# Diez años de observaciones desde el B/H Esperanza del Mar, 1985-1995

O.LLinás\*, M.J.Rueda\*, A.González-Muñoz<sup>+</sup>, R. Santana\*, J. Pérez-Marrero\*, E.Pérez-Martell<sup>+</sup>, C.Rodríguez\*, A.Cianca\* E.Delgado\* y P.Clemente-Colón^.

\* Instituto Canario de Ciencias Marinas. Aptdo.56 Telde. Gran Canaria.35200. España
\* Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Aptdo.550. Las Palmas de Gran Canaria. 35017. Gran Canaria. España
\* NOAA/NESDIS/ORA.

World Weather Building, Room 102, Washington D C 20233, U S.A.

Original entregado en Septiembre de 1996

INFORMES TECNICOS DEL INSTITUTO CANARIO DE CIENCIAS MARINAS Número 2, Telde (Gran Canaria) 1996

# BUQUE HOSPITAL ESPERANZA DEL MAR INSTITUTO SOCIAL DE LA MARINA



#### RESUMEN

Se presentan algunos de los resultados preliminares de las observaciones realizadas desde 1985 a 1995 entre las Islas Canarias y Cabo Blanco (28-21°N). El trabajo ha sido desarrollado desde un barco de oportunidad que ha operado en este área regularmente durante 25 días al mes.

En la zona de estudio, se concentra una importante actividad pesquera internacional que opera en la zona de afloramiento y adyacentes. En este trabajo se presenta la comparación de la distribución de la flota con los principales indicadores del afloramiento.

La determinación de la flota operativa en el área resulta prácticamente imposible, debido a su condición internacional, variedad de tipos de pesca y multiplicidad de puertos de desembarque de las capturas. Por consiguiente, hemos hecho uso de la cuantificación directa mediante el radar del barco, definiendo el "número de barcos observados" en un área de doce millas de radio, como una variable que es contrastada con los parámetros observados, como temperatura, salinidad, nutrientes, clorofila, intensidad y dirección del viento, etc...

La combinación de observaciones "in situ" con las obtenidas desde satélites ha permitido mejorar la visión sinóptica de la zona, que ha sido de gran importancia debido a la complejidad y variabilidad del sistema de afloramiento estudiado, tambien incrementa la posibilidad de usar las imágenes de satélite cuando una importante cantidad de polvo sahariano está presente.

Los datos presentados para un período de diez años, muestra una variabilidad interanual significativa que refuerza la necesidad de utilizar las observaciones a largo plazo como una herramienta indispensable para el entendimiento de un fenómeno como es el afloramiento de esta zona

#### ABSTRACT

Some preliminary results of the observations made from 1985 to 1995 between the Canary Islands and Cape Blane (28-21°N) are presented. The work has been developed from an opportunity ship that has operated in this area regularly 25 days a month.

In the study zone, there is a concentration of an important international fishing fleet activity that operates in the surroundings of the upwelling that takes place in such area. In this work the comparison of the fleet distribution with the principal indicators of the upwelling are presented.

The determination of the operative fleet in the area results practically impossible, due to its international condition, variety of the types of fishing and multiplicity of landing ports of the captures. Therefore, we have resorted to the continued direct quantification with the observation ship's radar, defining the "number of observed" ships in an area of twelve miles of radius, as a variable that is contrasted with the observed parameters. like temperature, salinity, nutrients, chlorophyll, intensity and wind direction, etc...

The combination of observations "in situ" with the ones obtained from satellites have permitted an increase of the synoptic vision of the zone which has been of valuable use due to the complexity and variability of the studied upwelling system, as well as to improve the feasibility of satellite imagery when an important quantity of Saharan dust is present.

The data presented for a period of ten years, shows significative interannual variabilities that reinforce the necessity of the observations at long range as an indispensable tool for the understanding of the phenomenon as the upwelling of this zone.

## ÍNDICE

1 Antecedentes.	7				
2 Introducción.	8				
3 Estrategia de muestreo.	10				
4 Material y métodos.	14				
4.1 Salinidad.	14				
4.2 Temperatura.	16				
4.3 Dirección e Intensidad del Viento.	16				
4.4 Nutrientes.	16				
4.5 Pigmentos Fitoplanctónicos.	18				
4.6 Datos de Satélite.	18				
5 Afloramiento del Noroeste Africano.	19				
6 Observaciones.					
6.1- Variabilidad del viento y del afloramiento en superficie.	23				
6.1.1 Variación Estacional.	23				
6.1.2 Variaciones de Corta Duración: Eventos.	30				
613 Evento de Marzo	32				
6 2-Distribución superficial de temperatura, salinidad y					
nutrientes	42				
nutrentes.	42				
6.3-Distribucion vertical de parámetros.	52				
6.4 -El polvo sahariano y su observación.	58				
6.4.1- Utilización de boyas con sensores a la deriva.	59				
6.4.2Observación de la transmitancia atmosférica.	68				
6.5 - Variabilidad del Afloramiento y Operación de la Flota Pesquera.	69				
7 Consideraciones finales.					
8 Bibliografia.					

## DIEZ AÑOS DE OBSERVACIONES DESDE EL B/H ESPERANZA DEL MAR, 1985-1995

# Informes Técnicos

ICCM

EDITOR Octavio Llínás. EDITORES ASOCIADOS Mª Nieves González Henríquez, Jose Antonio González Pérez, Mª José Rueda López.

INFORMACIÓN, INTERCAMBIOS y SUBSCRIPCIÓN: Secretaría Informes Técnicos del ICCM. Instituto Canario de Ciencias Marinas. Apdo. 56. 35200 Telde. Gran Canaria. España. Tel. (34 28) 132900/04. Fax. (34 28) 132908. http://neptuno.iccm.rcanaria.es. Correo Electrónico: ediciones @ iccm. rcanaria. es.

#### **CONSEJO EDITOR**

Dr. F. Amat. Instituto de Acuicultura de Torrelasal. (CSIC). Castellón. España. Dr. E. Balguerías. Centro Costero de Canarias. (IEO). Tenerife. España. Dr. J. M. Biscoito. Museo Municipal do Funchal. Madeira. Portugal. Dr. J. J. Borrego-García. Universidad de Málaga. España. Dra. M. C. Gil-Rodríguez. Universidad de La Laguna. Tenerife. España. Dra. M. Izquierdo. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. Dra. E. Kjorsvik. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Dragvoll. Noruega. Dr. I. Lozano. Universidad de La Laguna. Tenerife. España. Dr. C. A. Martinez-Palacios. C. de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Mazatlán, Sinaloa. México. Dr. J. Morales. CICEM. Huelva. España. Dr. T. Müller. Institut für Meereskunde, Kiel. Alemania. Dra. S. Neuer. Universität Bremen. Alemania. Dra. E. Pérez-Martell. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. Dra. A. Ribera-Siguan. Universidad de Barcelona. España. Dr. A. Rodríguez de León. Instituto Español de Oceanografía. Madrid. España. Dr. A. Tandler. Israel Oceanographic & Limnological Research. Elat. Israel. Dra. S. Thongrod. Feed Ql. and D. Division. (KH Campus) Jatujak. Bangkok, Thailandia. Dr. F. Viblein. Institute of Zoology. University of Salzburg. Austria. Dr. J. Zaitzeff. ORA/NESDIS/NOAA. Washington DC. USA.

Informes Técnicos del Instituto Canario de Ciencias Marinas es una publicación periódica del ICCM, Dirección General de Universidades e Investigación, Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarías, con el objeto de divulgar trabajos de investigación, informes y documentos de consulta, relacionados con las Ciencias Marinas en el Atlántico centro oriental.

La responsabilidad por la información y opiniones contenidas en los trabajos publicados en estos INFORMES TÉCNICOS corresponde exclusivamente a los autores.

Depósito Legal: GC 72 - 1997 ISSN: 1136 - 193X Impresión Portada: Litografía-Imprenta El Pino Diciembre 1996

Abreviatura: Inf. Téc. Inst. Canario Cienc. Mar. © Dirección General de Universidades e Investigación Consejería de Educación, Cultura y Deportes Gobierno de Canarias por ULPGC, Bibliothou Un

#### **1. ANTECEDENTES:**

La puesta en servicio del Buque Esperanza del Mar por el Instituto Social de la Marina en Abril de 1982 para dar apoyo sanitario a las tripulaciones españolas de la flota operativa en el noroeste africano; abrió la posibilidad de considerar la oportunidad de utilizarlo como plataforma de observaciones oceanográficas.

A este fin, se realizaron contactos preliminares con los responsables de la gestión del barco, para conocer las características de sus operaciones, área geográfica en la que se desarrollaban y posibilidades del buque para su utilización como observatorio.

Conocidos todos estos elementos y contrastada la necesidad de conocimientos sobre el área y los fenómenos que en ella ocurren, quedó claro el enorme interés que para nuestro Grupo de Oceanografía Descriptiva (GOD) tenía intentar que el B/H Esperanza del Mar se convirtiera en un observatorio permanente.

Para que ésto sucediera, era necesario comprobar de forma práctica, al menos tres aspectos:

a) Que los responsables del Instituto Social de la Marina autorizaran el planteamiento y que las tripulaciones cooperaran desinteresada y eficazmente en las tareas que fuesen necesarias.

b) Que nuestro grupo fuera capaz de mantener la exigente logística, derivada del muestreo y las observaciones que se pretendían realizar.

c) Que los resultados obtenidos resultaran significativos y adecuados a las necesidades de conocimiento planteadas.

Se entendió, que un año podría ser el plazo razonable para ésta comprobación y de este modo se planteó a los responsables del ISM. Resulta evidente, que el resultado del ensayo fue altamente positivo, en cuanto que ésta introducción, lo es, del resumen de diez años de trabajo con aquel planteamiento inicial.

A lo largo de estos diez años, los objetivos originales se han ido fortaleciendo y reformando en base al apoyo recibido y al interés creciente que tienen los estudios de larga duración para la comprensión de la variabilidad de importantes procesos que ocurren en el océano a escala global; en equilibrio e interacción con los sistemas terrestres y atmosféricos.

Llegados a este punto, es debido hacer un reconocimiento expreso del agradecimiento de todos los que hemos intervenido como investigadores en este proyecto al Instituto Social de la Marina, tanto a sus directivos, que a lo largo de estos años han

#### Inf.Téc.Inst.Canario Cienc.Mar.n 2

apoyado sin reservas nuestro trabajo, como a los capitanes y tripulaciones que se han sucedido en la eficaz y entusiasta colaboración en los muestreos, observaciones y en soportar nuestra continua intervención. Sin todos y cada uno de ellos, este trabajo no hubiera sido posible. Lo realizado es un magnífico ejemplo de cooperación eficiente y desinteresada entre Administraciones que ha permitido, como se verá en este informe, obtener resultados de interés general, mas allá de las específicas y reglamentadas responsabilidades de las instituciones y personas que han intervenido.

Es necesario también resaltar, que la publicación de este informe se realiza desde la Dirección General de Universidades e Investigación de la Consejería de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de Canarias, (donde el Instituto Canario de Ciencias Marinas se encuadra desde Marzo de 1995), la práctica totalidad de dicho informe, se realizó mientras el Instituto dependía del Cabildo Insular de Gran Canaria, que prestó a lo largo de esos años el apoyo suficiente para mantenerlo operativo.

Se han de reseñar aquellas Instituciones que con su apoyo económico adicional, respaldaron el interés científico de éste proyecto y potenciaron su desarrollo, como han sido: La Dirección General de Universidades e Investigación mediante los proyectos: "Aplicación de las observaciones de parámetros ambientales a la actividad de la flota pesquera en el Atlántico Centro Oriental", PI:48/31.07.89. "Estudio de los episodios de afloramiento en el noroeste africano entre Canarias y Cabo Blanco", PI:93/021. La National Oceanographic and Atmospheric Administration NOAA de USA con el proyecto "Aerosol Optical Measurements off the Northwest of Africa" dentro de su programa "Climate and Global Change". La Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, mediante la acción especial: "Aprovechamiento de imágenes de color de la superficie del océano en el estudio de sistemas de afloramiento costero de margen oriental", ESP94-0990.

Debemos también agradecer explicitamente, el trabajo realizado por los técnicos del departamento de oceanografía: Antonio Alamo y José Betancor, imprescindibles para el desarrollo del proyecto a lo largo de éstos 10 años.

Aunque algunos resultados parciales de este proyecto, han sido presentados en distintas reuniones científicas nacionales e internacionales por su interés especifico, el presente informe da por primera vez, la visión de conjunto de lo realizado durante la década de estudio, abriendo el proceso de análisis de los datos en su conjunto.

#### 2. INTRODUCCION:

El área costera del noroeste africano presenta como característica fundamental la presencia de procesos de afloramiento de naturaleza, intensidad y frecuencia muy variables, que tienen como consecuencia trófica, que esta zona sea una de las de mayor rendimiento pesquero a escala mundial.

El interés pesquero del área, es conocido desde antiguo y ha focalizado desde entonces una importante actividad con base en las Islas Canarias; (MARTINEZ MILAN, 1992). El conjunto de las áreas de afloramiento mundiales representan una superficie oceánica muy pequeña y producen sin embargo, una parte muy significativa de las capturas mundiales, (MARGALEFF Y ESTRADA, 1980).

Esta realidad pesquera, carecía del conocimiento de los mecanismos que la producían y de la evaluación del potencial real y sostenible, que permitiera tomar las medidas de gestión y administración adecuadas, en el marco internacional en que se venia produciendo la explotación de los recursos marinos, hasta la extensión generalizada a 200 millas de las Zonas Económicas Exclusivas (ZEE) de los países ribereños, que se inició en la decada de los 70.

En este contexto y en el marco de la IDOE, en los años setenta, se concentró un importante esfuerzo investigador de las zonas de afloramiento mundiales, qué, en el área del noroeste africano, dio lugar al Cooperative Investigation of the Northem part of the Eastern Central Atlantic (CINECA); auspiciado, por organizaciones internacionales como FAO, IOC e ICES. Este proyecto, que se desarrolló entre 1970 y 1977 y que tuvo sus reuniones científicas inicial y final en Canarias, Universidad de la Laguna en 1969 y Centro de Tecnología Pesquera de Gran Canaria en 1978; (hoy Instituto Canario de Ciencias Marinas) (LE TACONNOUX Y WENT. 1970) y (HEMPEL, 1982) ambas publicaciones constituyen la base del conocimiento de la zona y señalan el papel estratégico de Canarias en el Atlántico Centro Oriental.

Del documento, los autores. Digitalización; realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

La finalización de este programa internacional, coincide con el establecimiento de las ZEE en la costa africana y con la inestabilidad política derivada de la descolonización del Sahara Occidental, lo que ha tenido como resultado adicional la drástica disminución del esfuerzo investigador en el área.

Es claro pues, que las investigaciones de este afloramiento no disminuyeron porque se hubieran terminado adecuadamente; o porque los tópicos objetos de investigación, hallan disminuido en su interés, ya qué, por el contrario, en los últimos años, el conocimiento de la participación de las zonas de afloramiento en los balances biogeoquímicos a escala planetaria, se presentan como del máximo interés, sino que, su disminución, se produce por causas absolutamente ajenas, al interés de la ciencia y sus necesidades.

La zona del Noroeste africano, donde opera el B/H Esperanza del Mar, entre las Islas Canarias y Cabo Blanco, como consecuencia de la importancia de la flota que faena en ese caladero, es de gran interés general, por cuanto, en ella el afloramiento es permanente y de gran dinamismo, interactuando con las aguas del archipiélago, con importantes consecuencias tróficas para el mismo, por todo lo cual, el área es, además, de particular interés para la investigación oceanográfica de Canarias.

El contexto que justificó el planteamiento inicial del estudio que aquí se presenta, se ha mantenido y reforzado en la década transcurrida desde su inicio hasta el presente, reforzandose la necesidad del mismo.

Este informe, presenta un resumen de lo realizado, describiendo, las estrategias y metodologías utilizadas y algunos ejemplos de los resultados alcanzados como muestra de la información obtenida. Algunos de los ejemplos, están mas elaborados que otros, como consecuencia de que han sido objeto de estudio parcial, a lo largo de estos años. Sin embargo, el estudio de los datos de la década, como serie temporal de larga duración, se inicia realmente con esta recopilación, a la vez que sirve de reflexión, para decidir sobre la conveniencia o no, de continuar las observaciones y de ser así, con qué, estrategia y metodología.

#### **3. ESTRATEGIA DE MUESTREO**

La posibilidad de poder utilizar el B/H Esperanza del Mar del Instituto Social de La Marina, como plataforma permanente, de observación oceanográfica, ha estado siempre sometida a los objetivos propios del buque, de atender al apoyo sanitario y logístico de la flota española que opera en el área. Este condicionante, no ha resultado una limitación de importancia para el muestreo cuando el barco estaba operativo, como se desprende de la observación de los gráficos de situación de la toma de muestras que se presentan en las figuras 1 a 3, de modo que, sólo es posible señalar como limitaciones significativas en la observación, las derivadas de la de la suspensión de operaciones del barco, por las paradas biológicas que la flota pesquera ha tenido en estos años, como consecuencia de los distintos acuerdos pesqueros vigentes.

El muestreo se ha realizado en base a dos estrategias complementarias; de un lado, lo que hemos denominado programa básico, que ha sido desarrollado por la tripulación del barco por la observación instrumental y la observación con sensores en satélites, en el que se incluyen la toma de muestras superficiales para la determinación de parámetros físicos, químicos y biológicos, la observación regular de temperaturas, desde la superficie hasta profundidades de 700m con sondas desechables XBT, la observación de datos meteorológicos y las imágenes de temperaturas superficiales.

De otro lado, las campañas de observación realizadas por personal embarcado a este fin, para lo cual se ha instalado un torno oceanográfico de forma permanente en



r ULPGC, Biblioteca Universitaria, 2008

C Del doca

Fig.1. Distribución del muestreo realizado en los años que se indican, señalando la situación de la sección realizada con XBT.



Fig.3. Distribución del muestreo realizado en los años que se indican, señalando la situación de la sección realizada con XBT y las estaciones hechas sobre la plataforma.

100

Del docu



Fig.2. Distribución del muestreo realizado en los años que se indican, señalando la situación de la serie realizada con XBT.

el barco, mientras que, los dispositivos específicos de medida y toma de muestras para cada campaña, han variado en función de sus objetivos. En cualquier caso, se ha de entender que las campañas realizadas, dan soporte al programa básico, por cuanto sirven para mejorar o introducir nuevas metodologías o para mejorar el entendimiento de sus resultados por medio de observaciones complementarias.

El muestreo básico se ha desarrollado sobre la realización de al menos dos observaciones por día, de operación del barco; este número se aumentó, según se han ido introduciendo algunos objetivos variables, durante la década, los muestreos meteorológicos se han realizado cuatro veces cada dia, a las 00,06,12,18 horas y la obtención de imágenes, ha dependido de la fuente y los trabajos en marcha.

. Mensualmente, a la llegada del barco al puerto base, se procedió a la recogida de las muestras y observaciones y al reemplazo del material utilizado a este fin, ocasional- mente este intercambio total o parcial, se realizó desde el puerto de Arguineguín al barco en fondeo.

La logística necesaria para el mantenimiento de estas operaciones es simple, sin embargo la experiencia de estos años, ha señalado que el mantenimiento continuado le añade factores de dificultad creciente, derivados de la rutina que tiende ha relajar los criterios rigurosos necesarios, para mantener una observación continuada de calidad.

#### 4. MATERIAL Y METODOS

En este apartado se presenta un breve resumen de las metodologías utilizadas para la observación o determinación de los parámetros que constituyen el núcleo del trabajo que se presenta. En la tabla 1 se puede comprobar de forma sinóptica, los parámetros obervados y el número de muestras superficiales tomadas en cada mes de operaciones del programa básico.

#### 4.1. Salinidad.

Las muestras para salinidad se tomaron en botellas de 250ml de polipropileno (previamente lavadas y secas), manteniéndose guardadas en la oscuridad hasta su llegada al laboratorio donde se midieron mediante dos salinómetros Plessey Environmental Systems<sup>®</sup> Mod 6230N y Guildline<sup>®</sup> mod. Autosal 8400A, calibrándose según las indicaciones del fabricante y standarizando con patrones IAPSO (standard seawater), calculándose como salinidad práctica según UNESCO,(1984).

Como se puede ver en la Fig. 19, existe un lapsus de datos de salinidad entre

1000

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1985							T,S,nB,78	T,S,nB,77	T,S,nB,71	T,S,nB,32	T,S,nB,80	T,S,nB,77
1986	T,S,nB,80	T,S,nB,95	,	T,S,nB,10	T,S,nB,77	T,S.nB,70	T,S,nB,48	T,S,nB,62	T,S,n8,63	T,S,nB,49	T,S,nB,41	T,S,nB,48
1987					T,S,nB,61	T,S,nB,65	T,S,nB,V,60	T,S,nB,V,59	T,S,nB,V,61	v	V	S,nB,V,42
1988		T,S,nB,54	T,S,nB,97	T,S,nB,76	T,S,nB,V,34	T,S,nB,V,71	T,S,nB,V,81	nB,V,99	n8,55	nB,48	nB,43	nB,V,60
1989	٧	1	T,S,nB,V,59, Nutrientes	1,S,nB,V,50 Nutrientes	T,S,nB,V,64, Nutrientes	T,S,nB,V,84, Nutrientes	T,S,nB,V,49 Nutrientes	T,S,nB,V,56	T,S,nB,V,35		T,S,nB,53	T,S,nB,80
1990	T,S,nB,71	T.S.nB.V.53	T.S.nB.V.50	T,S,nB,91	T,S,nB,V,71	T,S,nB,V,71	T,S,nB,V,53	T,S,nB,V,49	T,S;nB,V,80		÷	T,S,nB,V,86
1991	T,S,n8.72 Nutrientes,xbt	T.S.nB.V.64 Nutrientes,xbl	T,S.nB,V,61 Nutrientes,xbt	T,S,nB,V,72 Nutrientes,xbt	T, SnB, V, 76 Nutrientes, xbt	T,S,nB,77 Nutrientes,xbt	T,S,nB,V,76 Nutrientes,xbt	T,S,n8,V,86 Nutrientes,xbt	T,S,nB,60 Nutrientes,xbt	paro biológico	T,S,nB,80 Nutrientes,xbt	T,S,nB,V,75 Nutrientes,xbt
1992	T,S.nB,75 Nutrientes,xbt	T,S,nB,50 Nutrientes,xbt	T,S,nB,73 Nutrientes,xbt	T,S,nB,80 Nutrientes,xbt	T,S,nB,78 Nutrientes,xbt	T,S,nB,61 Nutrientes,xbt	T,S,nB,93 Nutrientes,xbt	T,S,nB,87 Nutrientes,xbt	T,S,nB,49 Nutrientes,xbt	T,S,nB,81 Nutrientes,xbt	T,S,nB,68 Nutrientes,xbt	T,S,nB,81 Nutrientes,xbt
1993	T,S,nB,77 Nutrientes,xbt	T.S.nB,67,cla Nutri.02,xbl	T.S.nB.66,cla Nutrientes,xbt	T,S,nB,80,cla Nutrientes,xbt	T,S,nB,44,cla Nulrientes,xbl	T, S, nB, 99, cla Nutri O2, sbi	T,S,nB,83,cla Nutrientes,xb1	T,S,nB,73,cla Nutrientes,xbt	T,S,nB,91,cla Nutrientes,xbt	T,S,nB,cla Nutrientes,xbt	T,S,nB,99,cla Nutri,O2,xb1	T,,S,nB,88,cla Nutrientes,xbt
1994	T,S,nB,79,cla Nutrientes,xbt	T.S.nB.61,cla Nutrientes.xbt		T,S,nB,20,cla Nutrientes,xbt	T,S,nB,72,cla Nutri,O2,xbt	T,S,nB,58,cla Nutrientes,xbt	T,S,nB,70,cla Nutri,O2,xbl	T,S,nB,63,cla Nutrientes,xbt	T,S,nB,82,cla Nutrientes,xbt	T,S,nB,42,cla xbt	T, S,nB, 73,cla Nutri,02,xbt	T,S,nB,63,cla Nutrientes,xbt
1995	T,S,nB,82,cla Nutrientes,xbt	T,S.nB,82,cla Nutrientes,xbt	T.S.nB,87,cla Nutrientes,xbt	T,S,nB,74, Nutrientes,xbt	T.,nB,56 Nutrientes,xbt	T,nB,54 Nutrientes,xbt	T,nB,61 Nutrientes,xbt	T,nB,58 Nutrientes,xbt	T,nB,114 Nutrientes,xbt	paro biologico	T,nB,54 Nutrientes,xbt	T,nB,68 Nutrientes,xbt

## TABLA I. RESUMEN DE OBSERVACIONES MENSUALES REALIZADAS 1985-1995

15

final de 1988 y 1990, que se corresponde con el final de la vida útil del salinómetro Pleseey y la puesta en marcha del Guildline, aunque los datos existen, el nivel de calidad no es comparable con la que se presenta en este trabajo, por lo cual no han sido incluidos, no obstante, se ha iniciado un estudio cuidadoso de los mismos, para tratar de salvar los que sean posibles.

#### 4.2. Temperatura

La temperatura de las muestras superficiales ha sido tomada regularmente del termómetro de control de temperaturas, de la alimentación de la refrigeración del barco, éste termómetro tiene una resolución de 1°C, y ha sido calibrado con termómetros de precisión en distintas ocasiones y estaciones. Las rectas de calibrado dieron siempre correlaciones mejores que 0.90, con una desviación de entre 0.8 y 1°C más altas las temperaturas del barco.

La temperatura de las muestras verticales, se ha tomado con termómetros reversibles, situados en las botellas Niskin utilizadas, o utilizando el equipo de lanzamiento de XBTes que se instaló a bordo del barco. Se usaron los modelos de sondas T7 y T10 de Sippican<sup>®</sup> y Sparton<sup>®</sup> indistintamente sin calibración entre ellos.

#### 4.3. Dirección e Intensidad del Viento

Se realizaron cuatro observaciones diarias de estos parámetros a las 0,6,12 y 18 horas, aproximadamente a diez metros sobre el nivel del mar, en cualquier posición mientras el barco estaba en operación.

Para la medida de la intensidad del viento, se utilizó hasta febrero de 1993, un anemómetro portatil, siempre desde un mismo punto del barco, a estribor o a babor, buscando el lado de barlovento, mientras que las direcciones se tomaban mediante un compás. En la fecha antes referida, se instaló un anemómetro automático de alta resolución, Young mod.05106 con el cual se realizaron las determinaciones. La comparación de las observaciones manuales con las del instrumento, mediante una regresión lineal, da valores de correlación caracteristicos de 0.93 y 0.86 para la dirección e intensidad respectivamente.

#### 4.4. Nutrientes

Los nutrientes superficiales se tomaron desde la misma toma del barco, en botellas de polipropileno previamente limpias y prelavadas con ácido CIH y secas. Fueron congeladas en el mismo barco a -20° C y se analizaron a su llegada al laboratorio, lo antes posible.

La congelación de las muestras es habitual y no afecta ó lo hace en forma insignificante a los nitratos+nitritos y los fosfatos (en forma de una ligerísima disminución) y a los valores de silicatos inapreciablemente. (KREMLING Y WENCK, 1986), (MCDONALD Y MCLUNGHLIN, 1982)

El análisis se realizó con autoanalizadores de flujo continuo segmentado, Technicon AII<sup>®</sup> y Skalar San Plus<sup>®</sup> sobre las muestras sin filtrar. Las metodologías empleadas son las adaptaciones a los instrumentos, realizadas por los fabricantes, de las recogidas en manuales genéricos tales como STRICKLAND&PARSON,(1972); GRASSHOFF, ET AL. (1983) y CROMPTON,(1989).

-Nitrito. Se basa en la reacción del nitrito con una amina aromática (sulfanilamida-hidrocloruro) formándose un compuesto de diazonio, para copularse después con una amina aromática secundaria.(n-1naftiletilendiamina-diclorohidrato) formando un diazocompuesto de color rosa. Método de Griess-Ilosvay, la cantidad de diazocompuesto es proporcional a la concentración de nitrito (GRASSHOFF, et al. 1983). situándose el máximo de absorción a 543 nm, .(STRICKLAND Y PARSONS, 1972), (RILEY Y SKIRPOW, 1975).

-Nitrato. Se determina reduciéndolo a nitrito, mediante una columna de Cu/Cd (WOOD ET AL., 1967) utilizando como controlador del pH y complejante de los cationes de cadmio formados, cloruro amónico (STRICKLAND Y PARSONS, op.sit.). Las condiciones óptimas de preparación de la columna las recogen distintos autores. (NYDAHL, 1976; GARSIDE, 1993).

-Fosfato. Se entiende como la concentración de ortofosfato ó la de fosfato reactivo (RILEY y Skirpow, 1975) y según KOROLEFF (1983a) es sinónimo de "fosfato inorgánico disuelto". La reacción se hace en medio ácido con molibdato para formar complejos fosfomolíbdicos que después son reducidos para dar compuestos coloreados. La metodología básica para la determinación de éste anión viene dada por MURPHY AND RILEY(1962).La metodología empleada es la adaptada por STRICKLAND Y PARSONS (1972).

-Silicato. La determinación de compuestos solubles de silicio en aguas naturales, se basa en la formación del ácido silicomolíbdico de color amarillo, por reacción en medio ácido con una solución de molibdato, y su posterior reducción mediante ácido ascórbico a un compuesto azul mas estable, midiéndose a 810 um y evitando con ácido oxálico la interferencia con los fosfatos. El método utilizado es el descrito por KOROLEFF (1983b).

#### 4.5. Pigmentos Fitoplanctónicos

Las muestras se recogieron utilizando filtros Whatman de fibra de vidrio tipo GFC. La cantidad de agua filtrada fue 2 litros. Las muestras fueron congeladas y su análisis se realizó en el laboratorio mediante el método espectrofotométrico siguiendo a PARSONS ET AL,(1984).

#### 4.6. Datos de Satélite

Las escenas de satélite que se presentan corresponden al sensor AVHRR-2 que vuela en los satélites de la serie NOAA (SCHWALB,1978). Este sensor consta de cinco bandas espectrales centradas en 0.63, 0.91, 3.74, 10.8 y 12.0 m, que recogen la radianza (densidad de radiación por unidad de superficie por unidad de ángulo sólido en la dirección de la observación). Estas plataformas orbitan a una altura aproximada de 850 km sobre la superficie terrestre (periodo de rotación 101 min) de forma heliosincrónica, la hora del pase diurno en nuestra zona de estudio se produce entre las 14 y las 16 hora local. El campo de visión instantáneo de 1.3 mrad equivale a 1.1 km /pixel en el nadir, teniendo la escena un ancho total de 53° equivalentes a 2750 km, de estas escenas se selecciona la porción correspondiente a la ventana de estudio limitada por 30°N, 20°W y 20°N 10°W, eliminando siempre la porción de reflexión especular solar (sunglint) que ocurre en estos pases en la zona Oeste de las imágenes.

-Adquisición y Proceso. Se realiza una búsqueda de imágenes procedentes del sensor AVHRR que coincida en el tiempo con las campañas oceanográficas (en la semana anterior y posterior), para ello se revisan los catálogos de imágenes (quicklooks) proporcionados por la estación de seguimiento y recepción de Maspalomas en Gran Canaria o en los archivos de cobertura global (GAC) de la NOAA en Washington. Sólo, se seleccionan aquellas que tienen una cobertura nubosa menor del 30%, cuando ha sido necesario, las escenas son adquiridas a la ESA en formato de parámetros geofísicos SHARP 2A (ARINO, ET AL. 1994).

A partir de los valores de brillo (reflectancias canales 1 y 2 y temperaturas de brillo, canales 3,4 y 5) corregidos segun el factor de respuesta de cada detector (LAURITSON ET.AL, 1979), se calcula la temperatura superficial del mar, para ello se emplea, previamente un algoritmo de eliminación de nubes, basado en umbrales de reflectancia y en intercomparación de canales (MCLAIN ET. AL, 1985). La temperatura superficial del mar se obtiene por el algoritmo (split window) de CASTAGNÉ ET.AL,(1986), para latitudes medias, modificado para tener en cuenta el efecto de la elevación solar por MAY ET. AL (1992).

18

Para la representacion final en una proyección conforme de Lambert se

utiliza un modelo combinado de parámetros orbitales y puntos de control; en primer lugar se corrige la inclinación del pase mediante un modelo lineal seguido de una interpolación bilineal basada en 9 puntos de control, el error cuadrático medio de la proyección obtenida es siempre menor que 1 pixel. La sensibilidad radiométrica es de 0.5°C y la resolución espacial de 1.1 km /pixel aproximadamente.

-Validación. En la medida de lo posible, las temperaturas obtenidas por satélite se contrastaron con las realizadas in situ, ya sea mediante muestreos de botellas oceanográficas, XBT, o dispositivos lagrangianos equipados con sensores en el caso del periodo Junio-Agosto de 1990. En cada caso se realiza una corregistración de los datos, el dato "in situ" se toma como el centro de una ventana de nueve pixels de la que se extrae la temperatura promedio que se compara con el dato in situ, también se extrae la suma total de las temperaturas y su desviación estandar, estos dos últimos parámetros permiten desechar aquellos pixels que estan contaminados por nubes. También se tiene en cuenta los factores meteorológicos, velocidad del viento y presencia de calimas.

#### 5. AFLORAMIENTO DEL NOROESTE AFRICANO.

La dinámica superficial del área del Noroeste africano está regulada por la circulación atmosférica y por la condición de "contorno oriental" que la plataforma costera africana supone en el Atlántico Centrooriental, resultando una de las zonas de afloramiento más conocida y estudiada por su enorme potencial pesquero. La costa noroccidental de Africa está sometida a la influencia de los vientos alisios de dirección Norte-Noreste, paralelos a la costa. El balance que se produce entre la fuerza de fricción del viento y la fuerza de Coriolis, da como resultante, a través de toda la capa de penetración energética del viento (capa de Ekman), un transporte de la masa de agua superficial hacia afuera de la costa. Este transporte se ve compensado por aguas subsuperficiales frías y más ricas en nutrientes, que ascienden, originándose así, el afloramiento costero de esta región.

Los resultados obtenidos de los correntímetros que se instalaron en la costa oeste de Africa, durante la realización de los programas internacionales ya referidos, permitieron describir el sistema de las corrientes en el área de estudio. A lo largo de la plataforma del Noroeste africano fluye una corriente superficial dirigida hacia el Ecuador, debida a la actuación de los vientos alisios. Dicha corriente se fortalece sobre la plataforma por un chorro costero, que fluye en la misma dirección y que está asociado al fenómeno del afloramiento (SHAFFER, 1974, 1976; JOHNSON ET AL. 1975; MITTELSTAEDT ET AL. 1975; HUYER, 1976; HALPER ET AL. 1977. En (MITTELSTAEDT ET AL. 1975) se referencian velocidades significativamente altas entre 20-30 cm/s, sobre la plataforma costera en la zona de Cabo Blanco, constatando así la existencia del jet costero, de origen baroclínico. La velocidad de la corriente disminuye, a medida que aumenta la profundidad, con un máximo en superficie cerca de la costa (JOHNSON ET AL. 1975).

0 Del documento, los autores. Digitaización rexilizada por ULPGC. Bibliched Universitaris, 2008

Asociado al sistema de las corrientes de borde oriental, se desarrolla una corriente hacia el Norte que fluye sobre el talud continental, en capas subsuperficiales, y por fuera de la plataforma. En función de la variabilidad del campo de viento, la contracorriente hacia el Norte fluye ocupando la capa subsuperficial, o toda la columna de agua. MITTELSTAEDT ET AL.(1975), encuentran una corriente subsuperficial hacia el Norte con velocidad máxima de 15 cm/s sobre el talud continental, entre los 200-300 metros de profundidad, en la zona de Cabo Blanco. JOHNSON ET AL.(1975), describen en la zona de Cabo Bojador, el mismo sistema de corrientes, en el que la profundidad de máxima velocidad, es de 400 metros, con una ausencia total de la contracorriente hacia el Norte en superficie, todo ello debido a la fuerte componente barotrópica de la corriente hacia el Ecuador, que se desarrolla en dicha zona durante la época de verano.

A partir de los estudios realizados en la zona de Cabo Corveiro-Cabo Blanco (19°-21°N) (MEINCKE ET AL. 1975); (MITTELSTAEDT ET AL. 1975) y más al Norte, en la zona de Cabo Bojador (JOHNSON ET AL. 1975);(TOMCZAK Y HUGHES, 1980), se ha demostrado el carácter permanente de la corriente que fluye hacia el Norte, en capas subsuperficiales y la variabilidad en intensidad y en posición, en función de la intensidad de la corriente hacia el Ecuador, producida por los vientos alisios sobre la plataforma continental. La profundidad de máxima velocidad a la que fluye la corriente subsuperficial varía a lo largo de la costa, siendo menos profunda en bajas latitudes. A medida que aumenta la latitud, la profundidad aumenta gradualmente; alrededor de los 26°N la corriente fluye por debajo de los 400 metros (TOMCZAK Y HUGHES, 1980).

La circulación zonal sobre el margen continental, presenta un flujo hacia afuera de la costa, dentro de una capa superficial de 20-30 metros, donde se produce el transporte de Ekman. Por debajo de esta capa superficial el flujo se dirige hacia la costa, en una capa de compensación en donde las velocidades más altas se localizan sobre la plataforma costera (MITTELSTAEDT ET AL. 1975); (HALPERN ET AL. 1977). La profundidad de dichas capas varía en función del campo de vientos.

Según las observaciones de las corrientes que se han realizado en distintas zonas del afloramiento, Cabo Corveiro y Cabo Bojador, la circulación zonal parece describir distintos modelos de corrientes (HALPERN ET AL.,1977). En Cabo Bojador, donde se desarrolla una estratificación en verano, se describe un modelo de doble celda (JOHNSON ET AL.,1975), con una corriente hacia afuera de la costa en la capa superficial, centrado en el nivel de máxima estabilidad estática, e inmediatamente por debajo la corriente es hacia la costa. La segunda capa donde se desarrolla la corriente que se dirige hacia afuera de la costa, se localiza en profundidades intermedias, y el segundo flujo hacia la costa, ocurre bajo la picnoclina, sobre el talud continental; sobre la plataforma costera el flujo hacia la costa se desarrolla sobre el fondo. En Cabo Blanco, donde la estratifica-ción es débil, en la estación de primavera, el sistema de circulación describe un modelo

20

#### de una celda (MITTELSTAEDT ET AL. 1975).

Los resultados obtenidos por los numerosos autores que han investigado, sobre el carácter espacial del proceso del afloramiento, apuntan la inexistencia del balance entre los dos transportes opuestos (hacia y desde la costa), encontrando que el flujo compensatorio hacia la costa es siempre superior al flujo hacia afuera de la costa, por un factor de dos ó tres según (HALPERN AT AL., 1977) que varia en función de las condiciones de viento. El balance entre los flujos opuestos alcanza su grado máximo en condiciones de viento fuerte, favorable al afloramiento, durante el desarrollo de un evento. En caso de condiciones de viento desfavorable al afloramiento, no se consigue el balance entre las corrientes opuestas, por el contrario el flujo que se desarrolla puede ocupar toda la columna de agua en dirección hacia la costa (HALPERN ET AL. 1977).

Numerosos investigadores han encontrado evidencias, que apuntan la posible existencia de afloramientos de aguas subsuperficiales en mitad y final de la plataforma costera, en la región del JOINT-I (21°40'N), en condiciones de viento fuerte favorables al afloramiento (JONES Y FOLKARD, 1970); (SHAFFER, 1974, 1976); (MEINCKE ET AL., 1975); (MIITTELSTAEDT ET AL., 1975); (HUYER, 1976); (BARTON ET AL., 1977); (HALPERN ET AL., 1977), basándose en medidas simultáneas de corrientes, del viento, y de las secciones hidrográficas, concluyen que existe afloramiento de aguas subsuperficiales en mitad de la plataforma y en la parte más externa de la misma, en concordancia con los valores máximos de la corriente hacia la costa obtenidos en la capa subsuperficial localizadas en las mismas zonas, sobre la plataforma costera, cuando se desarrollan las condiciones de los eventos del afloramiento en los que la corriente hacia afuera de la costa ocupa toda la columna de agua en la parte más interna de la plataforma (a 15 Km).

Las profundidades desde donde afloran las aguas subsuperficiales oscilan entre los 200 y 300 metros (LE FLOCH, 1974); (MOLINA, 1981). Las masas de agua implicadas en el afloramiento costero del NO de Africa corresponden al Agua Central Noratlántica y al Agua Central Suratlántica (en nomenclatura general NACW y SACW que se corresponden a las denominaciones de North Atlantic Central Water y South Atlantic Central Water respectivamente), en la medida en que estas ocupan un rango de profundidades entre 100 y 800 metros en las zonas costeras (MANRIQUEZ Y FRAGA, 1982); (TOMCZAK, 1982); (TOMCZAK Y HUGHES, 1980). Estas masas de agua presentan diferencias en cuanto a sus propiedades hidrográficas (temperatura, salinidad, densidad) y químicas (concentración de oxígeno, concentración de sales nutrientes), debido a la distinta naturaleza y origen de su procedencia (FRAGA, 1974); (MINAS ET AL., 1982); (FRAGA ET AL., 1985);(LLINÁS ET AL., 1985). Existe un transporte hacia el Sur del NACW, en la zona Norte, asociada al jet costero y a la Corriente de Canarias sobre la plataforma (FIUZA Y HALPERN, 1982).

La zona de transición entre las dos masa de agua NACW y SACW, en las

realizada por ULPGC, Beverlece Universitaria, 2006

D Del documento, los autores. Digitalización

capas superficiales, se localiza en la zona de Cabo Blanco (21°N) (TOMCZAK, 1978,1982); (BARTON,1982); (MANRÍQUEZ Y FRAGA, 1982); (LLINÁS ET AL.,1985). En la costa, la influencia del SACW en las capas superficiales, puede alcanzar latitudes de hasta 22°N (HUGHES Y BARTON, 1974). El frente de contacto, de carácter casi permanente entre las latitudes 19°-21°N (BARTON,1982,1985, 1987), presenta una estructura compleja e irregular, que se dibuja a través de un fuerte gradiente termohalino de un ancho de 10 Km, en el que el contraste de la temperatura alcanza hasta 3°C y el de la salinidad alcanza hasta 1 unidad de salinidad práctica, con un débil gradiente de densidad horizontal, que generalmente no llega hasta la superficie, debido a la presencia de una capa superficial aproximadamente de 50 metros de agua tropical. El frente presenta una estructura sinusoidal en una escala de 200 Km, aunque en ella se determinan meandros y eddies de menor escala (20 km) (BARTON, 1987).

Las masas de agua NACW y SACW son originalmente subsuperficiales, y afloran a las capas superficiales en la parte interna de la plataforma, cuando las condiciones de viento son favorables al proceso. La distinta naturaleza de las masas de agua que alimentan el afloramiento costero del Noroeste africano, hace que se puede dividir el área del afloramiento en dos regiones bien diferenciadas: la región Norte, al Norte de 22°N, donde la naturaleza del agua aflorada es predominantemente NACW, con las características que la definen y diferencian de la masa de agua SACW, que se localiza al Sur, en la misma superficie de densidad; el NACW es agua más salada, más oxigenada y más pobre en nutrientes, que la aflorada al Sur de 22°N (SACW) (SHAFER, 1974). La región Sur, al Sur de 22°N, donde la naturaleza del agua aflorada es SACW. En el frente de contacto de las dos masas de agua, situado en la zona de Cabo Blanco, la concentración de sales nutrientes, depende de la relativa proporción de las dos masas de agua en la mezcla (FRAGA ET AL., 1985).

Las temperaturas de las aguas afloradas en superficie, oscilan en un rango aproximado entre 15°-17°C, a lo largo de la plataforma costera (MITTELSTAEDT, 1986); (LLINÁS ET AL., 1990); (HERNÁNDEZ-GUERRA, 1990). Las aguas frías afloran en la parte más interna de la plataforma (MITTELSTAEDT, 1991), ó tambien a mitad de la plataforma ó en la parte más externa, según los resultados obtenidos en la zona de Cabo Blanco por (MITTELSTAEDT ET AL, 1975) y (BARTON ET AL., 1977), entre otros. Se localizan centros de afloramiento costero intensos a lo largo de la plataforma costera, en la zona de Cabo Jubi y Cabo Bojador (HUGHES Y BARTON 1974);(MOLINA Y LAATZEN, 1986a).

#### 6. OBSERVACIONES:

En este apartado se pretende dar una visión del conjunto de observaciones realizado y su interacción metodológica, como resultado de la compilación de la década

Ib Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC, Biblioteca Universitaria, 2008

que se realiza en este informe. Aunque en algunos casos se hacen comentarios sobre los valores obtenidos y su significación, no se ha pretendido hacer un análisis de los mismos, por lo que los comentarios han de entenderse como un esfuerzo por situar los resultados obtenidos en el contexto de lo conocido para el área y en la perspectiva de lo que el análisis detallado de los resultados debe reportar.

#### 6.1 Variabilidad del Viento y del Afloramiento en Superficie.

Las condiciones climáticas en el Atlántico Centro Oriental están definidas en función de las altas presiones centradas cerca de las Azores, y de las bajas presiones que se desarrollan sobre el continente africano. La combinación de estos dos sistemas isobáricos da lugar a los vientos alisios de dirección Norte-Noreste. A lo largo del año, los sistemas de altas y bajas presiones se desplazan en el área de actuación, haciendo que la franja de Convergencia Intertropical (ZCIT) se desplace también (KRAUSS Y WUEBBER, 1982), y originándose por tanto, una variabilidad estacional de los vientos alisios en el margen centro oriental del Océano Atlántico.

Las variaciones estacionales del alisio a lo largo de la costa del Noroeste africano tiene como resultado directo la variabilidad estacional del afloramiento costero, tal y como apuntan (WOOSTER ET AL., 1976); (SPETH Y DETLEFSEN, 1982); (BULGAKOV ET AL., 1985) y (GONZÁLEZ-MUÑOZ, 1995). Los resultados obtenidos por estos autores evidencian la existencia de dos estaciones (verano e invierno), donde las condiciones climatológicas son bien diferentes. En las figuras 4 y 5 extraidas de los Weather Log publicados por la Royal Meteorological Society para los años del 90 al 94, se representan, respectivamente, los mapas isobáricos correspondientes a los meses de julio y agosto, y a los de diciembre y enero que muestran estas situaciones características. Los desplazamientos de los sistemas isobáricos en las estaciones de verano e invierno que se observan en las figuras muestran el desplazamiento del centro del anticición de las Azores que se localiza en verano a 35°N 35°O y en invierno en 35°N 20°O, coincidiendo con lo señalado por otros autores, (KRAUSS Y WUEBBER, 1982) y (MITTELSTAET, 1983). La situación de estos sistemas isobáricos origina la existencia de vientos alisios en verano, con una componente longitudinal intensa con intensidades del orden de los 10 m/s, mientras que en invierno, los vientos son predominantemente zonales, con una componente longitudinal débil, según los autores antes citados, con intensidades entre 2.5 y 5 m/s (SPETH ET AL. 1978); (GONZALEZ-MUÑOZ, 1995).

#### 6.1.1 Variación Estacional.

Aunque el fenómeno de afloramiento es un proceso complejo en el que intervienen muchos factores, la variabilidad de la componente de Ekman que se deriva de la tensión de arrastre del viento puede ser utilizada como indicador eficiente de la variabilidad del afloramiento, (ALLEN, 1980). En la zona al sur del área de este estudio, en las costas de Mauritania y Senegal, (DEMARCQ ET AL., 1993) ya han utilizado eficazmente,

Inf. Téc. Inst. Canario Cienc. Mar. nº2

DOF ULPGC

in Del



Fig.4. Distribución característica de isóbaras en verano Fig.5. Distribución característica de isóbaras en invierno el transporte de Ekman como índice de afloramiento.

A este fin, y con los datos observados en el Esperanza del Mar se ha construido un "año medio" de los valores de la tensión del arrastre del viento y del transporte de Ekman, a partir de la determinación del valor medio mensual para todo el periodo entre 1987 y 1991, para cada cuadrícula de un grado de latitud en la zona conprendida entre 21° y 28°N.

El análisis de la distribución del valor medio mensual del transporte de Ekman; dirección e intensidad (figuras 6 y 7) en función de la latitud, muestra la existentencia de una variación estacional del afloramiento a lo largo de la costa del Noroeste africano. La distribución de las intensidades del transporte de Ekman medio (1987-1991) oscilan entre valores mínimos de 400 Kg/ms en otoño-invierno, hasta máximos en primavera y verano entre 4000-5000 Kg/ms, correspondientes a tensiones de arrastre entre 0.03-0.24 N/m<sup>2</sup>.

La figura 7, muestra la distribución del promedio mensual de las direcciones del transporte de Ekman favorables al afloramiento. En ella se distinguen tres zonas de comportamiento diferente:

En la franja de latitud 22°N hasta 26°N, las condiciones del viento son favorables al afloramiento durante todo el año, exceptuando el mes de noviembre, para la latitud 25.5°N. Si bien en la latitud 22°N las direcciones del transporte de Ekman, son en general favorables al afloramiento durante todo el año, se localizan en determinados meses (junio, septiembre y noviembre) direcciones del transporte ligeramente desviadas (5° hacia el Sur) del rango definido. En el 21°N las condiciones favorables al afloramiento se producen durante los meses de la primavera y el verano.

Al Norte de 26°N, las condiciones favorables al afloramiento comienzan en abril para desaparecer en octubre-noviembre; el afloramiento tiene una duración de 6 meses aproximadamente (primavera, verano y principios de otoño).

En los tres primeros meses del año, enero, febrero y marzo, existe un afloramiento moderado en la franja de latitud 22°-26°N, con tendencia a intensificarse según pasan los meses, con mínimos de 998 Kg/ms en enero y máximos de 1600 Kg/ms, en marzo. En el 21°N los valores del transporte de Ekman, muy bajos, coinciden con direcciones desfavorables al afloramiento, en los meses de enero y febrero, en cambio en el mes de marzo la dirección del transporte favorece el afloramiento con una intensidad de 2061 Kg/ms. En la franja del 26°-28°N las condiciones del viento en el mes de marzo son desfavorables al afloramiento.

A partir del mes de abril, la dirección del transporte se vuelve favorable al afloramiento en latitudes altas 26°-28°N, donde no existía en los meses anteriores. El





afloramiento costero se da en esta época del año en toda la franja de estudio, con valores del transporte moderados entre 1700-1900 Kg/ms en latitudes medias y unos máximos entre 2500-5095 Kg/ms en latitudes bajas (22°N) y altas (26°-27°N). A partir del mes de abril el afloramiento se extiende a toda la franja de estudio, desde 21°N hasta 28°N mostrando diferencias según las latitudes; las direcciones del transporte están dentro del rango óptimo favorable para cada grado de latitud, segun el criterio de (GONZÁLEZ MUÑOZ 1995).

En el mes de mayo, las direcciones del transporte favorecen el afloramiento en todo el área de estudio, pero en la latitud 24°N y 26°N coincidiendo con valores del transporte bastante bajos, las direcciones sobrepasan los 15° con respecto a la perpendicular; la frecuencia de observaciones, en esta área es suficiente para que los valores mostrados sean bastante representativos.

Entrando en el mes de junio, se observa como las intensidades del transporte han pasado de valores bajos a ser moderados, en todo el rango de latitudes medias-altas (24°-27°N). En las latitudes medias y bajas (23°-21°N) donde los valores eran altos en mayo, se han intensificado llegando a alcanzar un máximo de 2944 Kg/ms en el 21°N. En el 22°N el valor del transporte representa un máximo de intensidad 3460 Kg/ms para el afloramiento, aunque su dirección tiene una componente hacia el Sur de 19° que lo hace algo menos favorable. En general la tendencia del transporte en este quinto mes del año es de fortalecer el afloramiento costero en toda la zona, estableciéndose unos máximos en latitudes bajas, que vienen desarrollándose desde abril, para ir alcanzando a medida que pasa el año latitudes más altas. Los máximos del transporte alcanzados en las latitudes más bajas podrían hacer pensar que es el resultado del gradiente longitudinal del transporte, como consecuencia directa del gradiente longitudinal del parámetro de Coriolis, el cual disminuye en dirección hacia el ecuador, y que no es debido a una intensificación real de los alisios en bajas latitudes.

La intensificación del afloramiento se sigue desarrollando en el mes de julio, al mismo tiempo que el máximo estacional avanza hacia el Norte, abarcando ahora el rango de latitud comprendido entre el 21°N hasta el 26°N, con un valor de intensidad de 2437 Kg/ms en la latitud 25°N. Dentro de esta franja expandida se localiza un máximo absoluto en el 21°N con un valor de 4595 Kg/ms y otro máximo de 3770 Kg/ms en el 22°N. Entre el 23°N y el 25°N el transporte tiene un valor alto de 2500 Kg/ms. Son valores del transporte muy superiores a los alcanzados en estas mismas latitudes en los meses anteriores (enero-mayo). Por tanto, se muestra como el afloramiento a médida que avanza el año va tomando mayor intensidad en las latitudes medias, donde los valores a principios de año eran de bajos a moderados.

El máximo estacional del afloramiento avanza en latitud a medida que avanza el año (WOOSTER ET AL., 1976); (MITTELSTAEDT, 1983). Las direcciones del

realizada por ULPG4. Biblihteras Univers

transporte que se observan en toda esta franja que ha sufrido la intensificación, tiene una dirección perfectamente perpendicular a la costa; exceptuando en el 26°N, donde la dirección del transporte tiene una desviación de 18° hacia el Sur. Los vientos alisios se intensifican al mismo tiempo que soplan paralelos a costa. En el límite Norte de la zona de estudio el valor del transporte de Ekman es de 2535 Kg/ms, que define una franja de latitud en la que el transporte pasa de ser desfavorable en la época de invierno hasta alcanzar un valor máximo en verano.

En el último mes del verano, agosto, los valores altos del transporte ocupan toda la franja de latitudes. Siguiendo con el patrón de evolución marcado en los meses anteriores, el afloramiento ha alcanzado regiones más al Norte, encontrando un máximo de 3299 Kg/ms en el 26°.N. Sin embargo el valor del transporte en la cuadrícula de latitud 27°N, ha disminuido sensiblemente hasta valores moderados de 1166 Kg/ms. En este mes se definen unos máximos, interiores a la isolínea de 3000 Kg/ms, con un valor de 4495 Kg/ms en la latitud 21°N y otro de 3299 Kg/ms en la latitud 26°N. En cuanto a las direcciones del transporte se refiere, decir que éste es el único mes del año medio en el que los transportes son perpendiculares a la costa, no se determina ninguna componente hacia el Norte ó hacia el Sur desde la perpendicular en todas las latitudes que componen la zona de estudio. Parece, por tanto, que los meses de julio y agosto son los que mejores condiciones presentan para el fenómeno del afloramiento, tanto por la intensificación de los vientos alisios como por la dirección paralela a costa en la que soplan, confirmándose lo anticipado por otros autores.

La estación del otoño, comienza en el mes de septiembre con una clara tendencia a la disminución del transporte de Ekman. Hay un cambio radical de comportamiento con respecto a la distribución de los transportes de Ekman a lo largo de toda la franja de latitudes en relación al último mes del verano; exceptuando en la cuadrícula de latitud 27°N, en donde único se observa una tendencia ascendente del transporte de Ekman desde el mes anterior (agosto), alcanzando un máximo absoluto de 4815 Kg/ms, en una dirección perpendicular a costa, el resto de los transportes de Ekman desde la latitud 26°N hasta la 22°N, reflejan un comportamiento descendente en la intensidad del transporte. Las direcciones del transporte vuelven a presentar desviaciones de la perpendicular, tanto al Norte como al Sur en toda la franja de latitudes. Las desviaciones máximas de 20° hacia el Sur en la latitud 25°N y en la latitud 22°N, le confieren a esta zona un carácter algo más estacional.

En octubre, la tendencia del transporte de Ekman en la franja que ocupa desde el 22°N hasta el 26°N, es de intensificación de los valores; se observa claramente la tendencia ascencional del transporte, en donde se destacan dos picos que corresponde a las latitudes 25°N, con un aumento sobre septiembre de 1800 Kg/ms y para los 22°N, con un aumento de intensidad sobre el valor en el mes de Septiembre de 2499 Kg/ms,

D Dei docurrento, ica sulores. Digitsticación realizatur por ULPGIC, Biblioteca Uriversitaria, 2006.

coincidiendo además con que tienen direcciones perpendiculares a costa. El resto de incrementos de la intensidad son más moderados. La única disminución que se observa en las intensidades del transporte ocurre en la latitud 26°N, cuya dirección del transporte presenta una componente hacia el Suroeste de 30°.

En noviembre, las condiciones de viento son desfavorables al proceso del afloramiento en las latitudes altas y medias (27°-25°N); en las latitudes medias (24°-23°N), las condiciones del viento produce un transporte de Ekman de intensidades moderadas 1078-1664 Kg/ms favorables al afloramiento. En el 22°N la dirección del transporte se separa de la perpendicular a costa hacia el Sur en un angulo de 20°. Esto implica que los vientos que forzaron el transporte no soplaron ni muy fuertes ni paralelos a costa, por el contrario tenían una componente hacia el Sureste.

La estación de invierno, comienza con el mes de diciembre, en el que las direcciones del transporte de Ekman que se derivan de los distintos vientos que soplan en esta época del año, no favorecen la existencia de aguas afloradas en el rango de latitudes altas (28°-26°N). Entre las latitudes 22°-26°N, las direcciones del transporte no son absolutamente favorables, pero no marcan la diferencia entre condiciones favorables y desfavorables al afloramiento, como ocurre en latitudes altas (28°-26°N), en el que las direcciones del transporte son hacia el Norte (6°N). Sólo en la latitud 22°N la dirección del transporte resulta perpendicular a costa. Los transportes de Ekman a lo largo de la franja de estudio reflejan la irregularidad en la dirección de los vientos, oscilando constantemente de dirección dentro del primer cuadrante de la rosa de los vientos, llegando a ser de componente Sur.

Parece que el afloramiento expandido durante las estaciones de primaveraverano a toda el área de estudio, comienza a retraerse hacia el Sur al comenzar el otoño, ocupando la franja de latitud 26°-22°N, en octubre; 25°-22°N, en noviembre y 26°-22°N, en diciembre y desaparecer en la franja 26°-28°N, (noviembre-diciembre) y en la latitud 21°N.

Dentro de toda esta franja de afloramiento costero se observan máximos estacionales, distribuidos siempre en las latitudes bajas (21°-22°N) en verano en junio, julio y agosto; en el otoño en octubre, y en las latitudes altas (26°-27°N) en primavera en abril, en verano en julio y en otoño en septiembre.

Las intensidades del transporte muestran que el alisio no ha soplado con la misma intensidad en todo el área; la tendencia del gradiente longitudinal del transporte es ir disminuyendo en intensidad a medida que subimos en latitud, pasando de valores máximos de 2833 Kg/ms en el 21°N hasta alcanzar valores mínimos de 787 Kg/ms en el 26°N y un valor moderado del transporte de 1067 Kg/ms en el 27°N. Este gradiente longitudinal del transporte obedece a la tendencia de evolución del viento. En los primeros meses del año dicha tendencia es bastante irregular, se distribuyen valores débiles del

o Del documento, los autóres. Digitslicación realizada pór ULPGC, Basedeca Universitaria, 2006

viento a lo largo de toda la zona de estudio.

A partir del mes de abril, se observa un modelo de variación que se verifica hasta el mes de octubre, en el que la intensidad del viento va disminuyendo a medida que aumenta la latitud, hasta llegar al 26°N en donde la intensidad del viento vuelve a ser mayor. Se describe una zona de fuertes vientos en latitudes bajas (21°N-22°N), que produce un rango de la tensión de arrastre del viento entre 0.19-0.25 N/m<sup>2</sup>. Le sigue la franja de latitudes medias (23°-25°N), en la que el viento no es tan intenso, originando valores de la tensión de arrastre del viento que oscila entre 0.05-0.15 N/m<sup>2</sup>. Por último, en latitudes altas (26°-27°N), el viento vuelve a incrementarse dando lugar a valores de la tensión que superan los 0.30 N/m<sup>2</sup> como ocurre en abril y septiembre. En los últimos meses del año (noviembre y diciembre), el alisio prácticamente desaparece, el régimen de viento se muestra irregular en su distribución longitudinal, y por tanto no se puede establecer ningún modelo de comportamiento característico.

Aunque existe un gradiente latitudinal del parámetro de Coriolis (f disminuye hacia el Ecuador) dirigido hacia el Sur, los valores de la intensidad de la tensión de arrastre del viento en la zona Sur del área, refleja la intensificación real del transporte de Ekman. Así mismo se observa que el régimen de viento alisio presenta una concordancia en su comportamiento a lo largo del área media (23°-25°N), con una diferencia latitudinal mínima de 0.01 Nw/m<sup>2</sup> en los valores medios de la intensidad de la tensión de arrastre del viento, en febrero, marzo y junio, y unas diferencias máximos de 0.12 N/m<sup>2</sup>, en octubre. El régimen de viento alisio tiene un carácter más o menos estacionario a lo largo del año, con intensificaciones en determinados meses de la primavera, verano y otoño y en determinadas zonas (21°-22°N y 26°-27°N).

#### 6.1.2. Variaciones de Corta Duración: Eventos.

El análisis realizado hasta el momento sobre la variabilidad del afloramiento, señala la persistencia y continuidad de este fenómeno en la zona de estudio. sin embargo, no se evidencia su estructura "fina" que es una de sus principales caracteristicas. Desde los primeros trabajos de observación realizados hasta el presente, se ha podido comprobar, el carácter rítmico del viento y del afloramiento asociado, con periodos característicos de 5 a 10 dias de vientos de intensidad fuerte entre 7 y 12 m/s, de dirección relativamente constantes del Norte-Noreste, enmarcados por periodos mas cortos de 3 a 5 dias de vientos débiles y dirección variable.

Las observaciones realizadas des de el Esperanza del Mar, han ratificado estas características, figura 8, a la vez que han permitido por su combinación con imágenes térmicas obtenidas desde satélites, realizar un estudio mas detallado de este fenómeno. (González-Muñoz, 1995).





Fig.8. Arriba: Serie temporal de la velocidad del viento para el periodo 1987 y 1991. Abajo: Detalle de la misma serie para el periodo 87-89, la linea horizontal de 5(m/s) indica la inexistencia de datos.

31

#### 6.1.3.Evento de Marzo

La serie temporal de la intensidad del viento, correspondiente al periodo comprendido entre los días 6 y 30 de marzo de 1989 (figura 9), refleja las variaciones locales de la intensidad del viento a lo largo del mes. Dicha serie presenta un pulso de viento, desde el periodo inicial de vientos débiles (2-4 m/s), entre los días 7 y 12 de Marzo, seguido del periodo de intensificación del viento (9-13 m/s), entre el 13 y el 22 de marzo, para finalizar con un periodo de vientos débiles (1-4 m/s), entre los días 23 y 26 de marzo. El mes de marzo de 1989, representa un caso típico de pulso de viento, acorde con lo presentado en la bibliografía, y descrito por los autores que trabajaron con las observaciones meteorológicas de los experimentos "Auftrieb`72" (SHAFFER, 1974), JOINT-I (MITTELSTAEDT ET AL., 1975), "Auftrieb`75" (TOMCZAK Y HUGHES, 1980), realizados en el área de estudio.

La distribución espacial de los vientos a lo largo de la costa, para los tres periodos del pulso (figuras 10a, b y c), muestra la diferencia entre las condiciones de viento favorables al proceso del afloramiento, de vientos fuertes y paralelos a la costa (figura 10b), y las condiciones desfavorables, de vientos débiles y variables (figuras 10a y c).

Se trata de un evento del afloramiento en el que se desarrolla un proceso de intensificación, durante diez días, y un proceso de relajación posterior, durante cinco días. La secuencia de imágenes térmicas disponibles, que corresponden a este evento de marzo de 1989, incluye la del día 7, correspondiente al periodo inicial, los días 14, 15, 16 y 22, correspondientes al periodo de intensificación, y los días 26 y 27, del último periodo de relajación

#### -Periodo inicial- (del 7 al 12 de marzo)

La distribución de los transportes de Ekman en el área, se ha sobrepuesto a la imagen de temperatura superficial del mar del día 7 de marzo. La distribución de los transportes a lo largo de la costa, demuestra, por sus direcciones e intensidades, que se trata de un periodo en el que no se favorece el afloramiento.

La imagen del día 7 de marzo (figura 11), muestra las características del campo de temperaturas que se deriva de las condiciones de viento. Es una imagen típica, correspondiente a un periodo de relajación del viento, cuya característica principal es la distribución de temperaturas, de forma prácticamente homogénea, en toda la zona de estudio. Temperaturas superficiales, entre 18°C y 19°C sobre la plataforma costera, desde la parte más interna.



Fig 9. Izquierda: Variación de la distribución zonal de la temperatura superficial del mar a lo largo del transectto 24°40'N, entre el 7 y 27 de marzo de 1989.El intervalo de contorno es de 0.5°C. Derecha: Velocidad del viento en m/s registrado en la zona durante el mismo periodo de tiempo.

33

Inf.Téc.Inst.Canario Cienc.Mar.n 2

staria, 2006

autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblicheca Univer

nenlo, los s

Del dog



Fig.10. Distribución de las direcciones e intensidad del viento del evento de Marzo de 1989 en la posición en que fueron medidas desde el EDM, periodo inicial, arriba a la izquierda, el periodo de intensificación, arriba a la derecha y el periodo de relajación abajo.

#### -Periodo de intensificación- (del 13 al 22 de marzo)

El periodo de intensificación del afloramiento, comenzó el día 13 de marzo, cuando el viento soplaba con una intensidad de 11 m/s, y finalizó el día 22 de marzo, cuando el viento soplaba con una intensidad de 10 m/s. La secuencia de imágenes de temperatura superficial del mar, correspondientes a los días 14, 15 y16 de marzo (figuras 12-14), permite caracterizar la evolución de las estructuras térmicas, en función del campo de vientos que las ha inducido.

En la imagen de temperatura superficial del mar del día 14 de marzo (figura 12), se ha sobrepuesto los transportes de Ekman correspondientes al periodo de intensificación, que muestran, el predominio de las direcciones perpendiculares a la costa, con intensidades que oscilan entre 2500-5000 Kg/ms.

Se observa la diferencia que existe en la distribución de las temperaturas superficiales, entre el día 7 de marzo, con una distribución homogénea, desde la costa hasta zonas oceánicas, característica en los procesos de relajación del afloramiento, y el día 14 de marzo, con una distribución paralela a la costa, característica en los procesos de afloramiento.

La intensificación de los vientos alisios, comenzo el día 13 de marzo (11m/s), a partir de un periodo (del 8 al 12 de marzo), en el que el transporte de Ekman no era favorable al afloramiento. La primera imagen, dentro del periodo de intensificación, corresponde al día 14 de marzo, en la que se observa aguas afloradas desde Cabo Jubi hasta Dakhla. Las temperaturas más frías de 16°C (nucleo del afloramiento), se localiza en la parte más interna de la plataforma, alrededor de los 25°N. Se desarrolla un gradiente de temperaturas en aumento, hacia la batimétrica, donde se localizan aguas de 18.5°C. Temperaturas de 19.5°C y 20°C se mantienen por fuera de la batimétrica.

De la imagen de temperatura del dia 14 de marzo, se podría decir, que la respuesta dinámica de las corrientes superficiales, sobre la plataforma costera, a las fluctuaciones locales del viento, se producen en un periodo aproximado de no más de un día, del 13 al 14 de marzo, lo que coincide con BARTON ET al.(1977), quienes encontraron también un periodo de respuesta, del orden de un día, en el estudio de las variaciones hidrográficas, en función de las fluctuaciones locales del régimen de vientos, en la zona de Cabo Blanco.

D Del o

La imagen correspondiente al día 15 de marzo (figura 13), muestra una intensificación del afloramiento con respecto al día 14 de marzo, que se refleja en la expansión hacia el borde de la plataforma costera de las aguas frías afloradas, a lo largo de la plataforma costera, desde Cabo Jubi hasta Cabo Bojador, así como en la expansión del núcleo del afloramiento, que ocupa ahora hasta la mitad de la plataforma, en la latitud 25°N. Otro indicativo del fenómeno de intensificación, es la expansión hacia el Sur (al Sur

#### Inf.Téc.Inst.Canario Cienc.Mar.nº2



Fig. 11. Imagen del día 7 de Marzo de temperatura superficial del mar, sobrepuestos los vectores de viento correspondientes a las medidas realizadas por el Esperanza del Mar en el periodo de inicio.

Fig. 12. Imagen del día 14 de Marzo de temperatura superficial del mar, sobrepuestos los vectores de viento correspondientes a las medidas realizadas por el Esperanza del Mar en el periodo de intensificación.
de Dakhla) de las aguas frías afloradas, conducidas por la corriente superficial resultante asociada al afloramiento, cuya trayectoria viene descrita por las lineas de contorno del fondo (CRUZADO Y SALAT, 1981).

La intensificación del afloramiento continúa, y la imagen del día 16 (figura 14) lo evidencia con la existencia de aguas afloradas a lo largo de toda la costa del área de estudio, desde latitudes al Norte de Cabo Jubi hasta latitudes cercanas a Cabo Blanco. Las aguas afloradas se han extendido hasta el Sur, después de tres días de viento fuerte. Se localizan temperaturas mínimas de 16°C en la latitud 25°N, en la parte más interna de la plataforma. Las aguas afloradas que se extienden hacia el Sur, forman una franja longitudinal que se encuentra separada de la costa y cuya temperatura es de 17.5°C.

La secuencia de imágenes señala la influencia del jet costero, que se desarrolla en condiciones de viento fuerte, favorable al afloramiento, cuya velocidad máxima se ha medido cerca de la superficie y separada de la costa (JOHNSON ET AL, 1975); (HALPERN ET AL., 1977);(TOMCZAK, 1981). Rodeando esta franja de 17.5°C, y también en sentido longitudinal, se localizan aguas de 18°C y 18.5°C por la parte interna (pegada a la costa) de la franja, y por la parte externa hasta llegar al borde de la plataforma costera. Hacia afuera, la temperatura alcanza los 19°C, distribuyéndose de forma paralela a la costa.

Entre el día 16 y el 22 de marzo, los vientos alisios siguieron soplando con la misma intensidad (figura 9), destacando el pico máximo (13 m/s) el día 18 de marzo. Tras 9 días de vientos fuertes y transportes intensos, favorables al afloramiento, la imagen del día 22 de marzo, muestra la intensificación del afloramiento máximo, dentro de todas las imágenes correspondientes al periodo de intensificación. En ella aparece un núcleo de agua más fría (menor de 16°C), a pocos kilómetros de la costa, rodeado de agua fría de 16°C, que se ha extendido a lo largo de la plataforma, al Norte y al Sur de Cabo Bojador. En la zona norte de estudio (Cabo Jubi), las aguas frías de 17.5°C sobrepasan el borde de la plataforma, hacia afuera de la costa. Sobre la latitud 25°N y hasta Dakhla, donde la plataforma costera alcanza la anchura máxima (entre 100-120 Km), las aguas tienen una temperatura de 17.5°C. Esta imagen, representa el máximo afloramiento que se alcanza después de un pulso de vientos fuertes, cuyo periodo ha sido de 10 días.

La influencia de los vientos alisios sobre las aguas costeras, se evidencia a través de las características dinámicas del afloramiento: el agua fría aflorada en la parte más interna de la plataforma (núcleo), se advecta hacia el Sur a lo largo de la costa, por la corriente superficial resultante, asociada al afloramiento, que se dirige hacia el Ecuador, y cuya componente hacia afuera de la costa, hace que las aguas frías afloradas que se advectan hacia el Sur, se vayan separando de la costa después de varios días de la intensificación del viento, dibujando así, una estructura de agua fría, en forma de lengua en expansión hacia el Suroeste (CRUZADO Y SALAT, 1981); (GONZÁLEZ-MUÑOZ, 1995), resultado de la influencia de la topografía del fondo sobre las corrientes costeras.

1000





Figs. 13 (arriba, izquierda), 14 (arriba, derecha) y 16 (abajo, derecha). Imágenes de temperatura superficial del mar, correspondientes al día señalado.

Fig. 15 (abajo, izquierda). Imagen del día 26 de temperatura superficial del mar sobrepuestos los vectores de viento correspondientes a las medidas realizadas por el Esperanza del Mar en el periodo de relajación.

### .Periodo de relajación- (del 23 al 27 de marzo).

La disminución brusca de la intensidad del viento (viento entre 4-2 m/s) y del transporte de Ekman (menor a 500 Kg/ms), durante los días 23 y 24 de marzo, y durante los dias 25 al 27 de marzo, aun menores, y las direcciones de los transportes de Ekman desfavorables al afloramiento, da lugar a un proceso de relajación del afloramiento costero. Las imágenes de este último periodo, corresponden a los días 26 y 27 de marzo, después de tres días del comienzo de la relajación del viento. Combinando las observaciones de viento y del transporte de Ekman, con las imágenes de satelite, correspondientes a los días 26 y 27 de marzo, se intenta caracterizar la evolución del campo de las temperaturas superficiales, en su tendencia a la relajación del afloramiento, y calentamiento de las aguas superficiales, desde el día 22 de marzo de máximo afloramiento.

Los transportes de Ekman, correspondientes al periodo de relajación, se han sobrepuesto a la imagen del día 26 de marzo (figura 15). En ella se observa la desaparición, por completo, de las aguas más frías de 16°C, que ocupaban la plataforma costera en la imagen del día 22 de marzo. Las mínimas temperaturas sobre la plataforma, corresponden a pequeños puntos aislados de 17.5°C y a nucleos de 18°C. La imagen presenta una distribución homogénea característica, en ausencia de vientos favorables al afloramiento. Se produce un calentamiento progresivo de las aguas superficiales, como consecuencia directa de la disminución de la capa de mezcla, potenciada antes por la acción turbulenta del viento (MITTELSTAEDT, 1991). La mayor cantidad de agua que circula sobre la plataforma, en la zona Norte, desde el 25°N hasta la altura de las islas Canarias, tiene una temperatura de 19°C. A la altura de Dakhla, las aguas sobre la plataforma tienen una temperatura de 20°C.

Las imágenes del día 26 y 27 (figura 15-16) de marzo, presentan la misma distribución térmica característica de los procesos de relajación del afloramiento. Distribución homogénea de las temperaturas superficiales de la parte más interna de la plataforma hacia afuera del borde de la plataforma costera.

La descripción que se ha hecho de cada una de las imágenes, en relación a la distribución general de la temperatura superficial del mar y del transporte de Ekman, a lo largo de la costa del Noroeste africano, permite establecer de forma cualitativa, la relación causa-efecto que existe, dando una idea aproximada de la dinámica de la capa superficial del mar en zonas de afloramiento costero.

El estudio de la variación temporal de la distribución zonal de la temperatura superficial del mar, correspondiente al transecto 24°40'N, obtenida de las imágenes térmicas del evento de marzo de 1989 (figuras 11 a 16), muestra la variación que sufre el afloramiento costero, en relación directa a las fluctuaciones locales del régimen de viento. La figura 9, muestra a la izquierda, la distribución zonal de la

### Inf.Téc.Inst.Canario Cienc.Mar.n 2

temperatura superficial del mar, entre el 7 y el 27 de marzo, con un intérvalo de contorno de 0.5°C, y a la derecha, la velocidad del viento en m/s registrado en la zona, durante el mismo periodo de tiempo. La falta de imágenes de varios de los días correspondientes a los distintos periodos del evento, nos obliga a analizar las temperaturas superficiales, como la tendencia de la distribución de las mismas, en función de las fluctuaciones locales del viento.

De la observación de ésta figura (9), se desprende la buena correlación que existe entre la distribución de temperaturas superficiales y las fluctuaciones del viento. Durante el primer periodo de relajación (del 7 al 12 de marzo), en el que el viento tiene una intensidad media de 3.2 m/s, la isoterma de 17.5°C se situa muy cerca de la costa, a tan sólo 20 Km aproximadamente, mientras que a partir del día 14 (segundo día de intensificación), la tendencia de distribución de la isoterma, describe la misma forma ascendente que describe la intensidad del viento, manteniendo la distancia a costa, más o menos estacionaria (125 Km), mientras dura el periodo de intensificación (hasta el día 22 de marzo); a partir del día 23, en que comienza otro periodo de relajación, la distancia a costa de la isoterma, disminuye de forma brusca, siguiendo la misma disminución de la intensidad del viento, desapareciendo por completo, en los últimos días 26 y 27, tras la incidencia de un viento caracterizado por una intensidad media de 2 m/s.

El desplazamiento de la isoterma de 17.5°C, describe las variaciones del viento, con una correlación en el tiempo menor a un día. Se distribuye, por dentro ó por fuera, de la plataforma costera (delimitada por la batimétrica de 200 metros), a unos 120 Km de la costa en este transecto, en función de la intensidad del viento. En condiciones de viento favorable al afloramiento, y tras varios días de persistencia, la isoterma se distribuye alrededor de la batimétrica, sobrepasandola cuando el viento fuerte se mantiene, como ocurre en este caso concreto de diez días (desde 13 al 22 de marzo) de viento fuerte, con una velocidad media de 10 m/s, en el que la isoterma de 17.5°C se localiza, aproximadamente, a 143 Km de la costa.

La distribución de la isoterma de 17°C, muestra la misma correlación que la isoterma de 17.5°C, en relación a las variaciones del viento, aunque con un periodo de respuesta ligeramente superior a este último. Se va distanciando de la costa, conforme aumenta el viento, pero a diferencia de la isoterma de 17.5°C, la de 17°C encuentra un máximo en la distribución, por dentro del borde de la plataforma costera, incluso cuando las condiciones de viento favorables al afloramiento perduren en el tiempo. De la misma forma, se acerca a la costa cuando la intensidad del viento disminuye, desapareciendo en los periodos de relajación con vientos débiles como ocurre el día 7 de marzo, y entre los días 23 y 27 de marzo.

La tendencia de distribución de la isoterma de 18°C, es mantenerse por fuera

de la plataforma costera, empujada por la isoterma de 17.5°C, cuando las condiciones de viento son favorables al afloramiento; mientras que en condiciones desfavorables al afloramiento, se hace patente la presencia de aguas más cálidas en la costa.

La isoterma de 16.5°C dibuja un nucleo de agua fría, a pocos kilómetros de la costa, desde los primeros días de viento fuerte (viento medio de 10.8 m/s, entre los días 13 y 14 de marzo). Después de diez días de viento, con una intensidad media de 10 m/s, el núcleo de agua fría de 16.5°C, se ha ido alejando de la costa, localizándose uno pequeño a 15 Km, y otro mayor que llega aproximadamente a 70 Km. El núcleo de agua fría se desplaza hacia afuera de la plataforma costera con una velocidad de 5 cm/s (BARTON ET AL., 1977); (GONZÁLEZ-MUÑOZ, 1995).

El estudio detallado de las velocidades de los vientos, dentro del periodo de intensificación, junto a la distribución de las temperaturas, refleja la sensibilidad de la isoterma de 16.5°C, a las variaciones de la intensidad del viento, como ocurre cuando la isoterma se retrae hacia la costa, desde 42 Km aproximadamente el día 15 de marzo, hasta unos 14 Km, el día 16 de marzo, debido a una disminución del viento medio en 2 m/s, mostrando un periodo de respuesta del orden de un día.

Las isotermas de 17 y 17.5°C, se alejan progresivamente de la costa, dentro del periodo de intensificación, sin notar las pequeñas disminuciones de la intensidad del viento, que en el caso de la isoterma de 16.5°C, se traducen en ligeras recesiones hacia la costa.

El proceso de relajación del afloramiento que se produce cuando la velocidad del viento medio oscila alrededor de 2 m/s, como ocurre entre los dias 23-26 de marzo, se caracteriza: por la desaparición completa de las aguas frias entre 16.5°-17.5°C, y por el retraimiento hacia la costa de las isotermas cálidas (18°-19°C), pudiéndose cuantificar de forma aproximada en 33Km por día la isoterma de 18°C, en 21Km por día la de 18.5°C, en 22.5 Km por día la de 19°C.

La gráfica de la distribución de las temperaturas muestra a simple vista una caracteristica importante en relación a la extensión hacia afuera de la costa de las aguas frias afloradas, y que será indicativo de la intensidad relativa del afloramiento producido por el pulso de viento. La isoterma de 17.5°C, ha alcanzado una distancia de 140 Km, tras diez días con un viento medio de 10 m/s. Las aguas más frías, de 16.5°C, se han advectado como un núcleo, aproximadamente hasta 70 Km de la costa. Las aguas oceánicas, de 19-20°C, se encuentran desplazadas por fuera del borde de la plataforma situándose entre 175-200 Km de la costa.

D Del documento, hos autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblicheca Universitaria, 2008

# 6.2. Distribución superficial de temperatura, salinidad y nutrientes:

La naturaleza de observaciones casi superficiales de las muestras y observaciones realizadas, junto con la distribución aleatoria del muestreo condicionado por la actividad de socorro y apoyo del buque por fuera de la línea de las 12 millas a la costa y la participación de la tripulación en la realización material del muestreo, aparecen como limitaciones objetivas importantes de éstas observaciones, no obstante, el uso de barcos de oportunidad es tradicional en la oceanografía y se ha venido utilizando para la obtención de distintos parámetros de forma extensa.

En el mismo área se puede señalar como antecedente más directo el trabajo de Tomczak 1978, donde se muestra que es posible establecer relación entre las características de las aguas superficiales y su origen, en la zona que el denomina región del Afloramiento de la Corriente de Canarias que incluye el área de operación del EDM, utilizando datos de temperatura y salinidad, y que ésta posibilidad se vé reforzada si los datos de nutrientes pueden ser utilizados en el análisis (TOMCZAK 1978 y 1981). La distribución aleatoria dentro del área conduce a que el valor de los parámetros tenga un distinto peso en el análisis y que halla de tenerse en cuenta en la elaboración de conclusiones.

Los ejercicios de comparación entre las observaciones y toma de muestras realizados por la tripulación del B/H Esperanza del Mar y muestreadores cualificados ó instrumentos, permiten calificarla como de observadores cuidadosos en su conjunto, a lo que se ha de añadir que la consideración estadística presentada, disminuye el efecto del muestreador particular. Estas consideraciones sobre las características de la observación realizada, deben ser tenidas en cuenta al seguir el análisis de los datos en el conjunto del trabajo que se presenta.

En la figura 17 se muestran los diagramas T/S correspondientes a todos los muestreos realizados, señalando con símbolo distinto los puntos en cada estación, como se puede observar faltan los diagramas correspondientes a los años 89 y 90, como ya se indicó en el apartado de material y métodos. En los diagramas se han trazado las líneas correspondientes a las masas de agua subsuperficiales presentes en la zona, según las propuestas de EMERY Y MEINCKE(1986); FRAGA ET AL(1985) y TOMCZACK,(1981b). Resulta evidente de la observación de la distribución de los puntos que la masa de agua que aflora en el área de estudio es principalmente NACW y que ésta agua puede modificarse en superficie por intercambio con la atmósfera, como aparece bien señalado en el año 1991, ó se acerca mas ó menos a los extremos de los segmentos representativos del SACW, indicando la presencia variable, aunque muy modificada de ésta masa de agua.

Se ha señalado la presencia como aguas afloradas en la zona de la denominada



Fig. 17. Diagrama T/S de las muestras superficiales tomadas en el programa básico, con indicación de las principales masas de agua subsuperficiales, según los autores referidos.

agua tipo A según la denominación de FRAGA (1974), que se corresponde con la denomida modal de Madeira en terminología de SIEDLER ET AL (1987), que constituye la parte superior del NACW que se forma estacionalmente en el entorno de las islas Madeira y Canarias, en cada diagrama se ha señalado el tipo A, pudiéndose comprobar que la presencia de aguas con estas características termohalinas se producen en todos los años estudiados. Este agua esta caracterizada por ser muy rica en oxígeno y muy pobre en nutrientes.

En el muestreo realizado, se pueden diferenciar claramente dos zonas distintas, la primera entre la isla de Gran Canaria y la plataforma africana en dirección prácticamente Norte-Sur, que corresponde a los desplazamientos del buque-hospital desde su base en el Puerto de La Luz ó desde el Puerto de Arguineguín, donde suelen realizarse desembarcos de urgencia, en el cual se realizó el muestreo mas frecuentemente y que se sitúa aguas afuera de la plataforma, en lo que se puede considerar zona de transición entre la zona de afloramiento costero y el área oceánica, teniendo su límite en la 26°N aproximadamente. La segunda que se extiende prácticamente desde el límite referido hasta Cabo Blanco, en la que el barco se mueve siempre sobre la plataforma costera, como se puede apreciar de la distribución de los puntos de muestreo que se dá en la figura (1,3). Este límite aparece señalado en los gráficos de representación de los parámetros como una línea discontinua que indica la distinta naturaleza de las dos zonas, que se utilizará para referenciar los efectos del afloramiento.

Aunque el área estudiada se encuentra en la franja del noroeste africano, donde el afloramiento es permanente, presenta una importante variabilidad espaciotemporal como ha sido ampliamente referenciado en el apartado anterior. En las figuras 11 a 16, se muestran imágenes térmicas superficiales obtenidas con el sensor AVHRR, donde se puede apreciar la complejidad de la distribución superficial de éste parámetro, donde se refleja la dificultad para que cualquier muestreo realizado a la velocidad que es posible desde un barco, represente una buena aproximación a la realidad cambiante que las imágenes señalan.

La figura 18, muestra las distribuciones superficiales de las temperaturas y la figura 19 las de salinidad en cada franja de un grado de latitud. La observación de las figuras correspondientes a las temperaturas de los años presentados en éste trabajo, señalan claramente la presencia del afloramiento en la plataforma africana durante todo el año, ya que de no existir el afloramiento, las temperaturas tendrían que ser más altas en la franja de costa que está a latitud mas baja, mientras que los datos presentados muestran como la línea de trazos separa la zona de temperaturas relativamente mas altas al norte entre la costa africana y las islas, de las mas bajas al sur sobre la plataforma.



Fig. 18. Distribución de la Temperatura superficial promedio para cada franja de un grado de latitud y mes.

45

#### Inf.Téc.Inst.Canario Cienc.Mar.n<sup>2</sup>

o Del documento, los sujores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblicieca Univerziana, 2008

Es claro que los valores mínimos representados son mayores que los referenciados para las aguas afloradas en esta zona, tanto para las observaciones "in situ", como para los datos observados desde satelite. Esto es sin duda consecuencia del promedio realizado para cada grado de latitud, en el que se incluyen los datos mas próximos a la costa (aunque por fuera de las doce millas) junto con los mas alejados, por lo que en los cálculos se consideran indistintamente datos correspondientes a aguas afloradas y datos de aguas exteriores donde el afloramiento no se hace presente como resultado de su propia distribución (MITTELSTAED, 1991). A pesar de ello y considerando que entre el 23 y 25°N es donde se produce un muestreo mas intenso (figura 1,4), los promedios presentados deben tener en su evolución temporal un significado climatológico, aunque de dificil interpretación.

El periodo de finales de primavera a verano, es la estación de vientos máximos favorables al afloramiento, calculando valores del transporte de Ekman para los meses de Julio y Agosto superiores a los 4000 Kg/ms para el año promedio como se ha visto. Sin embargo, esto no queda reflejado en los datos superficiales de temperatura presentados en éste trabajo, lo que coincide fundamentalmente con otros trabajos que utilizan datos térmicos superficiales para describir ó cuantificar el afloramiento en el área (MCCLAIN ET AL. 1990); (VAN CAMP ET AL. 1991), particularmente utilizando datos obtenidos desde satélites. Dos factores deben concurrir para justificar esta situación, de un lado las altas temperaturas atmósfericas de la zona en los meses de verano que deben contribuir a calentar y evaporar el agua superficial, con el consiguiente aumento de la temperatura y la salinidad y de otro que la diferencia de densidad entre las aguas afloradas y las de las aguas limítrofes es suficientemente grande para confinar la señal superficial del afloramiento a zonas más restringidas junto a la costa.

En los años mas cálidos, tales como 86,88,89,90 y 95, podemos ver que a pesar de que se produce un aumento generalizado de las temperaturas en el área, estas disminuyen desde las latitudes mas altas hacia la zona entre el 23 y 25°N en que se encuentra centrado el afloramiento. El año 93 presenta tambien un máximo relativo de temperaturas en las latitudes bajas, mientras en el 92 el afloramiento se evidencia haciendo bajar las temperaturas de Julio y Agosto separando los calentamientos encontrados al final de primavera y a principios de otoño en las mismas latitudes. La observación de la serie completa refleja con claridad el ciclo estacional anual, a la vez que señala tendencias anuales significativas como puede ser la presencias núcleos de de dos años "cálidos" (p.ej. 89 y 90) o "frios" (p.ej. 93 y 94), no obstante la serie decenal que se presenta requiere de su continuación para poder confirmar características como las señaladas.

La distribución de salinidad figura 19, tampoco señala los mínimos de salinidad para los meses de verano, sino que aparecen en primavera extendiéndose más



2008

D Del

Fig. 19. Distribución de la Salinidad superficial promedio para cada franja de un grado de latitud y mes.

### Inf.Téc.Inst.Canario Cienc.Mar.n 2

ó menos hasta principios de verano, pero además, no coinciden con los mínimos de temperatura, sino que aparecen algo desplazados en el tiempo. Aquí, ademas de las complejas interacciones atmósfera-océano que ocurren en la zona, se ha de tener encuenta que puede quedar señalado el distinto origen de las aguas afloradas, ya qué, según se señala en el apartado 5, al sur de Cabo Blanco el agua aflorada es prácticamente ACSA, mientras que al norte se produce una zona de mezcla de extensión variable, donde puede aparecer mezclada en distinta proporción el ACSA con el ACNA hasta que en latitudes al norte del 25°N todo lo que aflora es ACNA (BARTON Y HUGHES, 1982). Adicionalmente, la compleja e intensa dinámica de la zona, es un factor que contribuye a la mezcla de las aguas superficiales, haciéndo posible la presencia de cada masa de agua aflorada mas allá de sus áreas de surgimiento. En el mismo sentido está sin determinar si la contracorriente de SACW, que fluye hacia el norte sobre el talud continental, contribuye y en que medida al agua que aflora en esta zona.

La salinidad muestra claramente su característica de parámetro mas conservativo, presentando una variablidad con ritmo mas homogéneo, siendo reseñable en este contexto el aumento generalizado de la salinidad a finales de 1986, fenómeno que no se vuelve a encontrar en niguno de los años posteriores estudiados.

Las concentraciones de nutrientes están sometidos además de a los procesos físicos descritos, a los biológicos, por los cuales son consumidos y regenerados en función de diversos factores cambiantes tales como la concentración de organismos, la luz, etc. La distribución de Nitrato+Nitrito que se presenta en la figura 20, muestra a pesar de las consideraciónes referidas, alguna distribución característica. Así se puede observar la presencia de máximos relativos correspondientes con los mínimos de salinidad primaverales centrados en abril-mayo, aunque la magnitud de los mismos es muy variable. En Julio se encuentra otro máximo relativo con concentraciones próximas a los 3 µmol/dm<sup>3</sup> en los cinco años que se presentan, siendo también característicos los valores bajos correspondientes a las altas temperaturas superficiales en otoño. Salvo en 1991, los valores absolutos mas altos se encuentran a finales de año en las estaciones de más baja latitud, correspondiendo, como se ha descrito al ascenso del límite de la zona de distribución del afloramiento de SACW (BARTON, 1987).

La distribución de fosfato figura 21, presenta un comportamiento bastante paralelo a los nitratos+nitritos, en la presencia de máximos relativos centrados en Julio, valores bajos correspondientes a las altas temperaturas del otoño y valores máximos absolutos en las bajas latitudes a finales de año, presentando una distribución irregular en la primavera del 93, donde se produce una desincronización antre el máximo relativo de fosfato y el de nitrato+nitrito, aunque con valores absolutos bajos de ambos nutrientes.

Los gráficos que muestran la distribución superficial de silicatos, figura 22,







Fig. 21. Distribución de la concentración de Fosfatos superficial promedio para cada franja de un grado de latitud y mes.

50



Fig. 22. Distribución de la concentración de Silicatos superficial promedio para cada franja de un grado de latitud y mes.

permiten observar de forma clara estructuras en torno a máximos centrados en los meses de Julio y Agosto, mínimos relativos correspondientes a los meses de otoño y principio de invierno, con una estructura más variable en primavera, ésta distribución unida a que los valores resultan más homogéneos entre la zona de la plataforma y la de la transición, en la que llegan a aparecer máximos relativos de importancia, señalan la intervención del viento no solo como agente causal del afloramiento, sino como impulsor de la entrada de aportes eólicos en el área, que son de gran importancia y que no ha sido evaluado adecuadamente hasta el presente, como se ha referenciado (Morales, 1979); (WCRP, 1970).

### 6.3. Distribución vertical de parámetros.

Como ya se ha indicado, se ha utilizado de la forma mas extensa posible las sondas desechables XBT para la medida de la distribución vertical de la temperatura, dado que su uso no introduce dificultades operativas al buque, al poder lanzarse desde el mismo en marcha. Se estableció una doble estrategia, de un lado una línea Norte -Sur en la longitud de 15°, 15' entre Gran Canaria y la plataforma africana, según se puede ver en la figura 3. Los lanzamientos se espaciaron 10 millas, dando lugar a 10 lanzamientos por sección, la sonda utilizada fué la tipo T7, con una profundidad máxima de aproximadamente 760 m y que solo alcanzaba el fondo en el último lanzamiento que se ha hecho sobre el talud, de otro lado, sobre la plataforma se diseñó un muestreo en 11 puntos, según se puede ver en la misma figura, alineados en tres secciones perpendiculares a la costa correspondiente a los paralelos 23,24 y 25 °N con dos puntos en posición variable al Norte y al Sur de estas secciones, para estas medidas se utilizaron sondas tipo T10, que con una profundidad máxima de operación de 200m alcanzan el fondo en todas las estaciones.

El disponer de un solo sistema de lanzamiento y registro así como la logística compleja para la adquisición y recepción de las sondas y su precio, ha hecho que la observación no halla sido todo lo regular que se había planteado, en la Tabla II se pueden ver los lanzamientos realizados. A pesar de ello la información obtenida resulta de gran interés en las dominios estudiados.

En los gráficos de las figura 23, se presentan la variabilidad anual en cada uno de los puntos donde se han lanzado las sondas, en general, en superficie se presenta una oscilación máxima entre los 4.5 y 5°C con pequeñas diferencias entre los puntos, quedando muy bien señalada la estacionalidad en todas ellas, en profundidad, la variabilidad se mantiene en general inferior a un grado centígrado, salvo en el último punto situado sobre el talud, donde la variabilidad aumentó casi el doble, sin duda consecuencia de la mayor tur- bulencia cerca de la costa. La presencia de agua de la contracorriente sobre el talud descrita por: (TOMCZAK JR Y HUGHES, 1980);(BARTON Y HUGHES, 1982) y (MITTELSTAEDT, 1982), entre otros, no se evidencia de forma inmediata y necesita de estudios mas detallados, tanto en las observaciones como en relación a la representatividad de la posición muestreada sobre el talud y la distribución señalada en la bibliografía para la contracorriente.

100	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	NOV	DEC
STA 1	3	5	4	6	5	4	4	2	3	3	5
STA 2	2	5	3	6	5	3	4	4	4	2	7
STA 3	4	4	2	6	6	4	4	4	5	2	6
STA 4	4	3	3	5	5	3	5	4	5	3	6
STA 5	3	3	3	3	7	4	4	4	5	3	7
STA 6	2	3	3	3	5	4	4	3	4	3	7
STA 7	3	4	3	4	7	5	4	4	4	1	7
STA 8	4	4	3	4	6	5	4	2	3	1	7
STA 9	2	3	2	3	6	4	4	2	4	1	7
STA 10	3	3	3	4	6	5	4	3	3	1	5

Tabla II.

Los gráficos de las figuras 24 y 25 señalan bien las situaciones extremas en el proceso de formación de la termoclina estacional, entre Mayo y Noviembre. El mes de Mayo, en que la distribución vertical de temperaturas es una línea pendiente casi constante, entre la superficie y la profundidad máxima muestreada y la situación en Noviembre, en que aparece una capa superficial bien mezclada, de temperatura casi constante, entre 22 y 23°C, de unos 50m de profundidad, a partir de la cual se produce una termoclina estacional muy intensa.

El conjunto de estas observaciones permitirá el conocimiento muy preciso de las características del ciclo anual en la zona

En la figura 26, se muestran las representaciones de los valores de la concentración de clorofila a, correspondientes a las secciones hechas en el 23,24 y 25°N y realizadas en el més de Junio de 1993, integrada por tres estaciones, situadas como se puede ver en la figura 3.



Fig. 23. Distribución mensual promedio de temperatura en cada una de las diez estaciones que constituyen la sección G.C. y la plataforma africana, sobre la longitud 15º 15' oeste (w).



Fig. 24. Perfil vertical promedio de temperatura para el mes de Noviembre en el periodo 1987 a 1994 en cada estación.



Fig. 25. Perfil vertical promedio de temperatura para el mes de Mayo en el periodo 1987 a 1994 en cada estación.

56

Inf.Téc.Inst.Canario Cienc.Mar.n'2





Fig.26. Distribución de la concentración de clorofila en las secciones a 23,24 y 25°N, sobre la plataforma, según se señala en la figura 3.

#### Inf.Téc.Inst.Canario Cienc.Mar.n 2

Aunque la clorofila no se puede considerar un parámetro indicador directo del afloramiento, por cuanto su aumento se produce como consecuencia del crecimiento del fitoplancton que ha sido inducido por el aumento de nutrientes que genera la surgencia de agua en éste área, sin embargo, su distribución señala los "efectos" del afloramiento y su variabilidad, la figura 26, muestra un ejemplo característico de la distribución del agua aflorada en la zona. Así en el 25°N el núcleo se encuentra muy cerca de la costa y prácticamente en superficie, extendiéndose en superficie y profundidad hacia el 24 y 25°N. Lo que se corresponde bien con los otros parámetros indicadores y con las imágenes obtenidas del satélite.

No obstante, la situación no es siempre tan clara, sino que, por el contrario se encuentran distribuciones muy complejas, cuyo estudio en base a análisis multiparamétricos se ha comenzado a realizar. Tratando de establecer la relación entre lo que se "ve" en superfície con la estructura vertical, lo que esperamos potencie la utilización de las imágenes obtenidas desde sensores remotos para el entendimiento de éste fenómeno, cuya dimensión y variabilidad hacen idónea esta metodología.

## 6.4. El polvo sahariano y su observación

Los aerosoles se presentan en la atmósfera debido a erupciones volcánicas -gotas de anhídrido sulfuroso principalmente-, ó por tormentas de polvo en los desiertos, que cargan las capas medias y bajas de la troposfera de partículas silícicas-, y por la acción del hombre - de composición muy variable-. El efecto de estos aerosoles es el de atenuar la radiación que llega a los sensores dando lugar a importantes desviaciones en la determinación radiométrica de la temperatura. En el caso de los aerosoles volcánicos, su efecto ha sido parametrizado (Walton, 1985\*; Griggs, 1985\*) con lo que se han podido desarrollar algorimos (split window) que tienen en cuenta este tipo de aerosoles, para los periodos que coinciden con las erupciones mas importantes como las del Pinatubo en junio de 1991 o la del Chichón en abril 1984.

De este modo, el potencial de uso de los sensores remotos infrarrojos descansa finalmente sobre el conocimiento de los factores ambientales, especialmente atmosféricos (humedad atmosférica, aerosoles ...) que acompañan a la adquisición de la escena, dado que la atmósfera no es transparente a la radiación electromagnética. Es por eso que la NOAA lleva a cabo un programa continuado de ajuste de los algoritmos empleados para la obtención de temperaturas con su sensor AVHRR, usando sensores de temperatura instalados en boyas fijas y a la deriva y tambien en buques de oportunidad distribuidos alrededor del océano mundial (REYNOLDS, 1991).Obteniendo con estos la temperatura real del océano a partir de la cual se ajustan las temperaturas obtenidas por satélite. Sobre esta base evolucionan los sistemas de proceso de datos de satélite,

© Del documento, los autores Digitalización tealizada por ULPGC. Bibliotecs Universitaria, 2006

incorporando adicionalmente el uso de radiosondeos obtenidos simultaneamente a las imágenes por el propio satélite mediante instrumentos como el TOVS, (BROWN, ET.AL., 1991), (MCCLAIN, ET. AL., 1985).

Estos esfuerzos han venido dando su fruto en la corrección atmosférica de las imágenes infrarrojas de satélite, principalmente en lo que se refiere al efecto del contenido de vapor de agua de la atmósfera, sin embargo, en lo que respecta al contenido atmosférico de aerosoles el problema sigue abierto (MAY, ET.AL., 1992). A escala global, la precisión absoluta del AVHRR en la estimación de la TSM se cifra en 0.7°C con respecto la determinación hecha mediante las medidas in situ (MAY, ET AL.op.cit).

La zona del noroeste africano donde desarrolla su actividad el B/H Esperanza del Mar, puede considerarse situada prácticamente, en el núcleo del área por donde se produce la entrada de polvo sahariano a la atmósfera, a la vez que sobre ella cae una importante fracción de éste polvo, (SCHÜTZ, 1979)

Esta circunstancia presenta un doble nivel de interés, de un lado, la evaluación de la cantidad y efectos que producen en el propio área y de otro, la dificultad que introduce para la utilización de imágenes observadas remotamente, tales como las impurezas técnicas ó de color, según su escala de medidas. De ahí que, en estos años de observación la necesidad del conocimiento de los aerosoles atmosféricos se halla evidenciado de forma clara, dedicando a ello una atención y esfuerzo creciente. En lo que sigue se referencian dos de los experimentos realizados en ésta dirección:

## 6.4.1 Utilización de boyas con sensores a la deriva.

El espesor óptico debido a los aerosoles (continentales) puede ser estimado a partir de medidas realizadas desde el canal 1 del AVHRR (0.58-0.68 m) dado que existe una relación prácticamente lineal entre el espesor óptico normal y la radiancia reflejada en este canal para un ángulo de visualización y para uno de iluminación solar dados (GRIGGS, 1975). En base a las tablas aportadas por el autor en las que se recoge el espesor óptico t, en función de los ángulos zenitales solar y del satélite.

Estas metodologias se han aplicado para ajustar las temperaturas a escala global en alguno de los algoritmos, todavia experimentales como CPSST, usados por NOAA. En general, el análisis se efectúa sobre áreas de 8x8 km basados en escenas GAC y estimados para periodos relativamente largos. Asi el NCDC genera mapas globales de tav semanales. (Figura.27,arriba). A la hora de analizar imágenes AVHRR en zonas frecuentemente afectadas de polvo como nuestra área de estudio, debe tenerse en cuenta el efecto de los aerosoles para no cometer subestimaciones en la determinación de la TSM por satélite.

Inf. Téc. Inst. Canario Cienc. Mar.n 2



Fig.27(arriba). Espesor óptico normal, medido mediante el canal 1 del sensor AVHRR, promediado para la semana del 30 de junio al 6 de julio de 1990. Los contornos representan la atenuación de la radiación en dicho canal expresados en tanto por ciento.

Fig 27(abajo). Selección de las ventanas libres de contaminación nubosa correspondientes a las posiciones de las boyas derivantes, para el periodo de estudio. El criterio se basa en establecer un umbral en la desviación estandar de las temperaturas de cada pixel dentro de las ventanas, solo los puntos situados bajo la linea de puntos son usados en el análisis. Los números que acompañan a las observaciones corresponden al momento de adquisición de la medida expresados en dias del año 1990.

La posibilidad de estudiar los registros obtenidos por algunas boyas derivantes, de las que habitualmente son empleadas para el ajuste de los algoritmos de TSM, que fueron lanzadas al Sur de las Islas Canarias durante el verano de 1990 facilitó, sin duda, la comprensión de los fenómenos atmosféricos que estan generando incertidumbres en la determinación por satélite de la estructura térmica superficial del mar. En este sentido se determinó el efecto de estos factores atmosféricos sobre los mapas de temperatura superficial del mar, comparando estos datos medidos in situ con los obtenidos mediante imágenes coincidentes de satélite. Determinándose la influencia de varios factores como son: el contenido de aerosoles de la Atmósfera, la diferencia de temperaturas entre la superficie del mar y las capas mas bajas de la atmósfera en contacto con ellas (DTAO) (MAY, ET AL. 1993), el campo de presiones atmosféricas y el viento.

El subconjunto de datos utilizado no se ha empleado para los análisis globales de sensibilidad de los algoritmos TSM por estar afectadas por la presencia eventual de polvo sahariano. Se presentan aquí los resultados obtenidos usando cuatro de estas boyas derivantes desarrolladas por la marina norteamericana (PICKETT, 1990), liberadas al sur de Canarias desde un avión el 16 de junio de 1990. Las diecinueve imágenes de AVHRR encontradas para el periodo de operación de las boyas corresponden a mapas de temperatura superficial del mar completamente procesadas (nivel 3) en NESDIS ORA, siguiendo el algoritmo (split window) propuesto por MCCLAIN (1989) en el que se tiene en cuenta la elevación solar. El hecho de no contar con las medidas en cada canal impide que podamos comparar el efecto de los aerosoles sobre los diversos algoritmos de obtención de TSM, debiendo restringirnos al estudio del efecto de éstos sobre el algoritmo mencionado. Para el mismo periodo, también se han consultado los mapas de espesor óptico semanal producidos por NCDC a partir del canal 1 del AVHRR y las tablas de espesor óptico de Griggs. Por último, para eliminar la incertidumbre en la TSM debido al calentamiento excesivo de la capa de piel del océano para una superficie marina completamente en calma, se han empleado medidas del campo de vientos sobre la superficie del mar obtenidas por barcos de oportunidad, que operaban en el área en el periodo estudiado, que transmiten sus observaciones a la oficina meteorológica Británica (UKMO), quien los edita y distribuye dentro del marco del proyecto TOGA, (FINCH, 1994).

D Dei documente, los autores. Digitatización réalizada por ULPGC, Biblioteca Universitaria, 2008.

Los autores reseñados han seguido para encontrar las coincidencias imagenboya el criterio general que proponen STRONG Y MCCLAIN,(1984) aceptando como buenos una diferencia entre las observaciones de 4 horas y 25 Km. Estos criterios se siguen persiguiendo unos objetivos a escala global, que no son los mas apropiados para zonas costeras como nuestra área de estudio donde se dan grandes variaciones en la diferencia de temperaturas DTAO con respecto a su valor medio. El criterio seguido aqui, es de coincidencia exacta en el tienpo, que es una de las posibilidades que ofrecen estas boyas provistas de sistema ARGOS DCP, y coincidencia total en la posición, si bien se ha hecho que cada posición una vez corregistrada sobre la imagen defina un área cuadrada de 9 pixels (6x6 km) cuya temperatura promedio es la que se compara con la obtenida por

ento, las autores. Digitalización realizada por ULPGC, Biblioteca Universitaria, 2008

la boya. El empleo de las ventanas de nueve pixels nos permiten, empleando criterios estadísticos seleccionar áreas francamente libres de contaminación por nubes (figura 27,abajo). Asi, por ejemplo, una ventana libre de nubes tiene una distribución normal de temperaturas, lo que no se da para ventanas parcialmente contaminadas por nubes, o en bordes de nubes, que siguen otro tipo de distribuciones.

Las boyas empleadas desarrolladas por NORDA organismo de la US Navy, para la ayuda a la navegación son dispositivos cilíndricos dotados de una draga de 8m, con 1.5 m de longitud emergida lo que les hace útiles para seguir el movimiento de las masas de agua superficiales. Van equipadas con sensores para la presión atmosférica, la temperatura del aire y la temperatura del agua del mar medida a una profundidad aproximada de 1m. Los valores que van registrando son promediados a intérvalos de 10 minutos. Cuando un satélite de la serie NOAA sobrevuela una de estas boyas recoge los datos que éstas han almacenado en las últimas horas, al tiempo que su posición es fijada con un error de unos 300m. Estos satélites son los que simultaneamente adquieren las imágenes de temperatura superficial. Los datos son almacenados en el satélite hasta que este los descarga en el centro de control de ARGOS en Lanion, Francia.

Los intérvalos de tiempo a los que estos datos son registrados son variables desde pocos minutos hasta varias horas dependiendo de la efemérides de los satélites. Las cuatro boyas a las que se ha tenido acceso tienen las características reseñadas en la tabla III.

Identificador	Punto de Lanza- miento	Lanzamiento (dias del año)	Ultimo registro (dias del año)
B12412	14.07W28.01N	167.793 (16 junio)	232.667 (20 agos- to)
B12413	14.70W27.48N	167.792	274.699 (1 octu- bre)
B12414	15.74W27.50N	167.791	242.663 (30 agos- to)
B12415	16.00W27.99N	167.789	233.664 (21 agos- to)

TablaIII.: Características del conjunto de boyas empleado

62



2006

i por ULPGC, Basis

E Del documenio, los autores. Digitalizado



Fig.29. Recta de regresión entre las temperaturas obtenidas por los sensores de las boyas y las obtenidas mediante el sensor AVHRR del satélite NOAA-11. Los pixels con contaminación nubosa fueron eliminados del análisis.

Las 19 imágenes razonablemente libres de nubes utilizadas, corresponden a pases de mediodia (entre las 15 y 16 hora local) del satélite NOAA-11 y cubren el periodo del 20 de junio al 20 de julio de 1990. Estas imágenes se han proyectado sobre un sistema cónico conforme de Lambert, dando una resolución espacial final de 2x2 km/pixel. La precisión relativa en la temperatura, asumimos que es de 0.5°C.

Bajo las condiciones de viento observadas, que agitan la superficie del mar en este periodo, se da una capa de mezcla homogénea de al menos 50 m de profundidad, lo que se ha comprobado a partir de medidas con XBT realizados en el área de estudio (Tabla I). Con esto puede asumirse que la temperatura medida por los sensores de los dispositivos derivantes corresponde a la temperatura superficial del mar, despreciando las diferencias que puedan darse entre la temperatura de la piel del océano y la temperatura de la capa superficial, (ROBINSON, 1985) y (EMERY, ET.AL, 1993)

La figura 28, muestra las trayectorias seguidas por los dispositivos lagrangianos en el interior de la ventana de estudio, la figura 30 muestra algunas de las imágenes de TSM disponibles para el mismo periodo.

Las imágenes que se presentan muestran la típica señal del afloramiento de aguas subsuperficiales, frias y ricas en nutrientes, en la costa de Africa y por tanto un gradiente superficial de temperaturas en dirección perpendicular a la costa y sentido hacia el continente. Este gradiente evoluciona en periodos cortos de tiempo en respuesta a las pulsaciones de los Alísios (GONZÁLEZ MUÑOZ, 1995);(PÉREZ-MARRERO ET AL, 1995) con lo que en general una mayor extensión de la señal de las aguas afloradas es consecuencia de un aumento en la intensidad del viento que la genera durante los dos a tres dias precedentes, por contra, una relajación en dicha señal, es la consecuencia de una caida súbita en la intensidad del viento. Estos fenómenos tienen un tiempo de respuesta del orden de 24 horas o inferior.

Al estudiar una serie de transectos perpendiculares a la costa para el conjunto de imágenes disponibles llama la atención en las imágenes correspondientes a los dias 29 de junio y 1 de julio (dias julianos 181 y 183) temperaturas en la costa africana sensible- mente inferiores a las de el resto de la serie llegándose hasta 12°C, lo cual es verdaderamente improbable que ocurra. También puede apreciarse en los mismos transectos como estas temperaturas frías anómalas se van desvaneciendo a medida que nos alejamos de la costa.

La observación anterior puede explicarse con los gráficos de la figura 31, en ellos se representa la comparación de las temperaturas marinas obtenidas por el satélite y cada una de las boyas, parte superior, en los que se manifiesta claramente un máximo en la diferencia de ambas temperaturas para los dias señalados, lo que ocurre para todas



Fig.30. Imágenes de temperatura superficial del mar, obtenidas mediante el sensor AVHRR a bordo del satélite NOAA-11. Correspondientes al periodo de operación de las boyas derivantes, equipadas con sensores para la medida de los parámetros ambientales que acompañaron a la adquisición de las imágenes- presión atmosférica y temperatura del aire a nivel de superficie, así como la temperatura del mar a una profundidad aproximada de 1m. Las medidas correspondientes fueron comparadas para establecer la influencia de éstos parámetros sobre la temperatura superficial del mar medida desde el satélite. La ventana mostrada cubre un área aproximadamente de 1000000 Km<sup>2</sup>. Las imágenes han sido codificadas en falso color para favorecer su interpretación visual. El área cubierta por cada pixel es 4 Km<sup>2</sup>, aproximadamente mientras que la sensibilidad de la medida se asume igual a 0.5<sup>e</sup> C.



fig.31: parte superior, temperatura medidas por los sensores de las boyas (\*) y medidas mediante satélite (+) para cada una de las boyas estudiadas a lo largo del tiempo, en dias julianos. Parte inferior: medidas realizadas por cada uno de los sensores instalados en las boyas: presión atmosférica (línea de puntos), temperatura del aire (trazos) y temperatura del agua (linea sólida). Los días en los que se dispone de medidas de satélite se representan mediante las lineas verticales.

Del documento, los autores. Digitalizados realizada por ULPGG. Biblioteca Universitaria, 2006

las series analizadas y que esta diferencia es mayor a medida que nos aproximamos a la costa (en el sentido B12415, B12414, B12413, B12412). Hay que notar que los datos de la boya nombrada 12414 no muestran fiabilidad alguna debido a irregularidades en el funcionamiento del sensor.

En las partes inferiores de la misma figura, se representan los valores de temperatura obtenidos por los dos sensores (temperatura del agua y del aire) instalados en cada boya en los mismos instantes en los que fueron sobrevolados por los satélites NOAA, señalados por lineas verticales. Se ha representado en azul la presión atmosférica (en mbar), en rojo la temperatura del aire, medida aproximadamente a un metro sobre la superficie del mar. La linea negra representa la temperatura del agua del mar medida a una profundidad aproximada de un metro.

Se observa que, para todo el conjunto de medidas, la temperatura del aire es superior, oscilando esta diferencia entre 0 y 2.48°C, presentando un valor medio de 1.07°C con una desviación estandar de 0.65°C. Puede verse que para el periodo entre el 29 de junio y el 1 de julio un cambio de tendencia en la presión atmosférica, y a partir de ese momento, un aumento en la diferencia de temperaturas atmósfera océano (DTAO). Este fenómenc es especialmente significativo en las boyas que evolucionan en las cercanias de la costa del continente (B12412 y B12413).

Se ha investigado la relación entre los parámetros medidos in situ por las boyas y entre éstos y la temperatura obtenida mediante satélite asi como las diferencias de valor en la temperatura superficial obtenida por ambos métodos. En la Tabla IV, se da un resumen de los resultados del análisis de correlación entre las temperaturas obtenidas por la boya y el satélite. En la figura 29, se presenta la recta de regresión obtenida usando todas las coincidencias que pasan el análisis de nubosidad y eliminando aquellas en las que la carga de aerosoles en la atmósfera fue elevada.

Boya	nº de coinc.	r	s <sup>2</sup>	<tb-ts></tb-ts>	
B12412	6	0.92	0.51	1.3	
B12413	4	0.80	0.18	bia	
B12414	6	0.46	0.83	1.1	
B12415	9	0.92	0.26	1.2	
Todas	23	0.84	0.21	1.2	

Tabla IV: Resultados del análisis de regresión de temperaturas del mar por satélite e in situ.

ID Del documento, los surjores. Digitalización regizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2008.

Al comparar las diferentes medidas realizadas por las boya, aparece claramente una proporcionalidad inversa, con fuerte correlación,  $r^2=0.91(DTAO=-0.0123*P)$ n=46 s2=0.292 entre la DTAO y la presión atmosférica, también existe una débil correlación lineal entre esta DTAO y la diferencia entre las temperaturas obtenidas mediante la boya y el satélite ( $r^2=0.51$ ) (n=46 s2=0.928). Estas relativas disminuciones en la presión atmosférica son seguidas generalmente por moderados aumentos de la temperatura del mar, medida por la boya, y por grandes aumentos en la DTAO.

Las diferencias de temperatura entre las boyas y el satélite presentan una componente zonal disminuyendo a medida que nos desplazamos al oeste, siendo máximas al sur y al abrigo de Fuerteventura y en las proximidades de la costa de Africa. Se han detectado disminuciones relativas en la presión atmosférica cuando se producen intrusiones de polvo en las capas bajas de la atmósfera, sin embargo, los vientos medidos a nivel de superficie por los barcos de ocasión no se aprecia un excesivo aumento de la componente Este.

Los aumentos en la DTAO así como los cambios en la presión atmosférica estan relacionados con las mayores desviaciones entre la temperatura medida por el satélite y la temperatura medida in situ hasta 3.9°C. Las desviaciones son mayores en la proximidad del continente africano, como se ha dicho.

## 6.4.2. Observación de la Transmitancia Atmosférica

La presencia de aerosoles atmosféricos puede cuantificarse también pormedidas directas de la transmitancia atmosférica, usando fotómetros solares. El número de observaciones realizadas con instrumentos de ésta naturaleza sobre el mar no son realmente abundantes y en general, se han realizado desde islas (MORALES, 1979) en la zona en torno a Canarias las medidas al nivel del mar son escasas y esporádicas.

La posibilidad de usar el área de trabajo del EDM para realizar el ensayo en barco de un fotómetro solar desarrollado por la Universidad de Arizona, conjuntamente con otro más, contratado para operación en barco, desarrollado por el Instituto de Optica Atmosférica de Tomsk (Siberia), se presentó como de gran interés y la mejor forma de introducir de forma práctica estas observaciones en nuestro programa.

Adicionalmente, la calibración simultánea en altura que se pudo desarrollar gracias a la colaboración del Instituto de Astrofísica de Canarias, en sus instalaciones de Izaña, fué el complemento adecuado que completó el programa.

La dispersión física de los grupos implicados en Tomsk, Arizona, Washington y Gran Canaria, así como el nº de datos recogidos, hace que todavía estemos en pleno análisis de los mismos. La evaluación preliminar realizada señala el potencial de la observación y algunos problemas en la operatividad del instrumento americano desde el barco. Un resumen de la actividad realizada se puede encontrar en Clemente-Colón, et al (1994).

## 6.5. Variabilidad del Afloramiento y Operación de la Flota Pesquera.

Como se ha indicado en los apartados iniciales, los resultados que se presentan en éste trabajo son consecuencia directa de la operatividad del B/H Esperanza del Mar en la zona y ésta presencia es consecuencia de la importancia que a flota española tiene en el área, que es acompañada de otras flotas internacionales no menos importantes que la española, y como se dijo, la actividad de esta flota está ligada a la existencia del fenómeno de afloramiento que tratamos de estudiar, de éstas consideraciones se deduce inmediatamente que la propia flota y su actividad son de alguna manera indicativas del afloramiento, y en cualquier caso, el tratar de establecer relaciones entre el afloramiento y sus parámetros definidores y la actividad de la flota son un objetivo casi permanente en la investigación oceanográfica.

En esta situación, y tras considerar las diversas alternativas para obtener datos de las operaciones de las flotas que operaban en el área, no aparecian fórmulas viables para tener acceso a un mínimo de información razonable que pudiera ser utilizada en conjunción con los datos a obtener del Esperanza del mar.

Las conversaciones con el capitán y oficiales del Esperanza del Mar y su talante de permanente colaboración hicieron aparecer lo que se convirtió en un parámetro básico de información en nuestro programa para determinar la actividad de la flota y que hemos definido como el "número de barcos", este término indica el número real de barcos situados en un radio de 12 millas en torno al Esperanza del Mar, que son contados en la pantalla del radar al mismo tiempo que se realizan las tomas de muestras y se determinan los demás parámetros.

La simultaneidad de la observación, ha permitido construir una base de datos de este parámetro absolutamente paralelo a los demás (dado que no requiere como elemento de realización mas que la operatividad del radar y ésta es consustancial con la navegación segura, es el parámetro de observación más completa de todos los determinados) y por tanto, se ha podido someter al mismo tipo de análisis estadístico que se ha realizado.

Al hacer el estudio del primer año de observaciones que había sido establecido como periodo de prueba y cuyos resultados indicaron la conveniencia de continuar el proyecto, se observó una relación inicial entre la distribución de parámetros como la temperatura y la salinidad (indicadores básicos del afloramiento) y la distribución de la flota.





Esta relación no es especialmente novedosa, en cuanto a la flota dedicada a la pesca pelágica, sardina, caballa, chicharro,etc, que ya había sido establecida con carácter general para la zona de la costa noroccidental africana, por los trabajos realizados de SCHEMAINDA, ET AL. ETAL.(1975) sin embargo, dado que nuestro parámetro nº de barcos no distingue el tipo ni la actividad a que se dedican y que en el área de operación una parte importante de las flotas están dedicadas a la pesca de cefalópodos y otras especies bentónicas, se planteaba una duda básica, o la flota dedicada a los pelágicos condiciona de una forma mas importante que las otras a nuestro indicador por su mayor movilidad por ejemplo, o la distribución de cefalópodos tiene también alguna relación con los parámetros indicadores del afloramiento que se habían medido.

Esta consideración se trató de esclarecer aprovechando el desplazamiento a la costa de Guinea Konakri de una parte de los barcos que pescaban en el área de operaciones del EDM, de los cuales se tuvo acceso a la información detallada de sus capturas gracias a la colaboración de la agrupación de armadores ANACEF.

El estudio realizado permitió establecer que efectivamente la distribución de la flota dedicada a la pesca de cefalópodos podía asociarse a la distribución de temperaturas frías indicadoras de afloramiento en la zona de Guinea Konakri (LLINÁS ET AL., 1996).

Con estas consideraciones, la observación de la serie de 10 años de la distribución del nº de barcos presentada en la figura 32, muestran algunas características de interés general que abren cuestiones de importancia para su interpretación.

Así, es notable señalar como en los primeros años desde 1985 a 1966, el núcleo de concentración de la flota se produce en la franja de latitud entre el 23° y 24°, y como a partir de 1990 se produce una ampliación de la zona de máxima concentración hasta 25°N, apareciendo incluso en algunos años las máximas concentraciones en la franja entre 24° y 25°N.

En los análisis preliminares realizados no se ha encontrado ninguna explicación a este desplazamiento latitudinal de la concentración promedio de barcos operativos en el área, sin embargo, resulta muy evidente la relación entre la dispersión cíclica de la flota y la disminución de las condiciones favorables del afloramiento, reflejado en los diagramas de temperatura y salinidades superficiales, ya que, ésta dispersión se produce coincidentemente con un aumento relativo de la temperatura y mas claramente de las salinidades, lo cual viene a confirmar el papel indicador de los tres parámetros. El análisis detallado que se inicia tras éste informe, permitirá sin duda avanzar en el mejor conocimiento de la relación entre la variabilidad del afloramiento y la actividad de la flota pesquera.

## 7. CONSIDERACIONES FINALES

A lo largo de éste informe, se ha tratado de mostrar el conjunto de la actividad realizada en los diez "primeros" años de estudio desde el Esperanza del Mar y señalar el potencial que el análisis de los datos obtenidos muestran.

Se inicia el estudio interactivo de estos resultados, esperando que lo que ahora son indicios de posibilidades se confirmen en aportaciones de interés para el conocimiento de la zona y su participación en procesos mas generales.

La visión conjunta de los realizado indica con claridad que la utilización del B/H Esperanza del Mar para estudiar oceanografía en su área de operación, lo convierte en una plataforma única y del mayor interés.

Resulta también evidente, de la experiencia realizada que debería ampliarse la observación mediante el diseño y puesta en funcionamiento de un sistema instrumental autónomo que aproveche mas exhaustivamente el tiempo de operación del barco y complemente el programa de observaciones que se puede diseñar en cada caso.
# **BIBLIOGRAFÍA**

ALLEN, T.F.H.; KOONCE, J.F. (1980). Multivariate approaches to algal stratagems and tactics in systems analysis of phytoplankton. *Ecology*, 54, 6.

ARINO, O.; MELINOTTE, J.M.; BUONGIORNO, A.; PITELLA. (1994). ESA/ESRIN AVHRR Data production and access from acquisition to delivery. ISPRS, Val d'Isere, Physical measurements and signatures in remote sensing 17 to 21 January 1994.

BARTON, E.D. (1982). Medium-scale water-mass structure near Cape Corveiro, Northwest Africa, in March 1974. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer, 180, 65-72.

BARTON, E.D. (1985). Structure and variability of the Central water mass front off Cabo Blanco. October 1981-April 1982. Simp. Int. Afl. OAfr., Ins. Inv. Pesq., Barcelona, 1, 38-49.

BARTON, E.D. (1987). Meanders, eddies and intrusions in the thermohaline front off Nortwest Africa. Oceanologica Acta, 10, 3, 267-283.

BARTON, E.D.; HUDGHES, P. (1982). Variability of Water mass interleaving off N.W. Africa. Journal of Marine Research, 40, 4, 963-984.

BARTON, E.D.; HUYER, A.; SMITH, R.L. (1977). Temporal variation observed in the hidrographic regime near Cabo Corveiro in the northwest African upwelling region, February to April 1974. Deep-Sea Research, 24, 7-23, 127.

BROWN, O. B.; EVANS, R. H.; CORNILLON, P. (1991). Satellite-derived global sea surface temperature fields 1982-1989. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology (Global and Planetary Change section)*.

BULGAKOV, N.P.; POLONSKY, A.B.; POPOV, YU. I.; ARTAMONOV, Y.V.; NIKIFOROVA, V.P. (1985). Variability of temperature field off the North-Western Coast of Africa. En: Simp. Int. Afl. O Afr., Inst. Inv. Pesp., Barcelona., I, 78-92.

CASTAGNE,N.; LE BORGNE,P.; LE VORUCH,J.; ORLY,J.P. (1986). Operational measurements of sea surface temperature at CMS Lanion from NOAA-7 AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 5, 855-860.

CLEMENTE-COLON, P.; LLINÁS, O.; SAKERIN, S. (1994). Sun-photometer observations over the Northwest African Region. ORA/NESDIS/NOAA-ICCM Report, 24 pp.

CROMPTON, T.R. (1989). Analysis of Seawater. Butterworths, London, 423 pp.

CRUZADO, A.; SALAT, J. (1981). Interaction between the Canary Current and the bottom topography. *Coastal Upwelling*, Richards, F.A. (ed), 1, 167-175.

DEMARCQ, H.; DIOP, E.S; CITEAU, J.; PEZIN, A. (1993). Spatio-Temporal evolution of the coastal upwelling in the Senegalese and Mauritanian litoral. *IV Módulo de aprendizaje sobre base informátic. MARINF/90. UNESCO*, 35-42.

EMERY, W. J., KANTHA, L. A.; WICK, G. A.; SCHULESSEL, P. (1993). The Relationship between bulk and skin sea surface temperatures in satellite Remote Sensing of the Oceanic environment. Jones, Sugimori and Stewart (eds), Seibutsu Kenkyusha, Tokio.

EMERY, W.J.; MEINCKE, J. (1986). Global water masses: Sumary and review. Oceanol. Acta, 9, 4, 383-391.

FINCH, C. (1994). TOGA CDROM Users' Guide. Jet propulsion laboratory. Physical Oceanography distributed Active Archive center. JPL-D-11538.

FIUZA, A.F.G.; HALPERN, D. (1982). Hydrographic observations of the Canary Current between 21°N and 25°N in March/April 1974. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer, 180, 58-64.

FRAGA, F. (1974). Distribution des Masses D'eau dans L'upwelling de Mauritanie, Tethys, 6 (1-2), 5-10.

FRAGA, F.; BARTON, E.D. LLINAS, O. (1985). The concentration of nutrient salts in pure North and South Atlantic Central Waters. *Simp. Int. Afl. O Afr.*, Ins. Inv. Pesq., Barcelona, 1, 25-36.

GARSIDE, C. (1993). Nitrate reductor efficiency as an error source in seawater analysis. Mar. ('hem., 44, 1, 25-30.

GONZALEZ-MUÑOZ, A.(1995). Análisis de la variabilidad espacio temporal del afloramiento del noroeste africano. *Tesis doctoral*, departamento de física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

GRASSHOFF, K. (1976). Methods of seawater analisis. Verlag chemie, Weinheim, 317 pp.

GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. (1983). Methods of seawater analisis. Grasshoff, K. Ehrhardt, M. and Kremling, K. (eds), Verlag chemie, Weinheim, 419 pp. GRIGGS, M. (1975). Measurement of atmospheric aerosol optical thickness over water using ETS-1 data . APCA J., 25, 622-626.

GRIGGS, M. (1985). A Method to correct satellite measurements of sea surface temperatures for the effects of atmospheric aerosols. *Journal of Geophysical Research*, 90, 12951-12959

HALPERN, D.; SMITH, R.L.; MITTELSTAEDT, E. (1977). Cross-shelf circulation on the continental shelf off Northwest Africa during upwelling. J. Mar. Res., 4, 787-796.

HEMPEL, G. (1982). The Canary Current: Studies of an upwelling system. Rapp. P.-v. Réun. Cos. int. Explor. Mer, 180, 7-8.

HERNANDEZ-GUERRA, A. (1990). Principales fenómenos oceanográficos en la zona de Canarias observados al procesar imágenes de los sensores AVHRR y CZCS, III Reunión Científica del Grupo de Trabajo en Teledetección, Madrid 17-17 Oct. 1989, Pacheco, C & J.L. Labrandero (eds), 1990, 301-308.

HUGHES, P.; BARTON, E.D. (1974). Stratification and water mass structure in the upwelling area off N.W. Africa in April-May 1969. Deep-Sea Res., 21, 611-628.

realizada por ULPGC: Biblioteca Universitaria,

los autores. Digitais

HUYER, A.A. (1976). Comparison of upwelling events in two locations: Oregon and Northwest Africa. Journal of Marine Research, 34, 531-546.

JOHNSON, D.R.; BARTON, E.D.; HUGHES, P.; MOOERS, C.N.K. (1975). Circulation in the Canary Current region off Cabo Bojador in August 1972. Deep-Sea Res., 22, 547-558.

JONES, B.H.; HALPERN, D. (1981). Biological and physical aspects of a coastal upwelling event observed during March-April 1974 off Northwest Africa. *Deep-Sea Research*, 28A, 71-81.

JONES, P.G.W.; FOLKARD, A. F. (1970). Chemical oceanographic observations off the coast Norh-West Africa with especial reference to the process of upwelling. Rapports et Proces-Verbaux des Reunions. Conseil permanent international pour l'exploration de la mer, 159, 38-60.

KOROLEFF, F. (1983a). Determination of dissolved inorganic phosphate. In Methods of Seawater Analysis . K. Grasshoff, A. Ehrhardt and K. Kremling (eds), Verlag Chemie, 126-129.

KOROLEFF, F. (1983b). Determination of dissolved inorganic silicate. In Methods of Seawater Analysis . K. Grasshoff, A. Ehrhardt and K. Kremling (eds), Verlag Chemie, 175-180.

© Del documento: los autores: Digtalización (salizata por ULPGC: Bolacinos Universitade, 2006

KRAUSS, W.; WUEBBER, CH. (1982). Response of the North Atlantic to annual wind variations along the eastern coast. Deep-Sea Research, 29, 7A, 851-868.

KREMLING, K.; WENCK, A.(1986). On the storage of dissolved inorganic phosphate, nitrate and reactive silicate in Atlantic Ocean water samples. *Meeresforsch*, 31, 69-74.

LAURITSON, L.; NELSON, G.J.; PORTO, F.W. (1979). Data extraction and calibration of TIROS-N/NOAA radiometers. NOAA Tech. Memo. NESS 107.

LE FLOCH, J. (1974). Quelques aspects de la dynamique et de l'hydrologie des couches superficielles dand L'Ouest marocain. Campagnes CINECA-CHARCOT I et III. *Thesys* 6, 53-68.

LE TACONNOUX, R.; WENT, A.E.J. (1970). Symposium sur les ressources vivantes du plateau continental Atlantique Africain du détroit de Gibraltar au Cap Vert. Rapports et Procés-Verbaux des Réunions, 159, 275 pp.

LLINÁS, O.; FRAGA, F.; BARTON, E.D.(1985). Nutrient distributions in the Central water mass front near Cabo Blanco, october 1981. Simp. Int. Afl. O Afr., Ins. Inv. Pesq., Barcelona, I, 26-37.

LLINÁS, O.; RUEDA, M.J.; PÉREZ-MARTELL, E. (1990). Aportación de la teledetección a la cuantificación de algunos fenómenos de interés en Canarias. En. III reunión científica del frupo de trabajo en teledetección. C. Antón-Pacheco y Labrandero, J.L. (eds), 327- - 336. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid.

LLINÁS, O.; PÉREZ-MARRERO, J.; CLEMENTE-COLON, P. (1996). Estudio de las capturas de Octopus en la costa de Guinea Conaky en relación a las distribuciones térmicas superficiales observadas desde satélite. En Oceanografia y Recursos Marinos en el Atlántico Centro-Oriental, O. Llinás, J.A. González y M.J. Rueda (eds). Instituto Canario de Ciencias Marinas, Las Palmas de G.C., 641-658.

MANRIQUEZ, M.; FRAGA, F. (1982). The distribution of water masses in the upwelling region off Northwest Africa in November. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 2*, 180, 39-47.

MARGALEF, R.; ESTRADA, M. (1980). Las áreas oceánicas más productivas. Investigación y ciencia, 49, 8-20.

MARTÍNEZ MILAN, J.M. (1992). Las pesquerías canario africanas (1800-1914). CIES, Las Palmas, 108 pp.

MAY, D.A.; STOWE, L.L.; HAWKINS, J.D.; MCCLAIN, E.P. (1992). A correction for saharan dust effects on satellite sea surface temperature. *Journal of Geophysical Research*, 97, C3, 3611-3619.

MAY, D.A.; HOLYER, R.Y. (1993). Sensitivity of satellite Multichannel sea surface temperature retrievals to the Air-Sea temperature difference. *Journal of Geophysical Research*, 98, C7, 12567-12577.

MCCLAIN, C.R.; ESAIAS, W.E.; FELDMAN, G.; ELROD, J.; ENDRES, D. (1990). Physical and Biological Processes in the North Atlantic during the First GARP Global Experiment. *Journal of Geophysical Research*, 95, C10, 18027-18048.

MCDONALD, R.W.; MCLAUGHLIN, F.A. (1982). The effect of starege by freeging of disolute inorganic phosphate, nitrate and reactive silicate for samples from coastal and internal water. *Water Research*, 16, 95-104.

MEINCKE, J.E.; MITTELSTAEDT, E.; HUBER, K.; KOLTERMANN (1975). Currents and stratification in the upwelling area of northwest Africa. Deutsches Hydrographische Institut. Meeresdundiche Beobachtungen und Ergebnisse No.41, 177 pp.

MINAS, H.J.; CODISPOTI, L.A.; DUGDALE, R.C. (1982). Nutrients and primary production in the upwelling region off Northwest Africa. *Rapp. P.-v. Réun. Cons int. Explor. Mer*, 180, 148-183.

MITTELSTAEDT, E. (1982). Large-scale circulation along the coast of Northwest Africa. Rapp. P.-v. Réun. Const. int. Explor. Mer, 180, 50-57.

MITTELSTAEDT, E. (1983). The upwelling area off northwest Africa. A description of phenomena related to coastal upwelling. *Prog. Oceanogr.*, 12, 307-330.

MITTELSTAEDT, E. (1986). Upwelling Regions. En: Landolt-Börnstein, New Series, Group V. 3 c, Oceanography, Sündermann, J. (ed), Springer-Verlag, Berlin, 135-166.

MITTELSTAEDT, E. (1991). The ocean boundary along the northwest African coast: Circulation and oceanographic properties at the sea surface. Prog. Oceanog., 26, 307-355.

MITTELSTAEDT, E., PILLSBURY, D.; SMITH, R.L. (1975). Flow patterns in the Northwest African upwelling area. Dt. Hydrogr. Z., 28, 145-167.

MOLINA, R. (1981). Hidrología y corrientes en la región Canario-Marroquí, entre Cabo Jubi y Cabo Sim. Campaña CINECA I. IV Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, Comunicaciones, 1167-1195. MOLINA, R. Y LAATZEN, F.L. (1986a). Hidrología en la región comprendida entre las Islas Canarias Orientales, Marruecos y las Islas Madeiras. Campaña <Norcanarias I>. Bol. Inst. Esp. Oceanogr., 3, 1-16.

MORALES, C. (1979). Saharan Dust. John Wiley & Sons, Chichester, 297 pp.

MURPHY, J.; RILEY, J.P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta, 27, 31-36.

NYDAHL, F. (1976). Talanta, 23, 349-357.

PARSONS, T.R.; MAITA, Y; LALLI, C.M. (1984). A manual of chemical and biological methods for seawaters analysis. Pergamon Press ed. 187 pp.

PÉREZ-MARRERO, J; LLINÁS, O.; CLEMENTE-COLÓN, P. (1995). Sea surface observations in the area between Canary Islands and the Northwest African Coast using AVHRR and sensor equiped drifters. In *Remote Sensing in Action: Preceedings of the 20 th annual* conference of the Remote Sensing Society. Southampton. Curran, P.J. and Robertson, C. (eds).

PICKETT, R.L.; SELSOR, H.D.; MCADAM, A.C. (1990). Us Navy Tests of suonobuoy-sized Oceanographic buoys. Naval Oceanographic and Atmospheric Laboratory. Technical note nº 90.

REYNOLDS, R.W. (1991). Sea surface temperatures analysis from in situ and satellite data. Paleogeography, *Paleoclimatology*, *Paleoecology* (Global and Planetary Change section), 90, 183-187. Elsevier Science Publishers-Amsterdam.

RILEY, J.P.; SKIRROW, J.P.(1975). The Micronutrient Element .Chemical Oceanography, 2, 245-297

ROBINSON, I.S. (1985). Satellite oceanography. An introduction for oceanographers and remote-sensing scientist. *Ellis Horwood Ser. Mar Sci. Chichester U.K., Ellis Horwood*, 455 pp.

SCHEMAINDA, R.; NEHRING, D.; SCHULZ, S. (1975). Untersuchungen zum Produktionspotential der nordwestafrikanischen Wasserauftriebsregion 1970-1973. Geod. Geophys. Veröff. R. IV, H. 16, 85 pp. SCHÜTZ, L. (1979). Sahara Dust transport over the North Atlantic Ocean - Model Calculations and Measurements. In Saharan Dust, C. Morales (ed), John Wiley & Sons, Chichester, 267-277.

SCHWALB, A. (1978). The TIROS-NOAA A-G Satellite Series. Noaa Technical Memorandum NESS n°95, 75 pp.

SHAFFER, G. (1974). On the Norh West African coastal upwelling system. Ph. D. Thesis, University of Kiel. 178 pp.

SHAFFER, G. (1976). A mesoscale study of coastal upwelling variability off NW-Africa. Meteor Forsch-Ergebn, A, 17, 21-72.

SIEDLER, G; KUHL, A.; ZENK, W. (1987). The Madeira Mode Water. J. Phys. Oceanogr., 13, 828-857.

SPETH, P.; DETLEFSEN, H.; SIERTS, H.W. (1978). Meteorological influence on upwelling off Norhwest Africa. En: Symposium on the Canary Current: Upwelling and Living Resources, 17 pp.

SPETH, P.; DETLEFSEN, H. (1982). Meteorological influences on upwelling off Northwest Africa. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 180, 29-34.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. (1972). A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fisheries Research Board of Canada, J.C.Stevenson (ed), Canada, 167 pp.

STRONG, A.E; MCCLAIN, E.P. (1984). Improved ocean surface temperatures from space -Comparisons with drifting buoys. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 65, 138-142.

TOMCZAK, M. (1978). De l'origine et la distribution de léau remontée à la surface au large de la côte Nord-Ouest Africaine. Ann. Hydrogr., sér. 5, 6, 5-10.

TOMCZAK, M. (1981a). An analysis of mixing in the frontal zone of South and North Atlantic Central Water off North-West Africa. *Prog. Oceanogr.* Vol 10, 173-192.

TOMCZAK, M. (1981b). Longshore advection during an upwelling event in the Canary Current area as detected by airborne radiometer. *Oceanologica Acta*, 4, 2, 161-169.

TOMCZAK, M. (1982). The distribution of water masses at the surface as derived from T-S diagram analysis in the CINECA area. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Expl. Mer, 180, 48-49.

1000

TOMCZAK, M.; HUGHES, P. (1980). Three dimensional variability of water masses and currents in the Canary Current upwelling region. "Meteor" Forsch-Ergebnisse. Reihe A, 21, 1-24.

UNESCO (1984). La escala de salinidades prácticas de 1978 y la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980. Documentos técnicos de la Unesco sobre Ciencias del Mar. n.36.

VANCAMP, L.; NYKJAER, L.; MITTELSTAEDT, E.; CHLITTENHARDT, P.S. (1991). Upwelling and Boundary Circulation off Northwest Africa as Depicted by Infrared and Visible Satellite Observations. *Prog. Oceanog.* 26, 357-402.

WALTON, C.C. (1985). Satellite measurements of Sea Surface Temperature in presence of volcanic aerosols. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 24, 501 pp.

WCRP (1990). Report of the Experts Meeting on Space Observation of Tropospheric Aerosols and Complementary Measurements. WMO/TD-No. 389, WCPP-48, L.L. Stowe, R. Hitzenbergers, A. Deepak (eds). Geneva.

WOODS, E.D.; ARMSTRONG, F.A.J.; RICHARDS, F.A. (1967). Determination of nitrate in seawater by cadmium-cooper reduction to nitrate. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 47, 31-43.

WOOSTER, W.S.; BAKUN, A.; MCLAIN, D.R. (1976). The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the North Atlantic, J. Mar. Res., 34, 2, 131-141.

# GLOSARIO

4

ACNA (NACW)	Agua Central Noratlántica (North Atlantic Central Water)
ACSA (SACW)	Agua Central Suratlántica (South Atlantic Central Water)
ANACEF	Agrupación Nacional de Armadores de Cafalópodos
AVHRR	ADVANCED Very High Resolution Radiometer
CINECA	Cooperative Investigation of the Northern Part of the Eastern Central
	Atlantic .
CPSST	Cross Products Sea Surface Temperature
DTAO	Diferencia de Temperaturas Atmósfera-Océano
FAO	Food and Agriculture Organization
GAC	Global Area Coverage
IAPSO	International Association for the Physical Sciences of the Ocean
ICCM	Instituto Canario de Ciencias Marinas
ICES	International Council for Exploration of the Sea
IDOE	International Decade of Ocean Exploration
IOC	Intergubernamental Oceanographic Comision
ISM	Instituto Social de la Marina
ITCZ	Intertropical Convergencie Zone
NCDC	National Climatic Data Center
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NORDA	Naval Oceanographic Research and Development Agency
PIXELS	Picture Element (Unidad de imagen)
TOGA	Tropical Ocean Global Atmosphere
TOVS	TIROS Operational Vertical Sounder
TSM	Temperatura Superficial del Mar
UKMO	United Kingdom Meteorological Office
UNESCO	United Nations Education Science and Culture Organization
XBT	Expandable Bathythermograph (Sonda desechable de temperatura)
ZEE	Zona Económica Exclusiva

Fig. 1 Distribution of the sampling carried out during the years indicated, marking the situation of the section made with XBT.

Fig. 2 Distribution of the sampling carried out during the years indicated, marking the situation of the series made with XBT.

Fig. 3 Distribution of the sampling made with the years indicated, marking the situation of the section made with XBT and the stations done on the platform.

Fig. 4 Characteristic distribution of the isobars in summer.

Fig. 5 Characteristic distribution of the isobars in winter.

Fig. 6 Distribution of the direction of Ekman's transport of the mean year.

Fig. 7 Distribution of the intensity of Ekman's transport of the mean year.

Fig. 8 Above: Temporal series of the wind's velocity for the period 1987 and 1991. Below: Detail of the same series for the period 87-89, the horizontal line of 5(m/s) indicates the inexistence of data.

Fig. 9 Left: Variation of the zonal distribution of the sea surface temperature during the transect 24°40'N, between the 7th and 27th of March of 1989. The contour interval is of 0.5°C. Right: Wind velocity in m/s, registered in the zone during the same period of time.

Fig. 10 Distribution of the wind's directions and intensity of the event of March 1989 in the position in which they were measured from the EDM, initial period, top left, the intensification period, top right and the period of relax in the bottom.

2 Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC, Biblioteca Univers

Fig. 11 Sea surface temperature image on March 7th. The overplotted wind vectors correspond to the measurements made by the Esperanza del Mar in the initial period.

Fig. 12 Sea surface temperature image on March 14th. The overplotted wind vectors correspond to the measurements made by the Esperanza del Mar in the intensification period.

Fig. 13 Sea surface temperature image corresponding to the indicated day.

Fig. 14 Sea surface temperature image corresponding to the indicated day.

Fig. 15 Sea surface temperature image on the 26th. The overplotted wind vectors correspond to the measurements made by the Esperanza del Mar in the relaxation period.

Fig. 16 Sea surface temperature image corresponding to the indicated day.

Fig. 17 T/S diagram of the surface samplings taken in the basic program, indicating the principal subsurface water masses, according to the referred authors.

Fig. 18 Distribution of mean surface temperature as a function of latitude and month.

Fig. 19 Distribution of mean surface salinity as a function of latitude and month.

Fig. 20 Distribution of the mean concentration of surface nitrate+nitrite as a function of latitude and month.

Fig. 21 Distribution of the mean concentration of surface phosphate as a function of latitude and month.

Fig. 22 Distribution of the mean concentration of surface silicate as a function of latitude and month.

Fig. 23 Mean monthly distribution of temperature for each of the ten stations that form the section G.C. and the African platform, over the 15°15'W longitude.

Fig. 24 Mean vertical profile of temperature for the month of November in the period from 1987 to 1994 in each station.

Fig. 25 Mean vertical profile of temperature for the month of May in the period from 1987 to 1994 in each station.

Fig. 26 Distribution of the chlorophyll concentration in the sections at 23,24 and 25°N, on the platform, as shown in figure 3.

Fig. 27 (Above)...Normal optical thickness, measured with channel 1 of the sensor AVHRR, averaged for the week of June 30th to July 6th of 1990. The contours represent the attenuation of the radiation in such channel expressed in percentage.

tr Dei documento, jos sulores: Diglialización realizada por ULPGC: Biblioleca Universitaria, 2006.

Fig. 27 (Below)... Selection of windows free from cloudy contamination corresponding to the positions of the drifting buoys, for the study period. The criteria is based on establishing a threshold in the standard deviation of the temperatures within the windows. Only the points below the dotted line are used in the analysis. The numbers that accompany the observations correspond to the measurement acquisition time expressed in days of the year 1990.

Fig. 28 Course followed by four sensor equipped drifting buoys, launched at the south of the island in June 1990. Next to each of them a number of identification is shown.

Fig. 29 Regression line between the temperatures obtained by the buoy sensors and the ones obtained with the AVHRR sensor of the NOAA-11 satellite. The pixels with cloudy contamination were eliminated from the analysis.

Fig. 30 Sea surface temperature image, obtained with the AVHRR sensor aboard the NOAA-11 satellite. Corresponding to the operation period of the drifting buoys, equipped with sensors for the measurement of environmental parameters that accompanied the acquisition of the images (atmospheric pressure and air temperature at the surface), as well as the ocean temperature at depth of approximately 1m. The

corresponding measurements were compared to establish the influence of these parameters on the sea surface temperature measured from the satellite. The shown window covers an area of approximately 1000000  $\text{Km}^2$ . The images have been coded in a false color to improve its visual interpretation. The area covered for each pixel is of approximately 4  $\text{Km}^2$ , while the sensibility of the measurements is assumed as equal to 0.5°C.

Fig. 31 Top part. Temperature measured by the sensors of the buoys (\*) and measured by satellite (+) for each of the buoys studied along time, in Julian days. Bottom part: measurements made by each of the sensors installed in the buoys: atmospheric pressure (dotted line), air temperature (slashed line) and water temperature ( solid line). The days in which measurements from the satellite are available are represented by vertical lines.

Fig. 32 Distribution of the "average number of ships" according to the definition given on page 70, for each degree latitude and month.

# INSTRUCTIONS TO AUTHORS (For papers in English)

Original manuscripts should be typed on one side of A4 (21 x 29.7 cm) pages, Times New Roman 13 pt letter type, single-spaced, with a margin of 2.5 cm (1 inch) on the top, bottom and sides of each page. Pages should be centrally numbered in the bottom margin. The desired organization of a paper is as follows:

# SUMMARY, RESUMEN INDEX INTRODUCTION MATERIAL AND METHODS RESULTS AND DISCUSSION CONCLUSIONS ACKNOWLEDGEMENTS REFERENCES APPENDIXES

The first page (not numbered) should include the title of the work (capital, bold letters); the full name of the author(s) (bold letter type, small for names and capital for surnames); the author(s) affiliation(s) and the address(es) (capital letters). Date of submission and reference of the work should appear at the lower end of the page, in bold, capital, italic letters.

The SUMMARY and INDEX should be typed in two separate, not numbered sheets, with centred headings (bold, capital letters). INDEX should include the different headings and sub-headings, with their corresponding starting page numbers. Text shall be numbered from page 4 (INTRODUCTION), with centred headings (bold, capital letters). One tab should be used at the start of every paragraph, and double space between different sections. No tabs will be required for sub-headings (capital, bold letters).

The full Latin specific name, including the authority with correct taxonomic disposition, should appear at least once for each species when first mentioned in the text or elsewhere, thus: Parrot fish Sparisoma cretense (Linnaeus, 1758). Latin names should appear in italic.

References in the text should be cited as: SMITH AND BROWN (1995) or (SMITH AND BROWN, 1995). Use only recommended SI units, e.g., mm, mm<sup>3</sup>, s, g, m l<sup>-1</sup>, with no plural "s" and full stops. Scientific Publication abbreviations should follow the guidelines of "World List of Scientific Publications". Decimal numbers should be typed with a period (0.25), numbers with more than three digits should be typed with a space (1 034), and calendar years without space (1995).

#### REFERENCES

The list of references should be arranged alphabetically according to the following order: author (surname, name initials- in capital letters); year of publication (if more than one reference by the same author published in the same year is cited, use "a"," b", etc. after the year in both text and list, e.g. (1994a, 1994b); full name of the work; name of the Publication in italics (full or abreviated), number and pages. When books are cited, their titles should appear in italics, and editors and city should also be typed.

### FIGURES, TABLES AND MAPS

Figures, tables and maps should not be larger than 17 x 22.5 cm once reduced, including legends. Figures, tables and map legends will be submitted in separate sheets if not included in the reduction. Headings and footnotes of figures, tables and maps should be single-spaced (italic letters). Figures and tables should be numbered in arabic. Extra footnotes to tables should be typed single-spaced (Times New Roman 10 pt letters)

#### SUBMISSION AND REVIEW OF MANUSCRIPTS

Works will be considered for publication only if they have not been published or submitted elsewhere. Original and two copies, plus a word processor disk of the manuscript (Word Perfect 6.0 Win) must be submitted to Secretaria Técnica de Informes Técnicos del ICCM, Apdo. 56, 35200 Telde, Gran Canaria, Canary Islands, Spain, by means of registered item and acknowledgement of receipt. The author(s) submitting a manuscript do so on the understanding that, if it is accepted for publication, exclusive copyright in the paper shall be assigned to the editor of Informes Técnicos.

All manuscripts will be subject to referee and editorial review. When a manuscript is returned to the author for corrections prior to final acceptance, the revised manuscript must be submitted within 10 days of the authors' receipt of the referees' report. First authors will receive 10 free reprints of their papers.

TEXT

# INSTRUCTIONS AUX AUTEURS (Pour travaux en français)

Le texte sera dactylographié sur DIN-A4, en lettre Times New Roman 13 pt, à 1 espace, laissant une marge de 2.5 cm de chaque côté. Les pages seront numéroté au centre de la marge inférieure. Les lettres majuscules seront aussi accentuées. La structure des rapports doit s'ajuster le plus possible aux suivants chapitres:

## RÉSUMÉ-RESUMEN INDEX INTRODUCTION MATÉRIEL ET MÉTHODES RÉSULTATS ET DISCUSSION CONCLUSIONS REMERCIEMENTS BIBLIOGRAPHIE ANNEXES

En première pages iront le titre du rapport (en caractère gras et majuscule) et le(les) nom(s) de l'(des) auteur(s) (en caractère gras, minuscule le prénom et petite capitale le nom); leur(s) addresse(s), institution, addresse, ville, pays (en majuscule), date d'envoi et la référence du Rapport au bas de la page en caractère gras, majuscule et italique.

Le RÉSUMÉ et le RESUMEN iront seul, les titres centrés (en français et en espagnol) et sans numérotage. L'INDEX, aussi sans numérotage, contiendra les titres des chapitres et sous-chapitres et le numéro de page où ils commencent. Le numérotage commencera dans la page 4 avec l'INTRODUCTION. Les titres des chapitres iront centrés, en caractère gras et majuscule. L'écriture commencera avec une tabulation. On laissera une ligne blanche aprés les points à la ligne et deux lignes blanches entre chapitres. Les sous-chapitres seront numéroté selon leur ordre, et s'écriront en caractère gras, majuscule et sans tabulation.

Quand le nom vulgaire d'une espèce est cité pour la première fois dans le texte, il devra être suivit par son nom scientifique, l'auteur et l'année entre parenthèse (la pêche artisanale du poisson perroquet Sparisoma cretense (Linnaeus, 1758)). Les noms scientifique doivent s'écrire en italique (Sparisoma).

Les références à d'autres travaux seront faites en citant entre parenthèse uniquement le nom du(des) auteur(s) en petite capitale et l'année de la publication, separés par une virgule (GONZÁLEZ ET LOZANO, 1992).

Les symboles et signaux chimique, physiques ou mathématiques, seront écrits suivant les règles internationales en vigueur, sans points et sans pluriel. SI (Système d'Unités International). Les abréviations des publications scientifiques s'ajusteront aux indications de la "World List of Scientific Publications". Les nombres décimales s'écriront avec un point (0.25), les nombres de plus de trois chiffres au lieu d'un point auront un espace (1 034) et les années n'auront ni point ni espace (1995).

#### BIBLIOGRAPHIE

Les références bibliographiques s'écriront par ordre alphabétique selon l'ordre suivant: auteur (nom et initiales du prénom en petite capitale), année de la publication (au cas où un même auteur aurait plus d'une publication on ajoutera des lettres minuscules à l'année, 1994a, 1994b), titre complet du travail, nom de la publication en italique (complet ou abrégé), numéro et pages. Si c'est un livre, le titre doit s'écrire en italique spécifiant l'édition et la ville.

#### FIGURES, TABLEAUX ET CARTES

Les figures, tableaux ou carte une fois réduits ne doivent pas dépasser les 17x22.5 cm, légende inclue. Les légendes de figures, tableaux ou cartes iront dans une page à part s'il ne sont pas inclus dans la réduction. Les titres et les légendes des figures, tableaux et cartes s'écriront en français et en espagnol (en italique) séparés par une ligne blanche. Les figures et les tableaux seront numérotés avec des chiffres arabes; les rappels s'écriront au bas séparés d'un espace et d'une ligne (en lettre Times New Roman 10 pt).

#### ENVOI ET ACCEPTATION

Uniquement les travaux originaux non édités ni envoyé simultanément à d'autres publications seront acceptés. Les travaux (original et deux copies) et le support informatique en WordPerfect 6.0 Win devront s'envoyer par poste recommandé avec accusé de réception à Secretaría Técnica de Informes Técnicos del ICCM. Apdo. 56, 35200 Telde, Gran Canaria, Îles Canaries, Espagne. Le(les) auteur(s) par l'envoi de l'original acceptent que les droits de copyright de leur travail sont tranférés à l'éditeur des Informes Técnicos s'il est accepté pour publier, ceci comprend les droits d'exclusifs pour reproduire et distribuer le travail.

Les rapports seront révisés par le Comité Éditorial et au moins par deux évaluateurs du Conseil Éditeur. En cas d'exister des corrections, le travail se remettra à l'auteur pour introduire les modifications dans l'original dans un délai de 10 jours. Les auteurs recevront 10 exemplaires du Rapport S'il figure plus d'un auteur les exemplaires seront envoyés au premier auteur.

# 2 Annual International Printer and Standard and In PRAC Biblichers Internetiation 2

#### TEXTE

# INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

TEXTO

El original se mecanografiará en DIN-A4, letra tipo Times New Roman 13 pt, a 1 espacio, dejando un margen de 2,5 cm de margen por cada lado. La paginación irá centrada en el margen inferior. Las mayúsculas también se acentuarán. La estructura de los informes debe ajustarse lo más posible a los siguientes apartados:

# RÉSUMEN-SUMMARY ÍNDICE INTRODUCCIÓN MATERIAL Y MÉTODOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN CONCLUSIONES AGRADECIMIENTOS BIBLIOGRAFÍA ANEXOS

En la primera página irá el título del Informe (en negrita y mayúscula) y el(los) nombre(s) del (los) autor(es) (en negrita, minúscula el nombre y versalita el apellido); su(s) dirección(es), institución, dirección, ciudad, país (en mayúscula), la fecha de envío y la referencia del Informe a pie de página en negrita, mayúscula y cursiva.

El RESUMEN y SUMMARY irán solos, con los títulos centrados (en español e inglés) y sin numeración. El ÍNDICE va sin numerar y contendrá los títulos de los apartados y subapartados con la página donde comienzan. La numeración comenzará en la página 4 con la INTRODUCCIÓN. Los títulos de los apartados irán centrados, en negrita y mayúscula. Se comenzará a escribir dejando una tabulación. En los puntos y aparte se dejará un espacio y entre apartados se dejarán dos espacios. Entre un título y el texto se dejará un espacio. Los subapartados se numerarán siguiendo su orden correspondiente. Se mecanografiarán en mayúscula, negrita y sin tabulación.

El nombre vulgar de las especies cuando se cite por primera vez en el trabajo debe ir seguido por su nombre científico, el autor y el año entre paréntesis (pesquería artesanal de la vieja Sparisoma cretense (Linnaeus, 1758). Los nombres científicos tienen que ir en cursiva (Sparisoma).

Las referencias a otros trabajos se harán citando entre paréntesis sólo el apellido del (los) autor(es) en versalita y el año de publicación, separados por una coma (GONZÁLEZ Y LOZANO, 1992).

Los símbolos y signos químicos, físicos o matemáticos, se escribirán ateniéndose a las normas internacionales vigentes. SI (Sistema Internacional de Unidades). Se escribirán sin punto y sin plural. Las abreviaturas de las publicaciones científicas se ajustarán a lo que indica la "World List of Scientific Publications". Los números decimales se escribirán con punto (0.25), los números mayores de tres cifras no llevan punto sino un espacio (1 034) y los años irán sin espacio (1995).

#### BIBLIOGRAFIA

Las citas bibliográficas se harán por orden alfabético según el siguiente orden: autor (apellido e iniciales del nombre con versalita), año de publicación (si hay más de una del mismo autor se citarán añadiendo letras minúsculas al lado del año, 1994a, 1994b), título completo del trabajo, nombre de la publicación en cursiva (completo o abreviado), número y páginas. Si es un libro su título debe ir en cursiva especificando la editorial y la ciudad.

#### FIGURAS, TABLAS Y MAPAS

Las figuras, tablas o mapas no deben sobrepasar una vez reducidos los 17X22.5 cm incluyendo la leyenda del pie. Los pies de figuras, tablas o mapas irán en hoja aparte si no están incluidos en la reducción. Los títulos y pies de las figuras, tablas y mapas irán en español e inglés (en cursiva) separados por un espacio. Tanto las figuras como las tablas se numerarán con números arábigos; si hubiese llamadas irán debajo del pie separadas por un espacio y una línea (letra tipo Times New Roman 10 pt).

### ENVIO Y ACEPTACIÓN

Solo se aceptarán trabajos originales que no hayan sido editados ni enviados simultáneamente a otras publicaciones. Los trabajos (original y dos copias) y el soporte informático en Word Perfect 6.0 Win deberán dirigirse a la Secretaría Técnica de Informes Técnicos del ICCM. Apdo. 56, 35200 Telde, Gran Canaria, Islas Canarias, España, mediante correo certificado con acuse de recibo. El (los) autor(es) al enviar el original aceptan que los derechos de copyright de su trabajo son transferidos al editor de los Informes Técnicos si es aceptado para su publicación, esto abarca los derechos de exclusivos para reproducir y distribuir el trabajo.

Los informes serán revisados por el Comité Editorial y al menos por dos evaluadores del Consejo Editor. En caso de existir correcciones, se remite de nuevo al autor para que introduzca las modificaciones en el original en un plazo de 10 dias. Los autores recibirán 10 ejemplares del Informe, si hay más de un autor se le enviará al que figura cómo primer autor.

Alto Canario de Ciencias Matinás Jarto Telde, Gran Canario II. Canarias, Espiña Jaccim Postal: Aptdo. 56 troite 15200/ Las Palmas, España aleido s: 34 28 132900, 3422 132905 C Fax: 34 28 132908

. .

COBLEMNUDES MANA CONSEJERIADE JCACIÓN UN AN DE DIRECCIÓN GENERADDE UNIVERSI. DES ELIVESTICAS