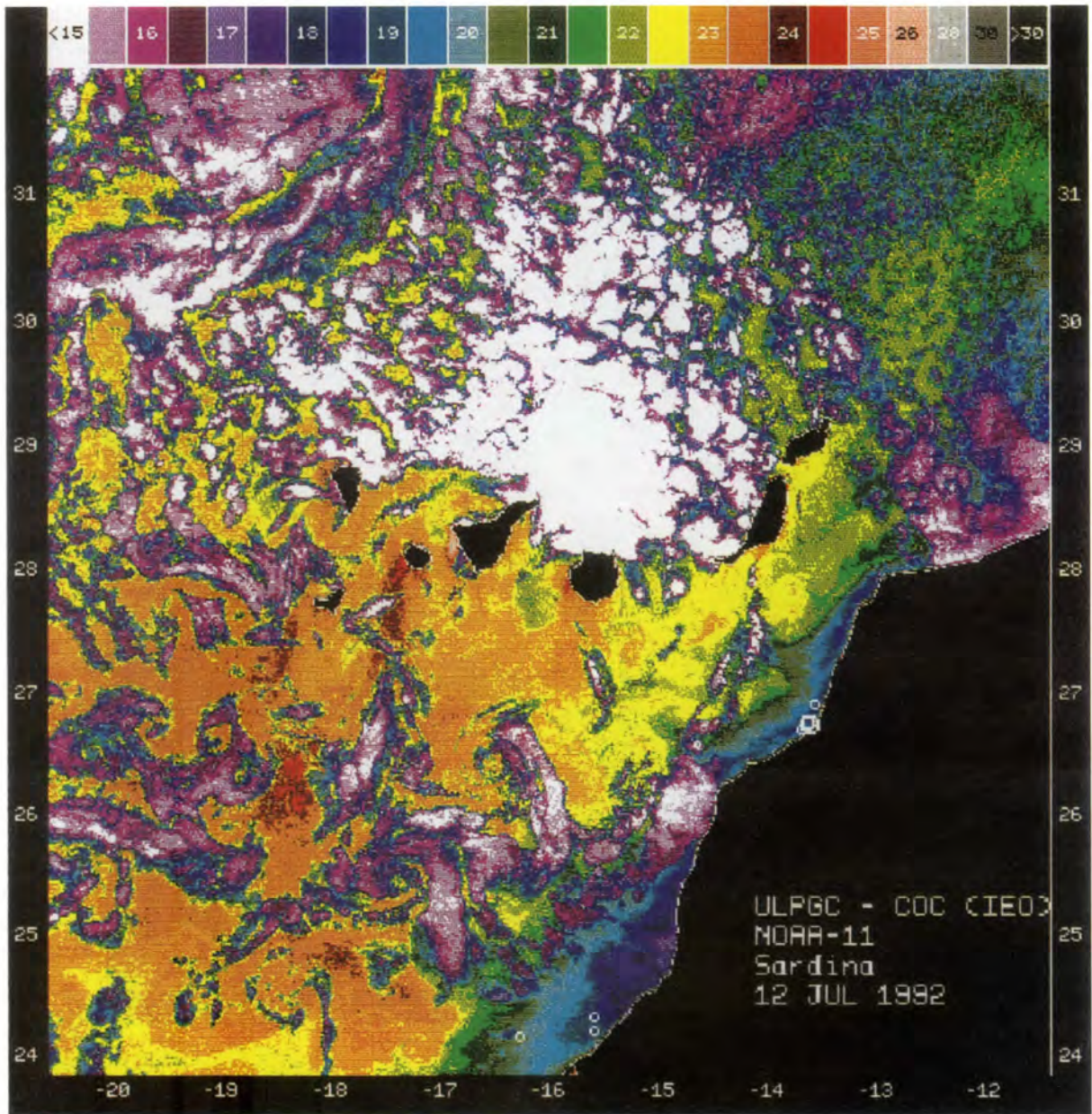
- Dufour, P. y J. M. Stretta. 1973. Fronts thermiques et thermohalins dans la région du Cap Lopez (golfe de Guinée) juin-juillet 1972: Phytoplancton, zooplancton, micronekton et pêche thonière. *Document Scientifique du Centre des Recherches Océanographiques*. Abidjan 1: 99-142.
- Floodgate, G. D., G. E. Fogg, D. A. Jones, K. Lochte y C. M. Turley. 1981. Microbiological and zooplankton activity at a front in Liverpool Bay. *Nature*. London 290 (5802): 133-136.
- Fournier, R. O., M. Van Det, J. S. Wilson y N. B. Hargreaves. 1979. Influence of the shelf-break front of Nova Scotia on phytoplankton standing stock in winter. *Journal Fisheries Research Board of Canada* 36: 1228-1237.
- Freon, P. 1986. *Réponse et adaptations des stocks de clupeidés d'Afrique de l'ouest à la variabilité du milieu et l'exploitation: analyse et reflexion à partir de l'exemple du Sénégal*. Tesis doctoral de Estado. Universidad de Aix-Marsella, Francia: 287 pp.
- Hernández-Guerra, A. 1990. *Estructuras oceánicas en las aguas que rodean el archipiélago canario mediante los sensores AVHRR y CZCS*. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España: 198 pp.
- Holligan, P. M. 1979. Dinoflagellate blooms associated with tidal fronts around the British Isles. En: *Toxic dinoflagellate blooms*. D. L. Taylor y H. H. Seliger (eds.): 249-256. Elsevier. North Holland; New York.
- Iwatsuki, Y., H. Nakata y R. Hirano. 1989. The thermohaline front in relation to fish larvae. *Rapp. P-V Réun. Cons. Int. Explor. Mer* 191: 119-126.
- Kifani, S. 1991. *Approche spatio-temporelle des relations hydroclimat-dynamique des espèces pélagiques en région d'upwelling: cas de la sardine du stock central marocain*. Tesis doctoral. Universidad de Bretaña Occidental, Francia: 301 pp.
- Kifani, S. y F. Gohin. 1991a. *Dynamique de l'Upwelling et variabilité spatio-temporelle de la répartition de la sardine marocaine (Sardina pilchardus, Walb.)*. En: Tesis doctoral (Kifani, 1991): 172-205.
- Kifani, S. y F. Gohin. 1991b. Influence possible de la température sur les disponibilités locales et les déplacements de sardines du stock central marocain. En: *Pêcheries ouest africaines. Variabilité, instabilité et changement*. P. Cury y C. Roy (eds.): 279-289. Editions de l'ORSTOM. Paris.
- Kiorboe, T., P. Munk, K. Richardson, V. Christensen y H. Paulsen. 1988. Plankton dynamics and larval herring growth, drift and survival in a frontal area. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 44: 205-219.
- McClain, E. P., W. E. Pichel, C. C. Walton, Z. Ahmadd y J. Sutton. 1983. Multichannel improvements to satellite-derived global sea-surface temperatures. *Advances in Space Research* 2: 43-47.
- Nakata, H. 1989. Transport and distribution of fish eggs and larvae in the vicinity of coastal fronts. *Rapp. P-V Réun. Cons. Int. Explor. Mer* 191: 153-159.
- Nehring, D. y S. Holzlöhner. 1978. Investigations on the relation between the environmental conditions and the distribution of *Sardina pilchardus* in the shelf area of NW Africa. En: *Symposium on the Canary Current: Upwelling and Living Resources* 16: 5 pp. ICES.
- Nieland, H. 1980. Die nahrung von sardinen, sardinellen, und mainfischen von der westkiiste Afrikas. *Ber. Inst. Meeres Christian-Albrechts-Univ. Kiel* 75: 137 pp.

- Orbi, A., A. Agoumi, G. B. Jannet y S. Tazi. 1991. Approche modélisatrice des fluctuations d'abondance des sardines sur la côte nord-atlantique marocaine. En: *Pêcheries ouest-africaines. Variabilité, instabilité et changement*. P. Cury y C. Roy (eds.): 425-438. Editions de l'ORSTOM. Paris.
- Petit, M. 1991. *Contribution de la télédétection aérospatiale à l'élaboration des bases de l'haliéutique opérationnelle: l'exemple des pêcheries thonières tropicales de surface. (Aspect évaluatif)*. Tesis doctoral. Universidad Pierre et Marie Curie-Paris VI, Francia: 130 pp. + 6 anexos.
- Pingree, R. D., P. R. Pugh, P. M. Holligan y G. R. Forster. 1975. Summer phytoplankton blooms and red tides along tidal fronts in the approaches to the English Channel. *Nature. London.* 258: 672-677.
- Ramos, A. G. 1992. *Bioecología del listado (Katsuwonus pelamis Linnaeus, 1758) en el área de Canarias. Modelo de gestión y explotación mediante el uso de la teledetección*. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España: 198 pp.
- Ramos, A. G., J. Santiago, P. Sangra y M. Canton. En prensa. An application of satellite-derived sea surface temperature data to the skipjack (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) and albacore tuna (*Thunnus alalunga* Bonaterre, 1788) fisheries in the Northeast Atlantic. *Int. J. Remote Sens.*
- Richardson, K., M. R. Heath y S. M. Pedersen. 1986. Studies of a larval herring (*Clupea harengus* L.) patch in the Buchan area. III. Phytoplankton distribution and primary productivity in relation to hydrographic features. *Dana* 6: 25-36.
- Roy, C. 1991. Les upwellings: le cadre physique des pêcheries côtières ouest-africaines. En: *Pêcheries ouest-africaines. Variabilité, instabilité et changement*. P. Cury y C. Roy (eds.): 38-66. Editions de l'ORSTOM. Paris.
- Roy, C., P. Cury, A. Fontana y H. Belvèze. 1989. Stratégies spatio-temporelles de la reproduction des clupéidés des zones d'Upwelling d'Afrique de l'Ouest. *Aquatic Living Resources* 2: 21-29.
- Santamaría, M. T. G. 1995. *Actividad de la flota sardinal española en Africa occidental. Aspectos biológicos de la sardina (Sardina pilchardus Walbaum, 1792), dinámica y evaluación del recurso*. Tesis Doctoral. Microfichas. Instituto Español de Oceanografía 5: 14 pp.
- Santiago, J., A. G. Ramos y M. Canton. 1993. Teledetección y pesca del atún blanco en el NE Atlántico. Análisis de las campañas de pesca 1990-92. *Documentos Técnicos del Gobierno Vasco* 51: 17 pp.
- Savidge, G. 1976. A preliminary study of the distribution of chlorophylla in the vicinity of fronts in the Celtic and Western Irish Sea. *Estuarine Coastal Mar. Sci.* 4: 617-625.
- Seliger, H. H., K. R. Mckinley, W. H. Biggley, R. B. Rivkin y K. R. H. Aspdern. 1981. Phytoplankton patchiness and frontal regions. *Mar. Biol.* 61: 119-131.
- Simpson, J. H., D. J. Edelsten, A. Edwards, N. C. G. Morris y P. B. Tett. 1978. The Islay front: physical structure and phytoplankton distribution. *Estuarine Coastal Mar. Sci.* 9: 713-726.
- Simpson, J. H., P. B. Tett, M. L. Argote-Espinoza, A. Edwards, K. J. Jones y G. Savidge. 1982. Mixing and phytoplankton growth around an island in a stratified sea. *Cont. Shelf Res.* 1: 15-31.
- Staicu, I. y C. Maxim. 1985. La pêche roumaine de la sardine (*Sardina pilchardus* Walbaum) dans la region du COPACE en 1967-1983. *COPACE/PACE Séries* 85 (39): 97-106.

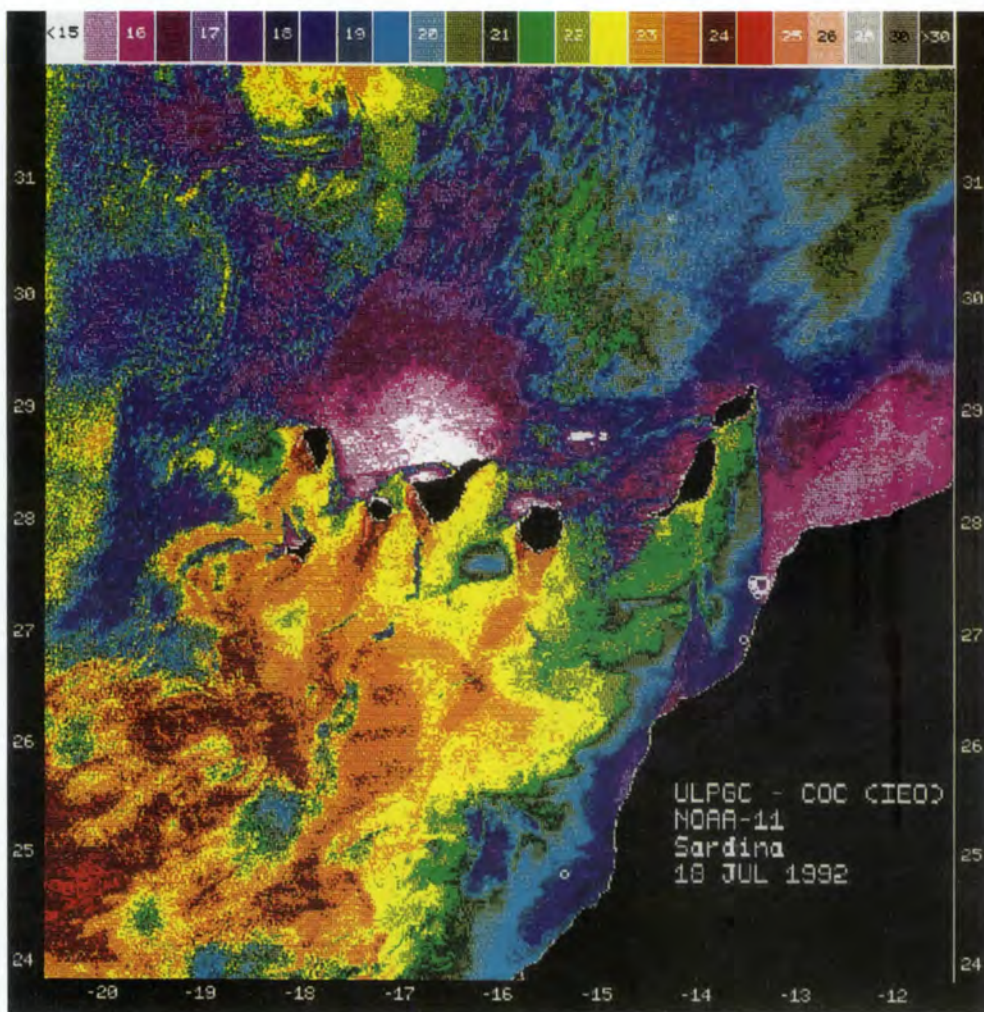


Stretta, J. M. 1991. *Télédetection aérospatiale et gestion des pêches; application: recherche environnementale et halieutique thonière opérationnelle*. Tesis doctoral. Universidad Pierre et Marie Curie-Paris VI, Paris: 130 pp.

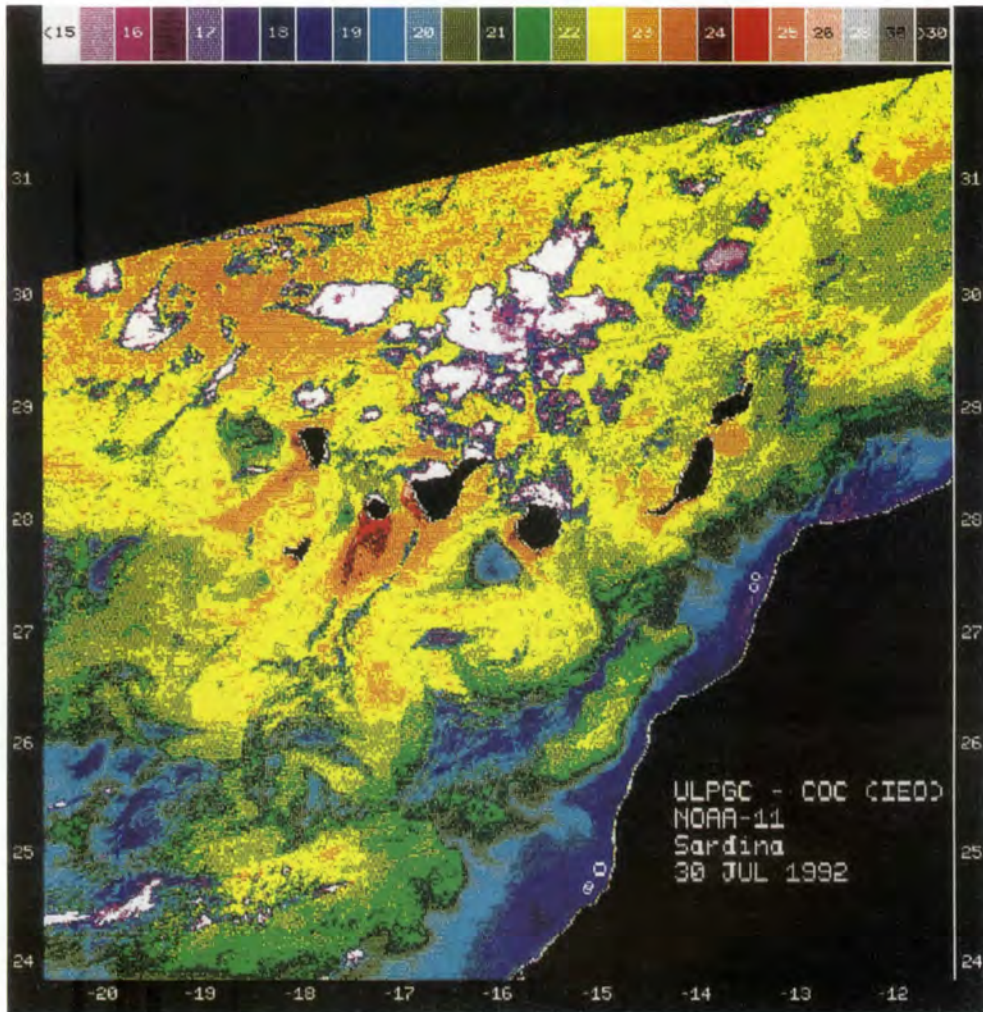
Thiriot, A. 1976. Les remontées d'eau (upwelling) et leur influence sur la production pélagique des côtes atlantiques du Maroc. *Bulletin du Institute des Pêches Maritimes*. Casablanca 22: 5-12.



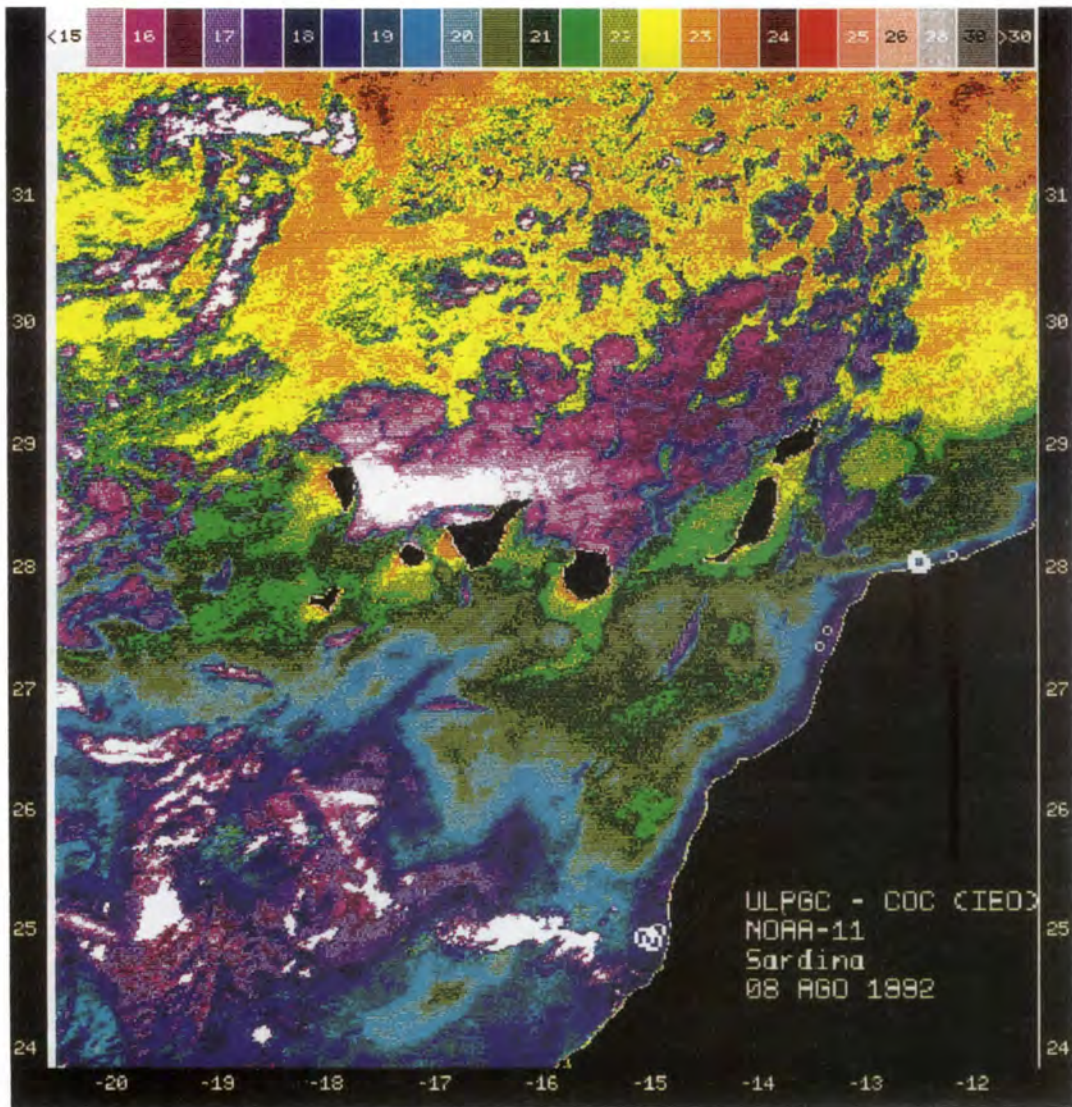
Fotografía 1. Imagen de la temperatura superficial del océano obtenida a partir del sensor AVHRR/NOAA-11. 12 de julio de 1992. (o): rendimientos mínimos; (O): rendimientos medios; (O): rendimientos máximos.



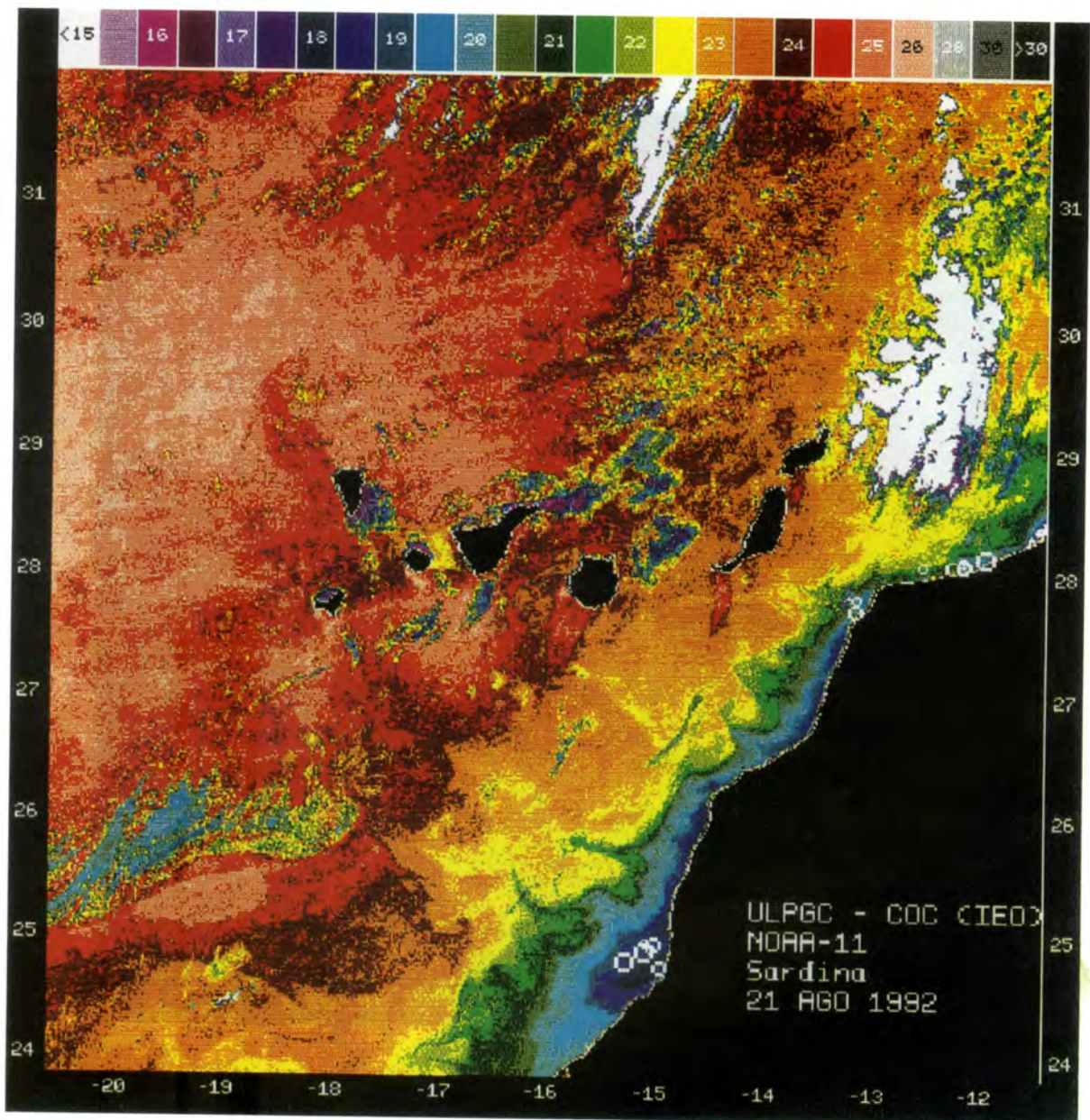
Fotografía 2. Imagen de la temperatura superficial del océano obtenida a partir del sensor AVHRR/NOAA-11. 18 de julio de 1992. (o): rendimientos mínimos; (o): rendimientos medios; (O): rendimientos máximos.



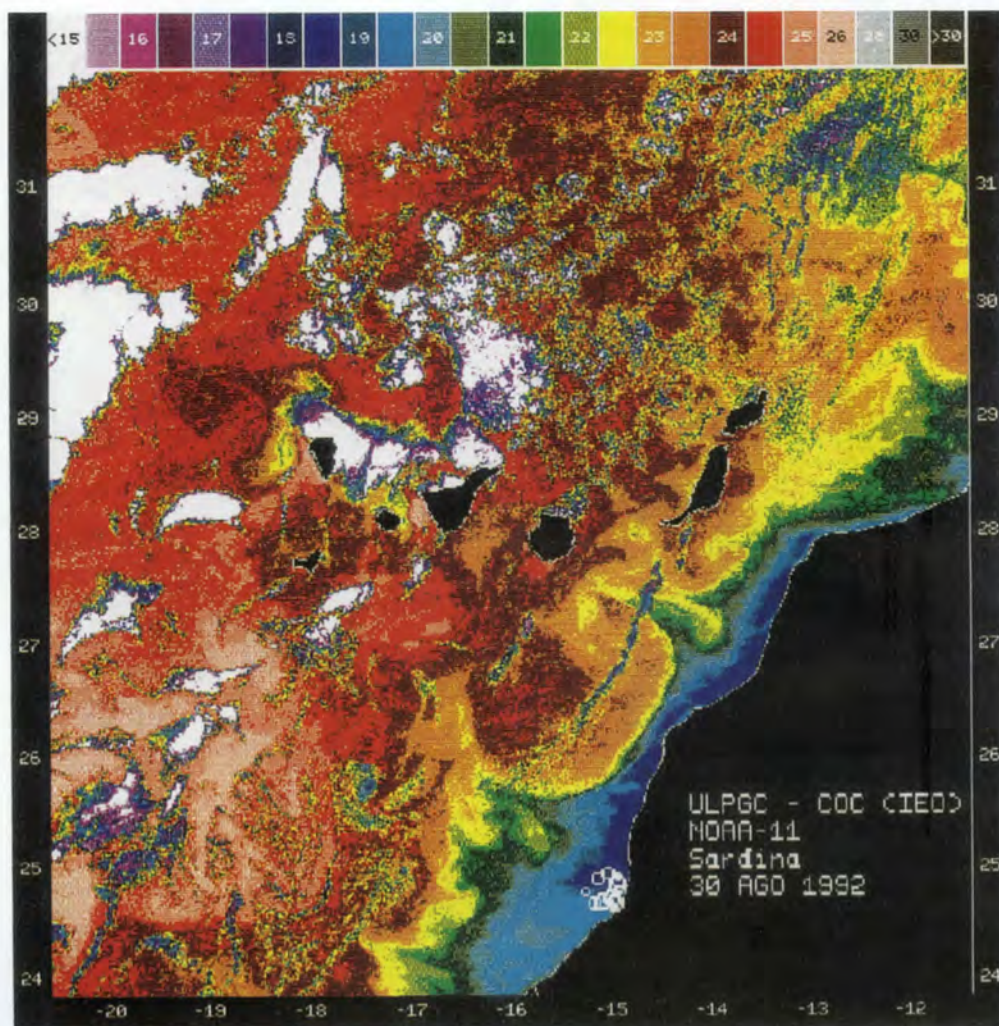
Fotografía 3. Imagen de la temperatura superficial del océano obtenida a partir del sensor AVHRR/NOAA-11. 30 de julio de 1992. (o): rendimientos mínimos; (O): rendimientos medios; (O): rendimientos máximos.



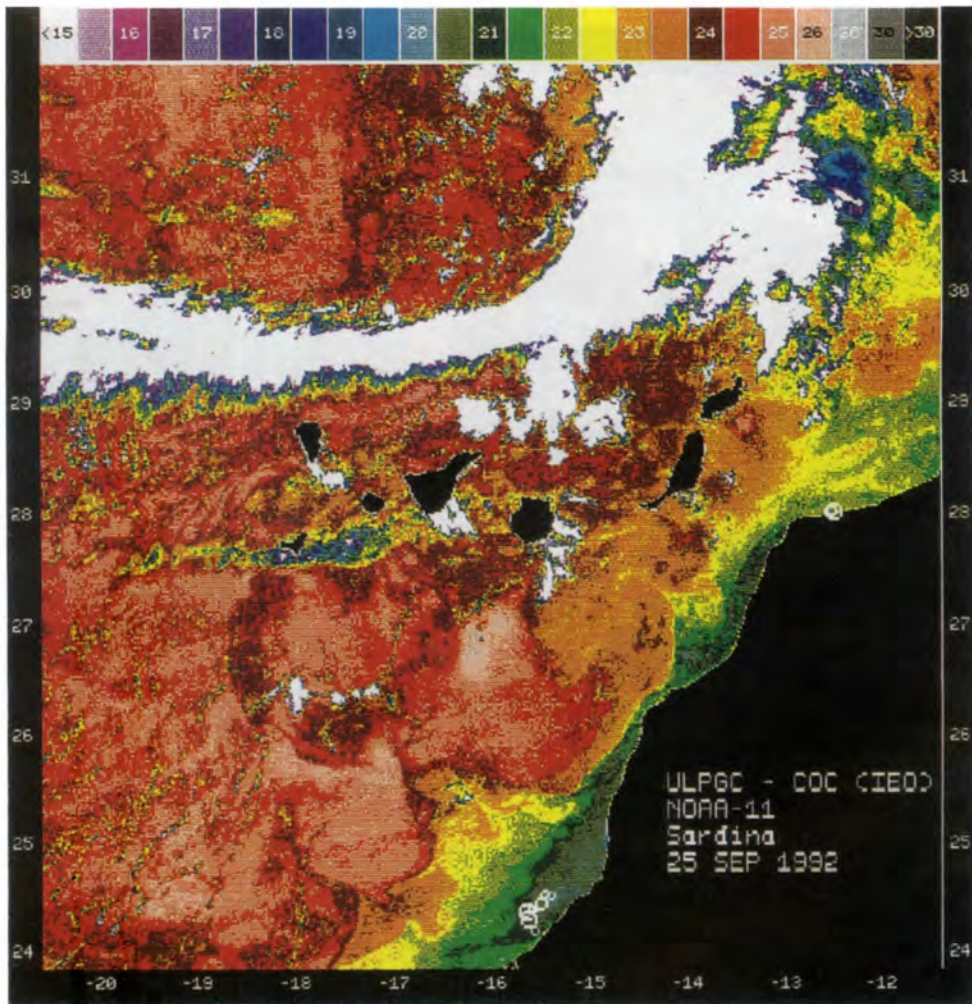
Fotografía 4. Imagen de la temperatura superficial del océano obtenida a partir del sensor AVHRR/NOAA-11. 8 de agosto de 1992. (o): rendimientos mínimos; (o): rendimientos medios; (O): rendimientos máximos.



Fotografía 5. Imagen de la temperatura superficial del océano obtenida a partir del sensor AVHRR/NOAA-11. 21 de agosto de 1992. (o): rendimientos mínimos; (O): rendimientos medios; (O): rendimientos máximos.

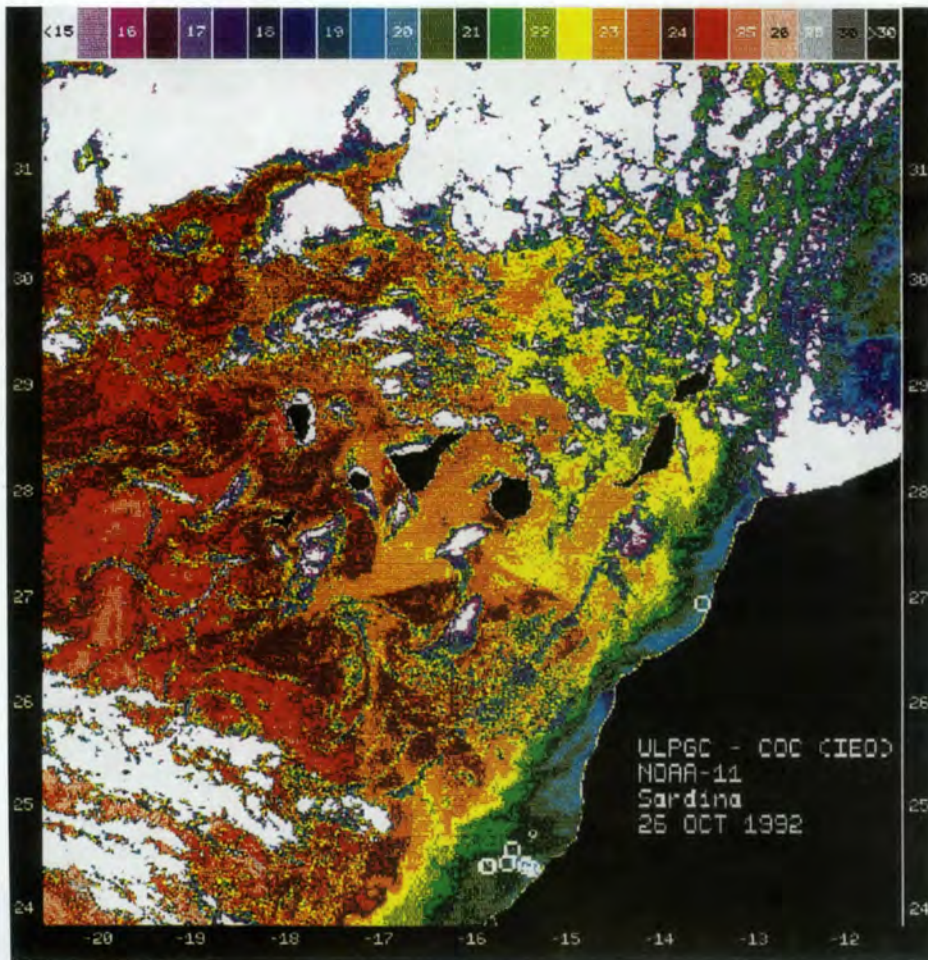


Fotografía 6. Imagen de la temperatura superficial del océano obtenida a partir del sensor AVHRR/NOAA-11. 30 de agosto de 1992. (o): rendimientos mínimos; (o): rendimientos medios; (O): rendimientos máximos.

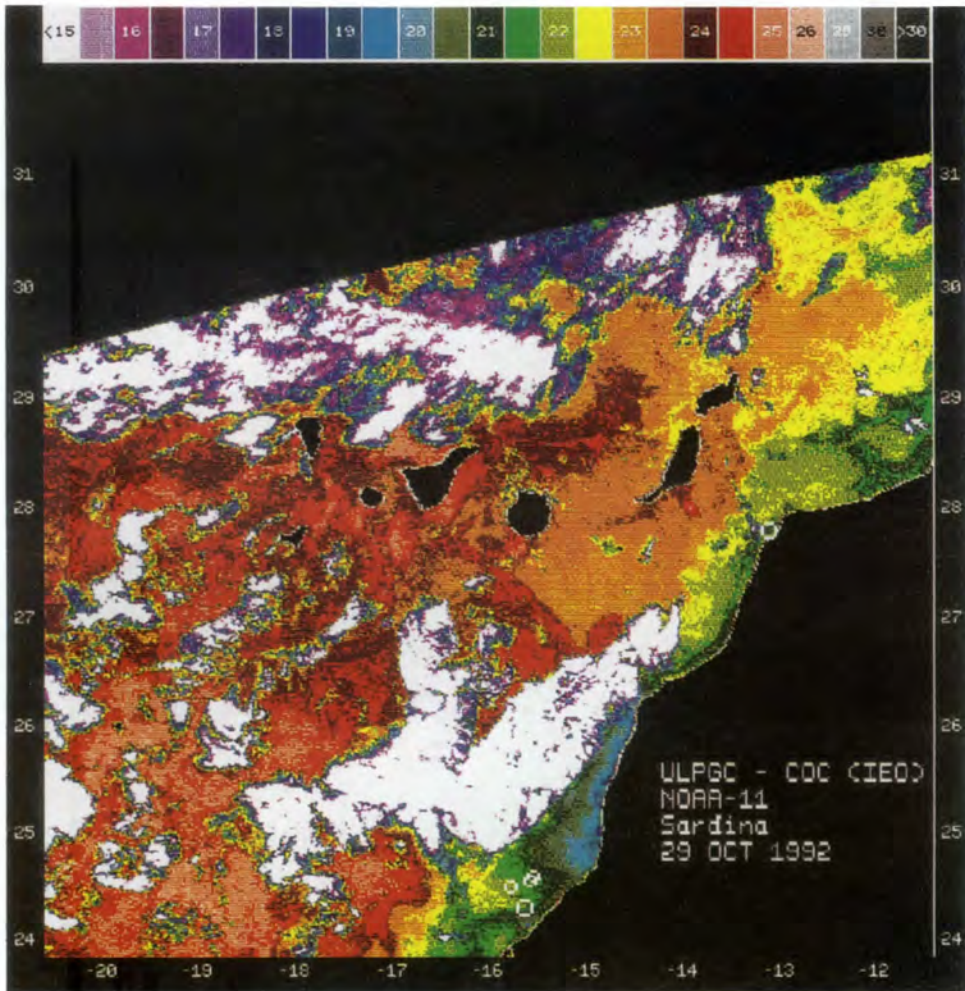


Fotografía 7. Imagen de la temperatura superficial del océano obtenida a partir del sensor AVHRR/NOAA-11. 25 de septiembre de 1992. (o): rendimientos mínimos; (o): rendimientos medios; (O): rendimientos máximos.

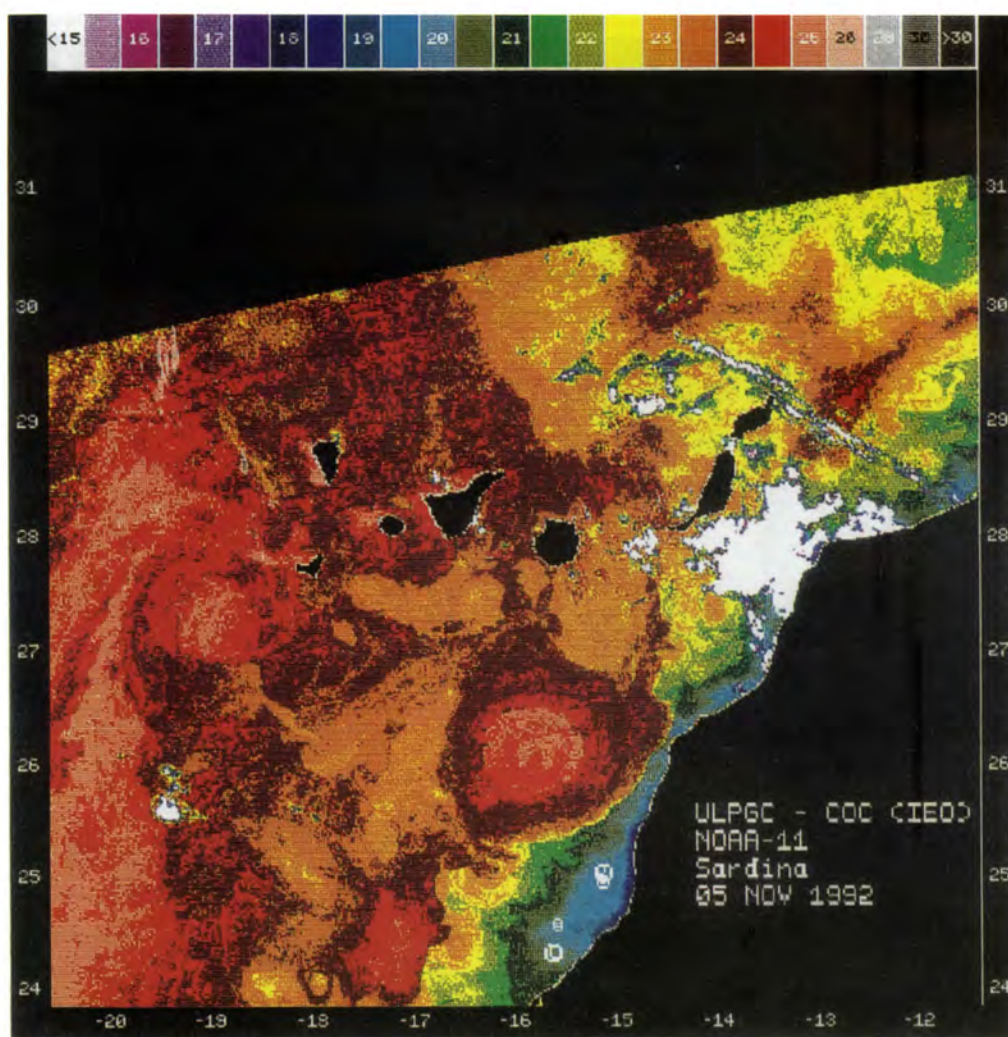




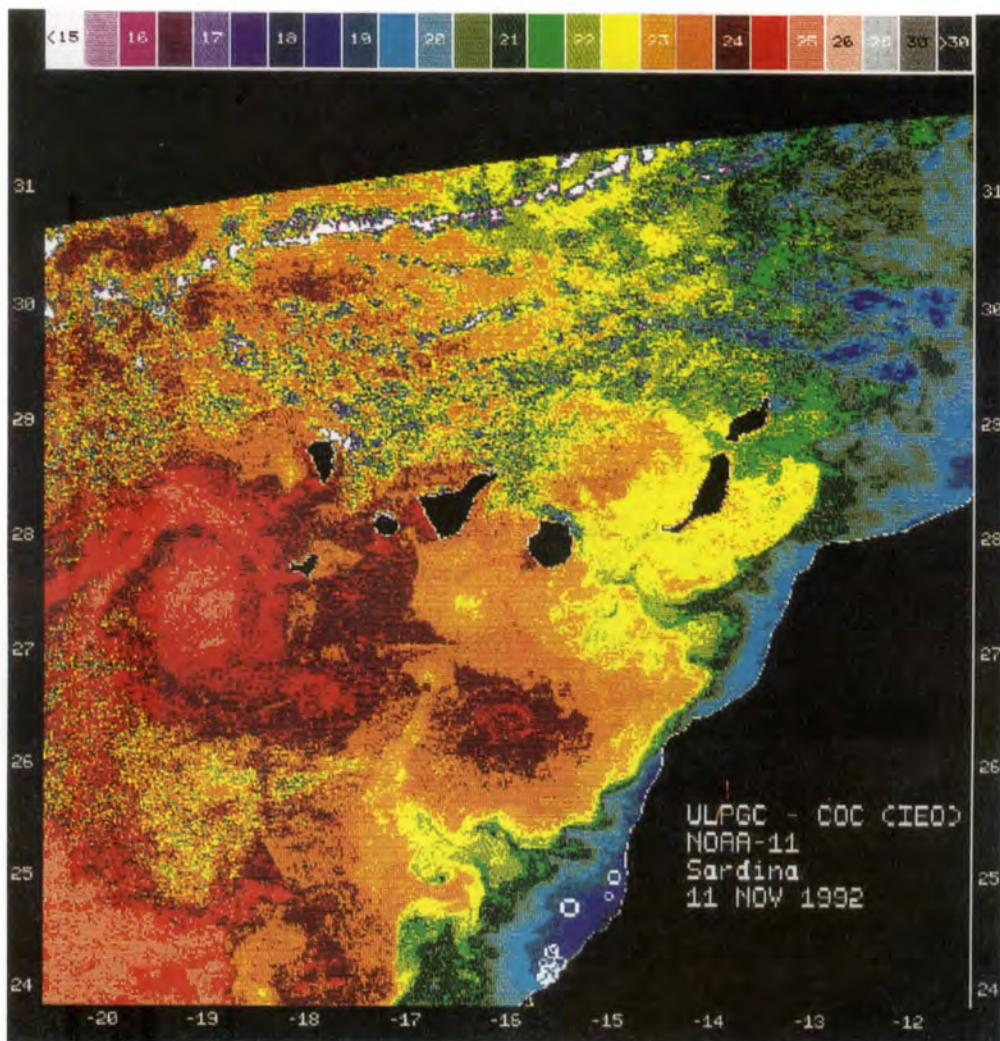
Fotografía 8. Imagen de la temperatura superficial del océano obtenida a partir del sensor AVHRR/NOAA-11. 26 de octubre de 1992. (o): rendimientos mínimos; (O): rendimientos medios; (O): rendimientos máximos.



Fotografía 9. Imagen de la temperatura superficial del océano obtenida a partir del sensor AVHRR/NOAA-11. 29 de octubre de 1992. (o): rendimientos mínimos; (o): rendimientos medios; (O): rendimientos máximos.



Fotografía 10. Imagen de la temperatura superficial del océano obtenida a partir del sensor AVHRR/NOAA-11. 5 de noviembre de 1992. (o): rendimientos mínimos; (0): rendimientos medios; (O): rendimientos máximos.



Fotografía 11. Imagen de la temperatura superficial del océano obtenida a partir del sensor AVHRR/NOAA-11. 11 de noviembre de 1992. (o): rendimientos mínimos; (o): rendimientos medios; (O): rendimientos máximos.

Tabla I. Categorías de rendimiento establecidas en función de las trb de la flota.

trb	Rendimientos (t/día)		
	Mínimos	Medios	Máximos
< 221	< 30	30-60	> 60
221-362	< 50	50-100	> 100
363	< 100	100-170	> 170
489	< 150	150-250	> 250
682	< 200	200-300	> 300
897	< 270	270-400	> 400
1 010	< 300	300-450	> 450

Tabla II. Desglose del número de imágenes conseguidas mensualmente con indicación de las utilizadas y las excluidas (por ausencia de actividad pesquera, cobertura nubosa o mala cobertura espacial).p

Mes	Imágenes				
	Seleccionadas en la estación aerosespacial	Utilizadas en el estudio		Excluidas en el estudio	
		N	%	N	%
Marzo	2	-	-	2	100
Abril	5	-	-	5	100
Mayo	4	-	-	4	100
Junio	5	-	-	5	100
Julio	4	3	75	1	25
Agosto	5	3	60	2	40
Septiembre	6	1	17	5	83
Octubre	4	2	50	2	50
Noviembre	5	2	40	3	60
Diciembre	-	-	-	-	-
Total	40	11	28	29	72

Tabla III. Estructuras oceánicas en las zonas B y C (gris: presencia; blanco: ausencia) y rendimientos asociados. (R): rendimientos elevados; (r): rendimientos bajos.

Año 1992	Zona de pesca B		Zona de pesca C	
	Filamento 1	Afloramiento Frente térmico	Filamento 2	Afloramiento Embolsamiento Frente térmico
12 de julio	R			r
18 de julio				r
30 de julio		r		
8 de agosto		R, r		R
21 de agosto	R, r			R
30 de agosto				R, r
25 de septiembre				R
26 de octubre		r		R
29 de octubre				R
15 de noviembre				R
11 de noviembre			R	R

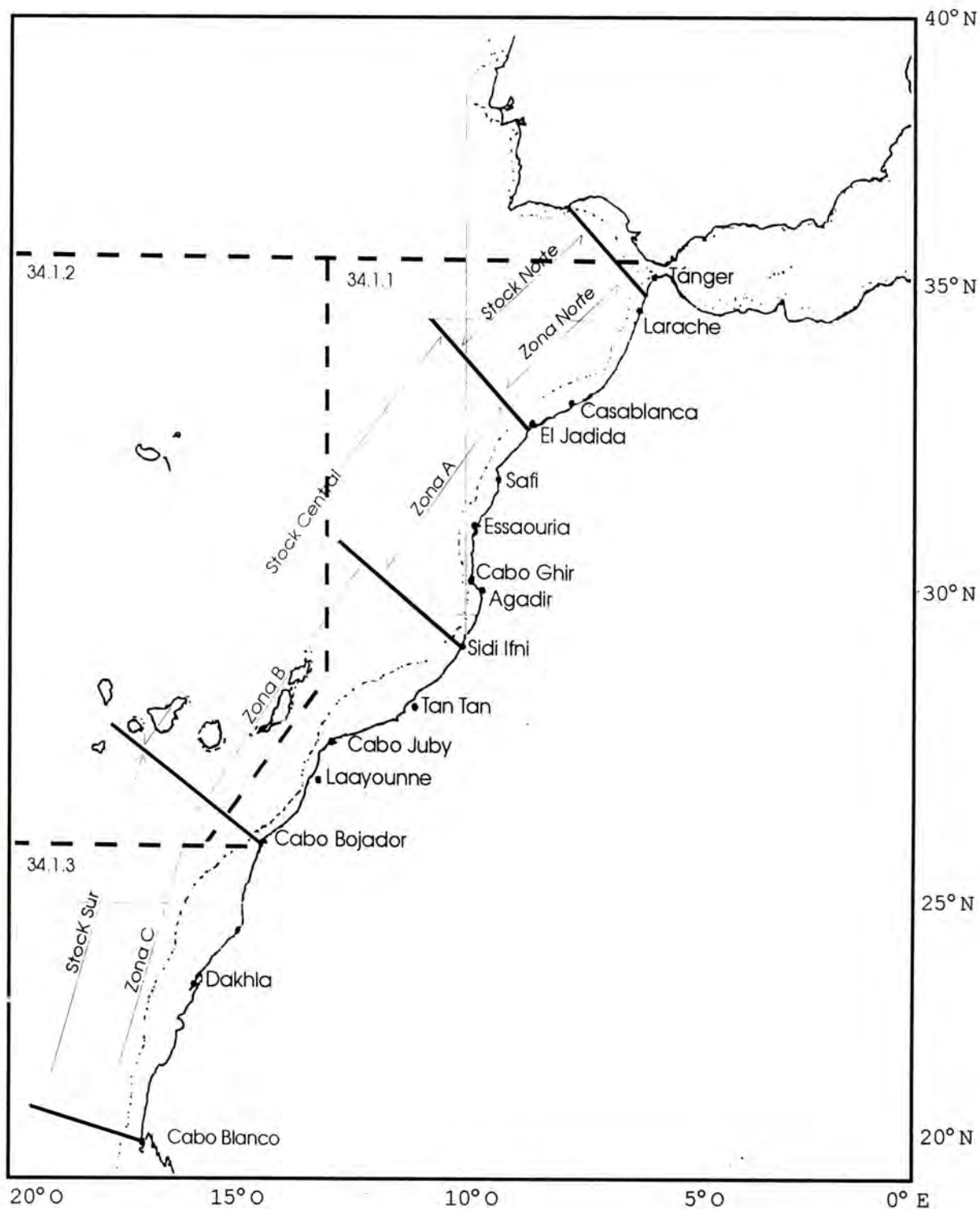


Figura 1. Pesquerías de sardina en África occidental (modificado de anónimo, 1997).

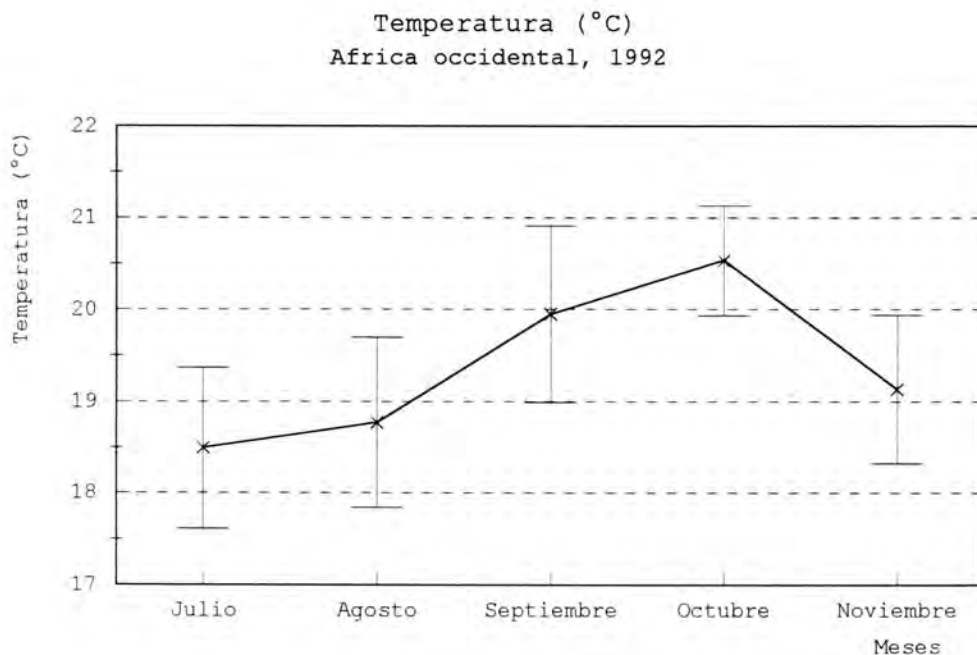


Figura 2. Evolución de la temperatura superficial media del océano en las posiciones geográficas con rendimientos pesqueros.

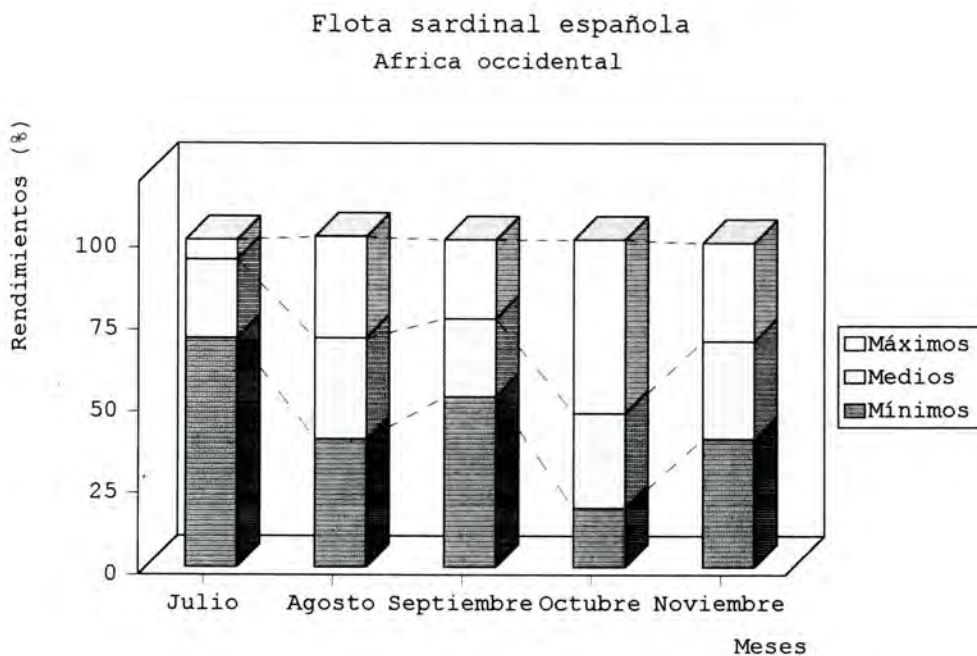


Figura 3. Evolución temporal de los rendimientos pesqueros.