

TITULO: Afloramiento Noroeste Africano: Límite Oriental del Giro nor-Atlántico Subtropical (ANALOGIAS)

Title: Upwelling off Northwest Africa: Eastern Limit of the North-Atlantic Subtropical Gyre (ANALOGIAS)

PALABRAS CLAVE: giro subtropical, afloramiento costero, Corriente de Canarias, circulación termoclina, chorro costero, condición de borde, corrientes geostróficas, medidas Eulerianas y Lagrangianas, modelaje numérico

Key words: subtropical gyre, coastal upwelling, Canary Current, thermocline circulation, coastal jet, boundary condition, geostrophic currents, Eulerian and Lagrangian measurements, numerical modelling

INVESTIGADOR RESPONSABLE O COORDINADOR DEL PROYECTO: José Luis Pelegrí Llopart

NOMBRE DE LA INSTITUCION A LA QUE PERTENECE: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

RESUMEN:

El estudio de los giros subtropicales y de los afloramientos costeros ha sido tradicionalmente realizado por separado. En el caso de los giros subtropicales, el papel de su margen oriental ha sido normalmente reducido a una mera condición de contorno, con velocidades perpendiculares y tangenciales a la costa iguales a cero. Esta simplificación es inexacta en ambos márgenes de un giro subtropical (Csanady y Pelegrí 1993), siendo particularmente inadecuada en el margen oriental debido a la existencia permanente de afloramientos. Por otro lado, el problema del afloramiento costero ha sido usualmente estudiado ignorando la hidrodinámica a gran escala en su extremo oceánico (Pelegrí y Richman 1993). Este proyecto se basa en un planteamiento serio de la hidrodinámica del sistema acoplado. Para ello se realizará el estudio de uno de los ejemplos de mayor interés: la Corriente de Canarias y el afloramiento del Noroeste africano. Dicho estudio comprenderá campañas hidrográficas en toda la zona, utilización de barcos de oportunidad, instalación de correntímetros en el borde de la plataforma continental, boyas Lagrangianas superficiales e isopícnicas, modelaje analítico, y el modelaje numérico del problema a varias escalas (giro subtropical, Cuenca de Canarias, afloramiento costero). La posibilidad de repetir la campaña del BIO Hespérides con el B/O Cornide de Saavedra, en una época de condiciones oceanográficas diferentes, permitirá el estudio de la variabilidad del sistema. El relativo bajo costo de este proyecto es posible gracias a varios factores: (1) los equipos disponibles en las instituciones participantes, (2) la utilización de XBTs en seis buques de oportunidad (ferry de Trasmediterranea en el transecto Cadiz-Las Palmas) con financiamiento parcial de la compañía naviera, (3) la utilización de fuentes sónicas instaladas por científicos norteamericanos al Norte de la región de estudio, y (4) la utilización de los buques del Instituto Español de Oceanografía (con solo gastos de gasoil) en apoyo del BIO Hespérides.

SUMMARY:

The study of subtropical gyres and coastal upwelling has traditionally been done separately. In the case of subtropical gyres, their eastern boundaries have been usually simplified to an idealized boundary condition of zero normal and tangential velocities at the coast. This simplification is inadequate in both margins of a subtropical gyre (Csanady and Pelegrí 1993), and particularly unaccurate at its eastern boundary due to the permanent presence of upwelling. On the other hand, the problem of coastal upwelling has been usually studied forgetting the large scale dynamics on its open boundary (Pelegrí y Richman 1993). This project is based on a serious approach to the hydrodynamics of the coupled system. With this purpose we will conduct a study of one of the most interesting examples of such a system: the Canary Current and the upwelling off Northwest Africa. This study will include two main hydrographic cruises, utilization of opportunity ships, installation of current meter moorings at the edge of the continental platform, use of surface and isopycnic Lagrangian buoys, analytical modelling, and numerical modelling on several length scales (subtropical gyre, Canary Basin and coastal upwelling). The possibility of repeating the cruise, first with the ORV Hespérides and later with the O/V Coornide de Saavedra, in two seasons with different oceanographic conditions, will allow us to study the variability of the system. The relatively low cost of this project is possible thanks to several factors: (1) the instrumentation available in the participating institutions, (2) the use of XBT's in six opportunity ships (Trasmediterranea ferry from Cadiz to Las Palmas) with partial funding from the ship company, (3) the utilization of sound sources installed by north-american scientists North of the area of study, and (4) the utilization of ships from the Instituto Español de Oceanografía (with the only expense of fuel) in support of the ORV Hespérides.

ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL. BIBLIOGRAFIA.

El régimen de afloramientos en el Africa Noroccidental ha recibido considerable atención durante las pasadas décadas. Durante los años setenta, diversos investigadores extranjeros y españoles intentaron caracterizar las condiciones hidrográficas medias de la zona. Entre las investigaciones extranjeras cabe destacar a Jones (1972), Hughes and Barton (1974), Wooster et al. (1976), así como aquellas que formaron parte del programa CINECA (Cooperative Investigation of the Northern Part of the Eastern Central Atlantic), resumidos en el informe de Hempel (1982). Los estudios españoles fueron realizados por investigadores del Instituto Español de Oceanografía y el Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona (Fraga 1973, Bas y Cruzado 1974, Fraga y Manriquez 1975, Font 1977, Molina 1981, Molina y López 1986a, 1986b, 1989). En estos trabajos el énfasis se limitaba a la plataforma y el talud continental, con secciones cortas y perpendiculares a la costa. En la década de los ochenta, varios investigadores dedicaron un gran esfuerzo a la recopilación y análisis de datos, con el fin de caracterizar la intensidad y variabilidad del afloramiento (Mittelstaedt 1983, 1991, Zenk et al. 1991). Otros estudios se han beneficiado de la utilización de técnicas de teledetección (Van Camp et al. 1991, Gabric et al. 1993, Hernández-Guerra et al. 1993, Washburn et al. 1993). En estos estudios, sin embargo, las corrientes del contorno oriental del giro subtropical del Atlántico Norte (Corriente de Las Azores, Corriente Norecuatorial y, principalmente, la Corriente de Canarias) han sido consideradas sólo marginalmente, con el único papel de ser el límite oceánico del sistema de afloramiento. Algo similar ha sucedido en estudios más teóricos del problema de afloramiento costero, donde se ha ignorado la hidrodinámica a gran escala del extremo oceánico (Pelegrí y Richman, 1993).

Por otro lado, se han llevado a cabo numerosos estudios de las corrientes del contorno oriental utilizando enfoques analíticos y de análisis de datos. Los trabajos de Stommel (1978) y Luyten et al. (1983), sobre la ventilación de la termoclina, han sido continuados por diversos autores, poniendo de manifiesto la importancia de utilizar condiciones de contorno apropiadas en el límite oriental del giro (Pedlosky 1983, Janowitz 1986, Huang 1990). Csanady y Pelegrí (1993) han mostrado que la condición de contorno para el flujo en el océano interior depende de la dinámica del flujo en las capas límites laterales, mostrando la inexactitud de las condiciones de no deslizamiento y deslizamiento libre (ver también Lynch et al. 1989). En el último decenio, diversos investigadores, principalmente alemanes, han realizado un notable esfuerzo en la recopilación de información para el margen oriental del giro subtropical del Atlántico Norte, lo cual ha proporcionado una imagen más clara del sistema de corrientes superficiales y termoclinas (Stramma 1984, Stramma y Siedler 1988, Stramma y Muller 1989, Kase y Siedler 1982, Kase et al. 1985, 1986, Thiele et al. 1986, Siedler et al. 1987, Bauer y Siedler 1988, Fiekas et al. 1992). En la actualidad diversos grupos norteamericanos, franceses, alemanes, ingleses y portugueses, están realizando programas de mediciones en el margen oriental del giro Noratlántico subtropical (esto se discute extensivamente más adelante, en la sección de Solapamiento). Sin embargo, para todos estos estudios la dinámica de afloramientos en la costa africana ha permanecido de interés marginal, viéndose reducida a un proceso de circulación

costera.

Diversos aspectos apuntan a la importancia de realizar un enfoque global de este problema:

1) El flujo geostrófico superficial (0–200 *m*) muestra la existencia de 2 o 3 *Sv* dirigiéndose hacia la costa del noroeste africano, entre la península ibérica y el archipiélago canario (Stramma 1984, Fiekas et al. 1992). De este flujo sólo 1 *Sv* fluye hacia dentro del Mediterráneo (Bryden et al. 1989), lo cual sugiere que el flujo restante debe recircular hacia el Suroeste a lo largo de la zona de afloramientos.

2) Durante el verano la estructura del sistema de corrientes que conforman el margen oriental del giro subtropical aparece mejor definido, observándose una contracción en el sentido longitudinal y una dilatación en el sentido latitudinal. Tanto la Corriente de Las Azores como la Contracorriente Norecuatorial se orientan más latitudinalmente, desplazándose más hacia el Sur y el Norte respectivamente, mientras que la Corriente de Canarias se intensifica y aparece más definida. Este comportamiento coincide con la variabilidad del afloramiento en la zona costera, permanente entre Cabo Juby y Cabo Blanco, pero desarrollándose al norte de Cabo Juby durante el Verano y al Sur de Cabo Blanco durante el Invierno. Es durante el invierno que la Corriente de Canarias se separa de la costa (en el sistema frontal de Cabo Verde) en su posición más sureña.

3) El flujo geostrófico termoclino (200 – 800 *m*) también muestra una componente significativa hacia la costa (Stramma y Siedler 1988), la cual debe estar relacionada con el afloramiento costero que tiene lugar a través de la termoclina permanente.

La magnitud de los estudios que se han realizado y se están realizando es una clara señal de la importancia científica, y estratégica, del área de estudio. Estos programas, aun cuando proporcionarán un notable avance en nuestro conocimiento del océano Atlántico Norte, no representan un estudio integral del problema "límite oriental-afloramiento costero". El proyecto aquí propuesto deberá ser el medio para llenar este vacío, y así comprender los principales mecanismos que controlan la circulación en el margen oriental de los océanos.

Bibliografía

Bas, C. y A. Cruzado, 1974. Campaña oceanográfica Sahara I. Informe preliminar. Res. Exp. Cient. B/O Cornide, 3, 1-52.

Bauer, E. y G. Siedler, 1988. The relative contributions of advection and isopycnal and diapycnal mixing below the subtropical salinity maximum. Deep-Sea Res., 35, 811-837.

Bleck, R. y D. Boudra, 1986. Wind-driven spin-up in eddy-resolving ocean models formulated in isopycnic and isobaric coordinates. J. Geophys. Res., 91, 7611-7621.

Bleck, R. y L. T. Smith, 1990. A wind-driven isopycnic coordinate model of the North and Equatorial Atlantic Ocean, 1, Model development and supporting experiments, J. Geophys. Res., 95, 3273-3286.

Bleck, R., H. P. Hanson, D. Hu y E. B. Kraus, 1989. Mixed layer-thermocline in-

teraction in a three-dimensional isopycnic coordinate model. *J. Phys. Oceanogr.*, 19, 1417-1439.

Bryden H. L., E. C. Brady y R. D. Pillsbury, 1989. Flow through the Strait of Gibraltar. En "Seminario sobre la Oceanografía Física del Estrecho de Gibraltar, Madrid, 24-28 Octubre 1988, editado por J. L. Almazan, H. Bryden, T. Kinder y G. Parrilla, 166-194.

Csanady, G. T. y J. L. Pelegrí, 1993. Vorticity balance in boundary currents, *J. Mar. Res.*, en prensa.

Fiekas, V., J. Elken, T. J. Muller, A. Aitsam y W. Zenk, 1992. A view of the Canary Basin thermocline circulation in winter. *J. Geophys. Res.*, 97, 12495-12510.

Font, J., 1977. Distribución superficial de variables oceanográficas en el NW de Africa (C. Bojador-C. Blanco, abril 1974-Campaña oceanográfica Atlor V). *Res. Exp. Cient. B/O Cornide*, 6, 23-40.

Fraga, F., 1973. Oceanografía química de la región de afloramiento del Noroeste de Africa I. *Res. Exp. Cient. B/O Cornide*, 2, 13-52.

Fraga, F. y M. Manríquez, 1975. Oceanografía química de la región de afloramiento del Noroeste de Africa II. Campaña Atlor II, marzo 1973. *Res. Exp. Cient. B/O Cornide*, 4, 185-216.

Gabric, A. J., L. García, L. van Camp, L. Nykjaer, W. Eifler y W. Schrimpf, 1993. Offshore export of shelf production in the Cape Blanc (Mauritania) Giant Filament as derived from Coastal Zone Color Scanner imagery. *J. Geophys. Res.*, 98, 4697-4712.

Hempel, G., editor, 1982. The Canary Current: Studies of an upwelling system. *Rapports et Proces-Verbeaux des Reunions, Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 180, 455 pp.

Hernández-Guerra, A., J. Arístegui, M. Cantón y L. Nykjaer, 1993. Oceanographic features surrounding the Canary Islands as determined using Coastal Zone Color Scanner data. *Int. J. Remote Sensing*, 14, 1431-1437.

Huang, R. X., 1990. On the three-dimensional structure of the wind-driven circulation in the North Atlantic. *Dyn. Atmos. Oceans*, 15, 117-159.

Hughes, P. y E. D. Barton, 1974. Stratification and water mass structure in the upwelling area off Northwest Africa in April/May 1969. *Deep-Sea Res.*, 21, 611-628.

Janowitz, G. S., 1986. A surface density and wind-driven model of the thermocline. *J. Geophys. Res.*, 91, 5111-5118, 1986.

Jones, P. G. W., 1972. The variability of oceanographic observations off the coast of Northwest Africa. *Deep-Sea Res.*, 19, 405-431.

Käse, R. H. y G. Siedler, 1982. Meandering of the subtropical front Southeast of the Azores. *Nature*, 300, 245-246.

- Käse, R. H., W. Zenk, T. B. Sandford y W. Hiller, 1985. Currents, fronts and eddy fluxes in the Canary Basin. *Prog. Oceanogr.*, 14, 231-157.
- Käse, R. H., J. F. Price, R. L. Richardson y W. Zenk, 1986. A quasi-synoptic survey of the circulation and water mass distribution within the Canary Basin. *J. Geophys. Res.*, 91, 9739-9748.
- Luyten, J. R., J. Pedlosky y H. Stommel, 1983. The ventilated thermocline. *J. Phys. Oceanogr.*, 13, 292-309.
- Lynch, D. R., F. E. Werner, A. Cantos-Figuerola y G. Parrila, 1989. Finite element modelling of reduced-gravity flow in the Alboran Sea: Sensitivity studies. *Proceedings of the Workshop on Physical Oceanography in the Straits of Gibraltar*, eds. L. L. Almazan, H. Bryden, T. Kinder y G. Parrilla, Madrid, octubre 1988, pp.283-295.
- Mittelstaedt, E., 1983. The upwelling area off Northwest Africa - A description of phenomena related to coastal upwelling. *Prog. Oceanogr.*, 12, 307-321.
- Mittelstaedt, E., 1991. The ocean boundary along the Northwest African coast: Circulation and oceanographic properties at the sea surface. *Prog. Oceanogr.*, 26, 307-356.
- Molina, R., 1981. Hidrología y corrientes en la región canario-marroquí, entre cabo Juby y cabo Sim. *Campaña Cineca I. Comunicaciones de la IV Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica*, 1167-1195.
- Molina, R. y F. L. Laatzén, 1986a. Hidrología en la región comprendida entre las Islas Canarias orientales, Marruecos y las Islas Madeira. *Campaña Norcanarias I. Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 3, 1-16.
- Molina, R. y F. L. Laatzén, 1986b. Corrientes en la región comprendida entre las Islas Canarias orientales, Marruecos y las Islas Madeira. *Campaña Norcanarias I. Rev. Geofísica*, 42, 41-52.
- Molina, R. y F. L. Laatzén, 1989. Hidrografía en la región canaria. *Campaña Canarias 1. Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 5, 71-86.
- Pedlosky, J., 1983. Eastern boundary ventilation and the structure of the thermocline. *J. Phys. Oceanogr.*, 13, 2038-2044.
- Pelegri, J. L. y J. G. Richman, 1993. On the role of shear-mixing during transient coastal upwelling. *Continental Shelf Res.*, 13, 1363-1400.
- Siedler, G., A. Khuhl y W. Zenk, 1987. The Madeira mode water. *J. Phys. Oceanogr.*, 17, 1561-1570.
- Smith, L. T., D. B. Boudra y R. Bleck, 1990. A wind-driven isopycnic coordinate model of the North and Equatorial Atlantic Ocean, 2, The Atlantic Basin experiments. *J. Geophys. Res.*, 95, 13105-13128.
- Stommel, H., 1979. Determination of water mass properties of water pumped down from the Ekman layer to the geostrophic flow below. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 76,

3051-3055.

Stramma, L., 1984. Geostrophic transport in the Warm Water Sphere of the eastern subtropical North Atlantic. *J. Mar. Res.*, 42, 537-558.

Stramma, L. y G. Siedler, 1988. Seasonal changes in the North Atlantic subtropical gyre. *J. Geophys. Res.*, 93, 8111-8118.

Stramma, L. and T. J. Müller, 1989. Some observations of the Azores Current and the North Equatorial Current. *J. Geophys. Res.*, 94, 3181-3186.

Thiele, G., W. Roether, P. Schlosser y R. Kuntz, 1986. Baroclinic flow and transient-tracer fields in the Canary-Cape Verde Basin. *J. Phys. Oceanogr.*, 16, 814-826.

Van Camp, L., L. Nykjaer, E. Mittelstaedt y P. Schlittenhardt, 1991. Upwelling and boundary circulation off Northwest Africa as depicted by infrared and visible satellite observations. *Progr. Oceanogr.*, 26, 357-402.

Washburn, L., M. S. Swenson, J. L. Largier, P. M. Kosro y S. R. Ramp, 1993. Cross-shelf sediment transport by an anticyclonic eddy off northern California. *Science*, 261, 1560-1564.

Wooster, W. S., A. Bakun y D. R. McLain, 1976. The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the North Atlantic. *J. Mar. Res.*, 34, 131-141.

Zenk, W., B. Klein y M. Schröder, 1991. Cape Verde frontal zone. *Deep-Sea Res.*, 38, Suppl. 1, S505-S530.

DESCRIPCION REALISTA DE LOS OBJETIVOS CONCRETOS DEL PROYECTO Y DE LOS BENEFICIOS CIENTIFICOS, TECNICOS Y ECONOMICOS DEL MISMO

El objetivo general del proyecto ANALOGIAS consiste en establecer la relación dinámica entre la región de afloramiento del Noroeste africano y el límite oriental del giro subtropical del Atlántico Norte, que permita la visión global del sistema. Tal como su acrónimo indica, el proyecto pretende determinar las relaciones existentes entre dos procesos aparentemente independientes.

Las características de la Corriente de Canarias dependen del modo de recirculación del giro subtropical en el Noroeste africano. La dinámica de esta recirculación está todavía por definirse, pero nuestra hipótesis básica es que debe estar modulada por el afloramiento en la zona. El afloramiento no solo actúa como mecanismo de transporte de flujo paralelo a la costa (a través del chorro costero baroclínico), sino que puede también actuar como sumidero para la circulación de las capas termoclinas y fuente para las capas superficiales. En particular, la variabilidad de la Corriente de Canarias estará íntimamente relacionada con la variabilidad del afloramiento.

Las hipótesis específicas a verificar sobre la circulación en la zona son las siguientes:

- 1) La localización e intensidad de la recirculación debe guardar relación con el chorro costero baroclínico asociado al afloramiento.
- 2) El afloramiento costero actúa como condición de contorno para el flujo interior, imponiendo una condición de flujo normal a la costa distinto de cero. Dicho flujo estará dirigido hacia la costa en la termoclina y hacia el océano en las capas superficiales.
- 3) La extracción de agua termoclina durante el afloramiento costero puede tener una contribución significativa a los procesos de subducción en el giro subtropical.

Tal como indican los objetivos generales y específicos antes descritos, el énfasis primordial del proyecto reside en el estudio de la circulación en la zona. Sin embargo, cabe destacar la participación de tres técnicos del Instituto Nacional de Meteorología, un meteorólogo del PCM, y dos sedimentólogos de la ULPGC. La participación de los meteorólogos permitirá el estudio adecuado de los mecanismos de forzamiento (directo e indirecto) de la atmósfera sobre el océano, fundamentales para el proyecto propuesto. La participación de los sedimentólogos permitirá explorar los mecanismos y variabilidad en el transporte de material particulado desde la plataforma continental hacia el mar profundo.

Adicionalmente, en las campañas oceanográficas participarán químicos, biólogos y especialistas en pesquerías de la ULPGC. Los resultados obtenidos por estos especialistas serán utilizados para mejorar nuestro entendimiento del complejo sistema de la capa límite del giro subtropical, y su importancia en la cadena alimenticia. Algunos de estos resultados, tales como el cálculo de nutrientes y metales trazadores, tendrán aplicación directa para estimar la circulación en la zona.

Los beneficios del proyecto son de carácter técnico y científico. Desde el punto de vista técnico el proyecto permitiría la utilización de técnicas instrumentales de tecnología avanzada. Algunas de estas técnicas, tales como el CTDV (multisensor CTD con correntímetro acústico incorporado) y las boyas isopícnicas, no han sido todavía

nunca utilizadas en España. También cabe destacar, por su novedad en España, el análisis de los datos de altímetro del satélite GEOSAT, así como el futuro procesamiento (con el Institute for Remote Sensing en Ispra, Italia) de los datos del satélite Sea-Wifs. Desde el punto de vista científico el proyecto será un esfuerzo multidisciplinario, con una componente principal física, que contibuya al conocimiento de la hidrodinámica del sistema bajo estudio y, en particular, el de las aguas territoriales y cercanas a nuestro país. Adicionalmente, el proyecto debe contribuir a un proceso de acercamiento y colaboración científica con los países vecinos africanos, principalmente Marruecos y Mauritania. Finalmente, creemos que este proyecto nos hará partícipes del esfuerzo científico internacional para conocer los márgenes orientales de los océanos.

Para la Facultad de Ciencias del Mar de la ULPGC el proyecto ANALOGIAS representa una oportunidad única de abrir nuevos horizontes a una serie de investigadores jóvenes formados en el área de Oceanografía Física, y que hasta la fecha no han podido participar en un proyecto de dimensiones similares. La mayoría de estos investigadores son Licenciados en Ciencias del Mar (estudios realizados en la ULPGC) y se encuentran actualmente en el proceso de realización de sus tesis doctorales. Se puede decir con certeza que la inclusión de la Oceanografía Física en el ámbito académico español es muy reciente, por lo que creemos es de fundamental importancia apoyar a los primeros frutos de su cantera en el fortalecimiento y alcance de su madurez científica.

INDIQUE LAS POSIBILIDADES DE COLABORACION CON OTROS GRUPOS O EMPRESAS EN PROYECTOS COORDINADOS. INDIQUE LAS VENTAJAS QUE SE DERIVAN DE LA PARTICIPACION DE VARIOS EQUIPOS.

Este estudio nace fruto de un interés común sobre la Cuenca de Canarias por parte de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), el Instituto Español de Oceanografía (IEO) y el Programa de Clima Marítimo (PCM). Estas instituciones, por su localización geográfica y responsabilidades específicas dentro del estado español, deben naturalmente enfocar sus actividades científicas hacia el estudio de la región que comprende el estudio aquí propuesto.

Los científicos que participan en este proyecto son mayoritariamente del área de Oceanografía Física, de acuerdo a los objetivos principales del proyecto, y en menor medida de meteorólogos y sedimentólogos. En las campañas hidrográficas también se prevee la importante participación de químicos, biólogos marinos y especialistas en pesquerías, lo cual permitirá el enfoque multidisciplinar necesario para una mejor comprensión de la zona de transición entre la plataforma continental africana y el océano profundo.

La gran mayoría de los participantes de la ULPGC son integrantes del grupo de Oceanografía Física, pero también se cuenta con dos especialistas en procesos de sedimentación y transporte de sedimentos (para un total de 14 profesores, dos técnicos y un becario). Colaborarán con el grupo de la ULPGC, tres técnicos de la estación de Tafira (junto al Campus de la ULPGC) del Instituto Nacional de Meteorología. El PCM participará principalmente en modelaje numérico y análisis de los vientos, y en menor medida en el procesamiento de las mediciones, con cuatro investigadores. Los científicos participantes del IEO serán de Unidad de Equipamiento Científico en Madrid (dos profesionales) y del Laboratorio de Santander (un investigador). Además se contará con la participación de varios investigadores del Centro Oceanográfico de Canarias durante las campañas oceanográficas. Finalmente, también tendremos la participación de un investigador de AINCO-INTEROCEAN (asociación fundada en 1985, independiente y no lucrativa, con fines de investigación y asesoría en oceanografía y medio ambiente).

El proyecto ANALOGIAS será la primera ocasión en que la ULPGC, el IEO y el PCM participen en un proyecto común en la especialidad de Oceanografía Física. Es la convicción de todos los investigadores involucrados en este proyecto que la unión de conocimiento/experiencia con nuestro interés natural por la zona de estudio deberá traducirse en la realización de un excelente trabajo profesional. Asimismo, creemos que esta es una buena oportunidad de estrechar los vínculos de colaboración entre nuestras instituciones.

INDIQUESE EL POSIBLE SOLAPAMIENTO O COORDINACION CON LAS ACTIVIDADES DE OTROS GRUPOS O EMPRESAS EN ESPAÑA.

Por lo que sabemos no existe solapamiento alguno con otros estudios previos o presentes realizados en España. En el pasado han existido diversos estudios sobre la Corriente de Canarias y la zona de afloramiento africano, llevados a cabo por científicos del Instituto Español de Oceanografía y el Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona. Sin embargo, dichos estudios no se enfocaron en manera alguna sobre el sistema giro subtropical-afloramiento.

Recientemente se ha llevado a cabo el proyecto titulado "Estudio Biológico de los Fenómenos Causativos del Efecto de Masa de Isla en Aguas del Archipiélago Canario". Dicho estudio fue financiado por la DGICYT, aprobado en su convocatoria de noviembre de 1988, y llevado a cabo fundamentalmente por investigadores del grupo de Biología Marina de la ULPGC. El objetivo de este proyecto era el de determinar los efectos de tipo biológico producidos por el flujo en su paso a través del archipiélago canario, muy distinto al aquí planteado. Este mismo grupo participó en el proyecto "European Coastal Transition Zone, Islas Canarias", financiado por la Comunidad Económica Europea en la convocatoria MAST 1, 0031, cuyo objetivo fue el estudio interdisciplinar de la importancia de los filamentos de agua aflorada en la costa africana y los remolinos al Sur de Gran Canaria.

En la actualidad el IEO (Centro Oceanográfico de Canarias) y el Instituto Canario de Ciencias Marinas, están participando con investigadores alemanes del Institut für Meereskunde, con el objetivo de proveer el mantenimiento de una estación permanente situada 1 grado al Norte de las Islas Canarias. Asimismo, este proyecto contempla la utilización de un buque hospital (que recorre la zona de afloramiento) como buque oceanográfico de ocasión.

Finalmente, cabe destacar el proyecto MORENA (Multidisciplinary Oceanographic Research in the Eastern Boundary of the Subtropical North Atlantic). Este proyecto, financiado por la Comunidad Europea (programas MAST), tiene como objetivo el estudio multidisciplinar de los procesos de intercambio plataforma-mar abierto en la región de afloramiento en la corriente de contorno oriental a la altura de la mitad Norte de la península ibérica. En el proyecto participan científicos españoles de la Universidad de Vigo, portugueses y británicos.

Grupos Extranjeros

Varios programas extranjeros llevados a cabo en los últimos años, o que se están realizando en la actualidad, guardan relación con la propuesta de ANALOGIAS. Estos son:

- 1) "U.S. WOCE Subduction Experiment". Este experimento de subducción de las aguas del giro subtropical del Atlántico Norte es llevado a cabo por investigadores americanos del Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI) y el Scripps Institution of Oceanography (SIO), siendo su objetivo principal entender los procesos de formación de masas de agua en la capa superficial oceánica, a través de interacciones océano-atmósfera. Como parte de este proyecto se han instalado cinco anclajes sub-

superficiales, cada uno de ellos con numerosos instrumentos oceanográficos, con el objetivo de observar la variabilidad temporal de la estructura térmica y de la circulación en las capas superficiales y termoclina del Atlántico Norte. Uno de los investigadores responsables de este experimento es Jim Price, del WHOI, con quien se han mantenido contactos durante la elaboración de la propuesta ANALOGIAS.

2) "Núcleo 3 del WOCE". Este proyecto tiene entre sus objetivos el estudio de la dinámica de los procesos de la cuenca Noratlántica. Una componente importante de este proyecto es la definición y cuantificación de las corrientes de contorno oriental (Corriente de las Azores y Corriente de Canarias), con énfasis en el estudio de su importancia en el transporte latitudinal de agua y calor.

3) "AMUSE (A Mediterranean Underwater Experiment)". Este experimento, llevado a cabo por investigadores norteamericanos del WHOI y el SIO y portugueses de la Universidad de Lisboa, pretende estudiar la salida de agua Mediterránea por debajo de la termoclina superior, y en particular la estructura de los Meddies (o remolinos de agua Mediterránea) que se forman en la zona. Como parte de este proyecto se han instalado recientemente (verano de 1993) tres anclajes subsuperficiales con fuentes sónicas en la banda de 260 khz, con alcance suficiente para cubrir toda la región de interés para el presente estudio (ver mapa anexo para la localización de estas fuentes sónicas). Tal como se indica más adelante, estas fuentes sónicas permitirían seguir la trayectoria de boyas isopícnicas al norte del archipiélago canario. Amy Bower, del WHOI, es uno de los investigadores principales de AMUSE, con quien hemos mantenido contacto durante la elaboración de ANALOGIAS. Ella nos ha manifestado la posibilidad de utilizar sus fuentes sónicas para rastrear el recorrido de las boyas isopícnicas que se utilizarán en nuestro proyecto.

4) "SEMAPHORE". Este proyecto, llevado a cabo por diversos grupos franceses, pretende estudiar los procesos de interacción océano-atmósfera en la zona de la Corriente de Las Azores. Como parte de este proyecto recientemente se han instalado tres fuentes sónicas en aguas del Atlántico Nororiental. Coordinadores de este proyecto son Laurence Eymard, del Centre de Recherche en Physique de l'Environnement, e Yves Camus, del Centre Militaire d'Océanographie, con quien hemos mantenido diversos contactos.

5) Varios científicos alemanes, del Institut für Meereskunde de la Universidad de Kiel (IM) y de la Dirección de Hidrografía alemana (DHA), tienen proyectos relacionados con nuestra propuesta. Uno de estos proyectos es el estudio de la salida de agua del Mediterráneo y la formación de Meddies, dirigido por Walter Zenk del IM. Otro proyecto es el de observaciones relacionadas con el programa WOCE, en la cuenca de Canarias, realizadas por Thomas Muller y G. Siedler del IM, y en la zona del afloramiento africano por E. Mittelstaedt de la DHA. Cabe destacar, de nuevo, que el mayor énfasis de estos proyectos reside en el estudio de la circulación oceánica y el afloramiento como dos fenómenos separados. Sin embargo, debido a que se realizan en nuestra zona de interés, para nosotros es clara la importancia de mantener una estrecha relación. Es por ello que hemos establecido contacto con G. Siedler y W. Zenk (ambos del IM), quienes nos han manifestado su interés en permanecer informados de la evolución de nuestra propuesta, entreabriendo la posibilidad de futuras colaboraciones.

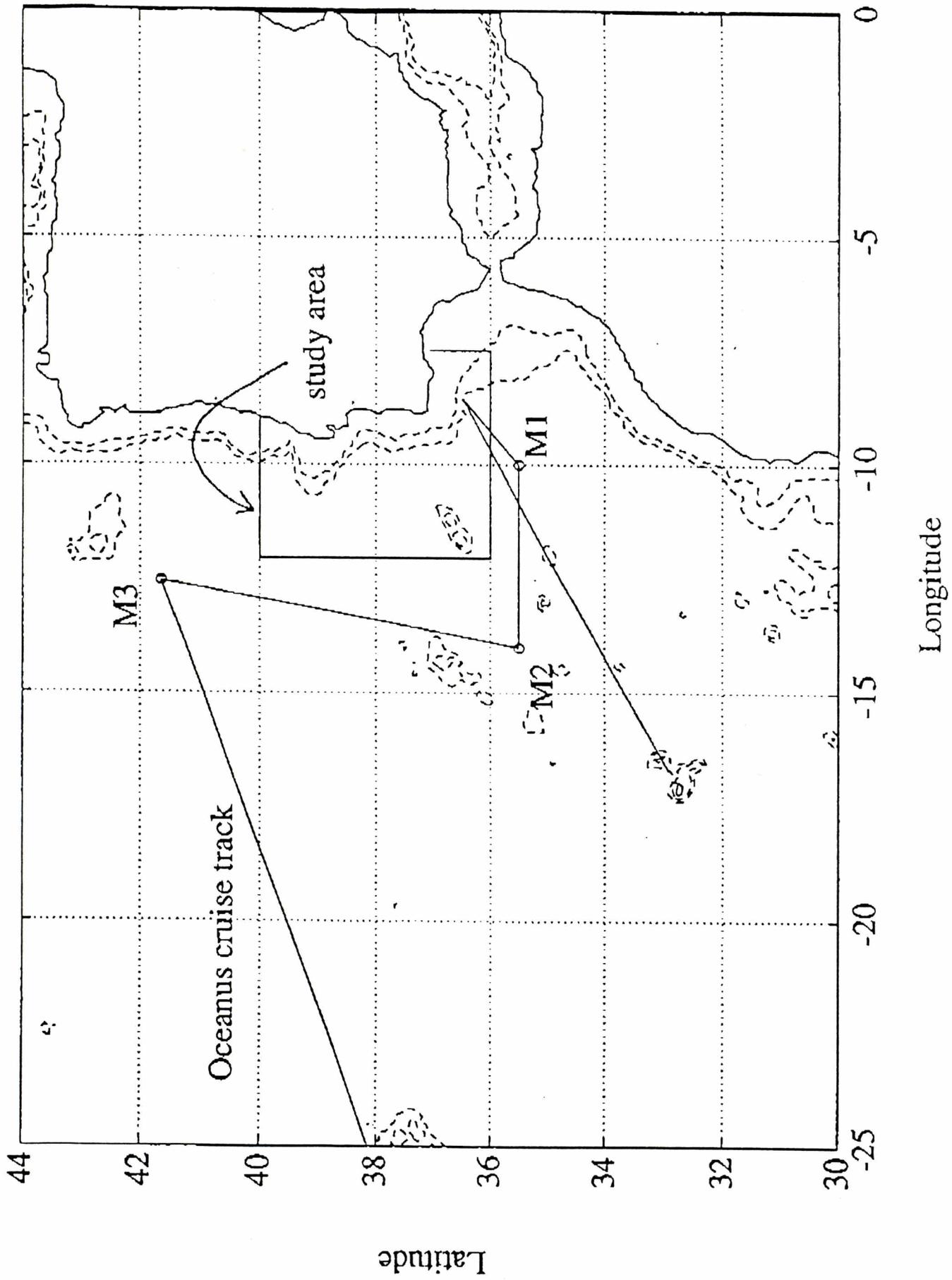
6) El Institute for Remote Sensing Applications, del Joint Research Center (Ispra, Italia, dependiente de la Comunidad Europea), ha realizado varios estudios del afloramiento en el Noroeste de Africa utilizando imágenes de los sensores AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) y CZCS (Coastal Zone Color Scanner). El grupo de Oceanografía Física de la ULPGC mantiene estrecha colaboración con este instituto, durante la cual se han realizado varias estancias de investigadores de la ULPGC en Ispra. Asimismo, durante esta colaboración se ha podido acceder a todo su fichero de imágenes de satélite, lo cual ha resultado en la elaboración de varias publicaciones conjuntas. En el futuro planeamos mantener esta colaboración, lo cual nos permitirá tener acceso a las imágenes del sensor Sea-Wifs, cuyo lanzamiento esta previsto para febrero de 1994.

7) La Universidad de Las Islas Azores está llevando a cabo campañas hidrográficas en el límite Norte de nuestra area de estudio, en la zona de la Isla de Madeira. Para ello cuentan con un moderno buque oceanográfico, construido en Vigo. El responsable de estas campañas es Mario Alvez, con quien se han mantenido conversaciones sobre la posibilidad de esfuerzos conjuntos en un futuro.

8) Nuestro proyecto también debe ser apreciado como una contribución potencialmente muy valiosa para programas internacionales tales como JGOFS (Joint Global Ocean Flux Study), TOGA (Tropical Ocean Global Atmosphere), GLOBEC (Global Ocean Ecosystems) y LME (Large Marine Ecosystems).

9) Finalmente, cabe señalar los contactos realizados por la ULPGC con países africanos del area a través de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental para el Atlántico Oriental (IOCEA). Estos contactos se han realizado a través de dos reuniones, la primera realizada en Dakhar en enero de 1993 durante la III Reunión de la IOCEA, y una segunda realizada en Las Palmas de G. C. en mayo de 1993. En esta segunda reunión, donde participaron representantes de Marruecos, Mauritania y Senegal, se enfatizó la necesidad y beneficios de una colaboración para la estudio de la oceanografía física del area.

Cabe destacar que los proyectos arriba mencionados tienen, en su mayor parte, financiación de un solo país. La existencia de todos estos proyectos nacionales es un claro indicativo de la importancia científica (y estratégica/política) del área de estudio. Además, los esfuerzos que se están llevando a cabo en la ULPGC para impulsar la realización de un proyecto conjunto con los países africanos del área (Marruecos y Mauritania) se verían impulsados con la realización de este proyecto, que contempla la participación de científicos de estos países en las campañas hidrográficas.



METODOLOGIA Y PLAN DE TRABAJO SUFICIENTEMENTE DETALLADO, CON DESGLOSE DE TAREAS, INDICACION DE LOS PARTICIPANTES EN CADA UNA DE ELLAS Y DIAGRAMA DE TIEMPOS: EN PROYECTOS COORDINADOS ESTA PLANIFICACION DEBERA HACERSE PARA CADA UNO DE LOS SUBPROYECTOS.

Metodología

A continuación se describen las tareas específicas que se realizarán para alcanzar los objetivos científicos del proyecto. Al final de las mismas se anexan dos tablas que recogen la distribución temporal de las tareas y el nombre de las instituciones responsables de cada una de ellas.

1) Recopilación de información histórica

Este es un proceso que se ha venido realizando durante los últimos años y se pretende continuar durante toda la duración del proyecto. En particular, durante 1994 se realizará una recopilación bibliográfica de la literatura existente sobre la zona, así como de la información batimétrica. También se identificarán los archivos de datos oceanográficos correspondientes a la región de estudio y su accesibilidad. Con ello se pretende crear una base de datos que sirva de referencia para los datos a obtenerse durante el proyecto, así como en la validación de los modelos a desarrollarse. Asimismo, se pretende crear un volumen de referencias históricas que provea una visión global del estado de conocimiento actual sobre la zona.

2) Adquisición de material

El material oceanográfico e informático se comprará durante el primer semestre de 1994. Este material no será utilizado hasta la realización de las campañas en 1995 y 1996, salvo los XBTs que se empezarán a utilizar a finales de 1994. Cabe destacar que el material informático que se planea adquirir se requiere para el procesamiento de los datos durante el trabajo en el mar.

3) Entrenamiento boyas isopícnicas

Durante el segundo semestre de 1994 una persona realizará un entrenamiento de una semana en el WHOI, Estados Unidos, para familiarizarse con las técnicas de operación y lanzamiento de las boyas isopícnicas, así como la recepción y procesamiento de los datos de estas boyas.

4) Modelaje analítico

El estudio analítico de la dinámica de la región será una tarea continuada durante todo el proyecto, utilizando las hipótesis antes descritas e interactuando con la modelización matemática.

5) Modelaje de la circulación del Atlántico Norte

El modelaje de la circulación a gran escala será realizada poniendo a punto un modelo de circulación general para el área comprendida entre el sistema de corrientes ecuatoriales y el giro subpolar del Atlántico Norte.

6) Adaptación del modelo isopícnico y utilización para la Corriente de Canarias

Rainier Bleck, de la Universidad de Florida, nos ha proporcionado el código fuente de su modelo isopícnico. Asimismo, él se ha ofrecido a asesorarnos en las modificaciones

que fueran necesarias para adaptar el modelo al estudio de la Corriente de Canarias. Para realizar estas adaptaciones se prevee el entrenamiento de una persona durante dos semanas, en el estado de Florida, Estados Unidos. El modelo, una vez implementado, será calibrado con la información recopilada en el área de estudio.

7) **Modelaje de la zona de afloramientos**

La modelización de la zona de afloramientos será realizada con el modelo tridimensional de corrientes (HAMSOM) desarrollado por el IFM y el PCM. Este modelo será calibrado con la información recopilada en el área de estudio.

8) **Variabilidad estacional sección Cádiz-Las Palmas**

Una de las radiales de la campaña hidrográfica coincide con la ruta seguida por el Ferry J. J. Sister de la compañía Trasmediterránea en su recorrido entre Cádiz y Las Palmas. Esta circunstancia está aunada a la importancia de dicha radial en establecer la cantidad de flujo incidente sobre la costa africana. Es por ello que cada dos meses, durante un año, esta radial se realizará desde el J. J. Sister por medio de XBTs lanzados desde la borda de este barco. Los XBTs a utilizar alcanzan 760 m de profundidad y pueden ser lanzados desde barcos con una velocidad máxima de 20 nudos, algo superior a la velocidad que alcanza el J. J. Sister. El trayecto tiene una longitud de 685 millas náuticas y se estima se harán 20 estaciones. Cabe destacar que esta parte del estudio podrá realizarse a un costo reducido gracias al apoyo prestado por la compañía naviera Trasmediterranea, no solo en la realización de las medidas sino también al cubrir los costos de los pasajes en el barco. De esta manera el costo de este apartado será por la compra de 120 unidades de XBTs (el equipo de lanzamiento y procesamiento se encuentra disponible en la ULPGC), el desplazamiento en avión a Cádiz y las dietas de los días de trayecto.

9) **Preparación campañas**

La preparación de las campañas será coordinada por la ULPGC y el IEO. La utilización de dos barcos de manera simultánea y el alcance de la zona de estudio implican un alto grado de coordinación, así como el trámite de diversos permisos. En cuanto a este último aspecto, la participación de científicos pertenecientes a instituciones marroquíes y mauritanas permite anticipar su fácil obtención.

10) **Análisis objetivo de los vientos**

El viento es el principal mecanismo de forzamiento (directo e indirecto) sobre la circulación en la región. Durante la campaña se medirán los vientos *in situ* a bordo del barco. Estos datos serán complementados con los de las estaciones terrestres de área, así como con las predicciones diagnósticas realizadas para el área. Todo ello permitirá la obtención de un campo de vientos que pueda utilizarse como parámetro de entrada para los diversos modelos.

11) **Análisis interacción océano atmósfera**

La circulación superficial y termoclina sobre la zona dependen en gran medida de los procesos de interacción océano-atmósfera. La circulación más superficial responde de manera directa a los vientos locales (y alejados, gracias a la propagación de ondas de Poincaré). La circulación termoclina, por su parte, está dominada por procesos de subducción en el extremo norte de la zona de estudios (al norte del Frente de Las Azores), y puede ser acelerada por otros procesos que ocurren dentro de la zona, tales como procesos de mezcla diapícnica y afloramientos costeros.

12) **Calibración CTDs**

La calibración de los CTD a utilizar en las campañas es de suma importancia para asegurar la calidad de las mediciones que se realicen. Esta calibración será realizada en el Deacon Laboratory de Gran Bretaña, bajo nuestra supervisión.

13) **Diseño líneas subsuperficiales**

Los líneas subsuperficiales, con varios correntímetros y cadenas termistores, serán diseñadas dependiendo de la posición en que se quieran instalar. En todos los casos la recuperabilidad de las líneas se asegurará mediante boyas de flotación y liberadores acústicos. Los anclajes se diseñarán dependiendo de los instrumentos contenidos en las líneas, tomando en consideración la posibilidad de fuertes corrientes causadas por el chorro costero en la zona de afloramiento. El intervalo de tiempo entre mediciones (correntímetros y termistores) será de 10 minutos. La localización exacta de las líneas se definirá tomando en cuenta la existencia de zonas de fondo pedregoso, donde no transitan rastropescas, para así minimizar las posibilidades de pérdida de los equipos.

14) **Campañas BIO Hespérides y B/O Coornide de Saavedra**

Las campañas del BIO Hespérides y el B/O Coornide de Saavedra (ambas de un mes de duración, incluyendo carga, descarga y regreso a Cádiz) serán coordinadas por la ULPGC y el IEO respectivamente. El jefe de campaña del BIO Hespérides será J. L. Pelegrí y del B/O Coornide de Saavedra será G. Parrilla. La campaña del Hespérides se propone para agosto de 1995 y la del Cornide para febrero de 1996. Mas adelante se hace una descripción detallada de la campaña. Los características de las campañas, así como las mediciones a realizarse se indican mas adelante.

15) **Campañas B/O Navarro**

Las campañas del B/O Navarro serán coordinadas por Rafael Molina del IEO (Centro Oceanográfico de Canarias) y José L. Pelegrí de la ULPGC, y se realizarán en combinación con la del BIO Hespérides (B/O Cornide). En estas campañas se tomarían las mediciones de las radiales I, II y III, y se instalarían las líneas de instrumentos.

16) **Recuperación de las líneas subsuperficiales**

La recuperación de las líneas de instrumentos subsuperficiales (termistores y correntímetros) se realizará con el B/O Navarro para las radiales I y II, y con el BIO Hespérides (B/O Cornide) para la radial III.

17) **Procesamiento y análisis de las mediciones**

Una vez finalizado el trabajo de mar los datos serán procesados y analizados con el fin de comprobar su bondad y ponerlos en los formatos apropiados para su uso tanto en la descripción del área de estudio, como en los análisis mas específicos a llevarse a cabo.

18) **Descripción sinóptica, hidrográfica y dinámica del área de estudio**

Aquí se incluye el análisis de la distribución espacial y temporal de las variables, las correlaciones temperatura/salinidad/nutrientes, los cálculos geostrofos y las mediciones de corrientes realizadas desde el barco (ADCP y CTD con sensor acústico).

19) **Balance isopícnico de flujos de agua, nutrientes y calor**

Los datos hidrográficos y químicos de las campañas también se utilizarán para realizar balances del flujo de agua, nutrientes y calor en diferentes capas isopícnicas. Bajo la suposición de que el flujo dominante es isopícnico, los transportes de nutrientes y otros trazadores (elementos metálicos) proporcionarán ecuaciones adicionales que

permitan encontrar los flujos de agua y determinar la posible importancia de la mezcla diapícnica.

20) Análisis dinámico de procesos de mezcla

Los datos obtenidos, en particular aquellos del CTD con el correntímetro acústico, se utilizarán para analizar la estabilidad dinámica de la columna del agua en las estaciones y la posibilidad de procesos de transferencia diapícnica de masa y momento.

21) Transporte de sedimentos

Las mediciones de corrientes, realizadas con las líneas subsuperficiales de correntímetros instalados en la plataforma y talud continental, serán analizadas en conjunto con imágenes de satélite y mediciones con el transmisómetro del CTDV para estimar el transporte de sedimentos suspendidos desde la plataforma continental hacia el océano profundo.

22) Teledetección: temperatura superficial

Durante la realización de las campañas se llevará a cabo un estudio de las imágenes proporcionadas por los sensores Sea-Wifs y AVHRR. El objetivo de este análisis es el de conocer las características de la superficie del océano en el área bajo estudio durante un período mínimo de un año y, en particular, durante la realización de las campañas. Las imágenes obtenidas por el sensor Sea-Wifs nos serán proporcionadas a través del proyecto OCTOPUS, financiado por la Comunidad Europea y la European Space Agency (ESA), en el cual uno de los integrantes de la ULPGC (A. Hernández Guerra) participa. El único costo contemplado es el desplazamiento y estadía de una semana en el Joint Research Center ubicado en Ispra, Italia. Las imágenes suministradas por el sensor AVHRR serán adquiridas a la estación de Maspalomas, Gran Canaria.

23) Teledetección: altimetría

Se realizará un estudio retrospectivo de los datos de altimetría del satélite GEOSAT para la zona de la Corriente de Canarias y el afloramiento del Noroeste africano, los cuales se encuentran ya disponibles en la ULPGC. Este estudio permitirá estimar la variabilidad estacional y espacial de las corrientes geostróficas en la zona. Estos resultados serán comparados con los obtenidos a partir de las mediciones que se realicen durante el proyecto.

24) Recepción boyas Lagrangianas superficiales

Se lanzarán 12 boyas superficiales, 6 en cada campaña, en las posiciones indicadas en el mapa anexo. Se planea recibir la posición de las boyas durante un período de 2 meses, tiempo durante el cual se estima que las boyas se encontrarán en nuestra área de interés. Esta información nos será transmitida a través de las oficinas de CLS/ARGOS en París.

25) Análisis trayectorias superficiales

Las trayectorias de las boyas superficiales serán estudiadas bajo el contexto de las observaciones hidrográficas, las medidas de los correntímetros, las imágenes de satélite y el análisis de los vientos.

26) Recepción boyas isopícnicas

Las fuentes sónicas instaladas como parte del proyecto AMUSE, emiten una señal acústica que cubre el rango entre 500 y 1500 m de profundidad, denominado canal sónico. Dicha señal (proveniente de un mínimo de 2 fuentes sónicas para así poder

establecer su posición horizontal) es recibida y registrada por las boyas isopícnicas. Estas boyas comunmente se llaman RAFOS (el acrónimo de SOund Fixing and RAnging, pero leído hacia atrás), en la actualidad existiendo varios modelos: de uno o varios ciclos (dependiendo del número de veces que suban a la superficie del mar) y con medidor de velocidad vertical. En nuestro caso planeamos lanzar 6 boyas RAFOS clásicas (de un ciclo, sin medidor de velocidad vertical) durante la campaña del BIO Hespérides. Estas boyas se lanzarán en la superficie de $\sigma_t = 27.1$, la cual se estima debe encontrarse dentro del canal sónico en esta zona. Las boyas serán programadas para permanecer en esta superficie durante períodos variables entre 3 y 12 meses, dependiendo del lugar de su lanzamiento. Una vez completada su misión, las boyas subirán hasta la superficie y transmitirán al satélite ARGOS la información que hayan acumulado (esta transmisión durará hasta que se acabe la batería, lo cual debe suceder aproximadamente al cabo de un mes, tiempo suficiente para transmitir toda la información acumulada). La recepción de los datos se obtendrá a través de CLS/ARGOS en París.

27) Análisis trayectorias isopícnicas

Al igual que con las boyas superficiales, las trayectorias de las boyas isopícnicas serán analizadas bajo el contexto de las observaciones hidrográficas, las medidas de los correntímetros y el análisis de los vientos.

28) Conferencias, informes y publicaciones

Se contempla la realización de un informe anual descriptivo de las actividades realizadas y los resultados obtenidos. Los resultados de las campañas y su posterior análisis se presentarán en las dos conferencias internacionales de mayor prestigio en el área de la Oceanografía Física. Durante 1995 se planea la presentación de un mínimo de 4 trabajos en la reunión de la International Union of Geophysics and Geodetics, que se celebra cada cuatro años. En 1996 se planea la presentación de otro mínimo de cuatro trabajos en el Ocean Sciences Meeting, que se celebra de forma bianual. Finalmente, se anticipa la publicación de los resultados a través de revistas periódicas especializadas.

Distribución temporal de las tareas

Tarea	1994	1995	1996
	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D
1	-----	-----	-----
2	-----	-----	-----
3	-----	-----	-----
4	-----	-----	-----
5	-----	-----	-----
6	-----	-----	-----
7	-----	-----	-----
8	-----	-----	-----
9	-----	-----	-----
10	-----	-----	-----
11	-----	-----	-----
12	-----	-----	-----
13	-----	-----	-----
14	-----	-----	-----
15	-----	-----	-----
16	-----	-----	-----
17	-----	-----	-----
18	-----	-----	-----
19	-----	-----	-----
20	-----	-----	-----
21	-----	-----	-----
22	-----	-----	-----
23	-----	-----	-----
24	-----	-----	-----
25	-----	-----	-----
26	-----	-----	-----
27	-----	-----	-----
28	-----	-----	-----

Asignación de responsabilidades por tareas

Tarea	Responsables
1	ULPGC, IEO
2	ULPGC, IEO
3	ULPGC, AINCO
4	ULPGC, IEO, PCM
5	PCM
6	ULPGC
7	PCM, ULPGC
8	ULPGC
9	ULPGC, IEO
10	PCM, ULPGC, INM
11	ULPGC
12	IEO, AINCO
13	IEO, ULPGC
14	ULPGC, IEO, PCM, AINCO
15	IEO, ULPGC
16	IEO, ULPGC
17	IEO, ULPGC, PCM
18	IEO, ULPGC, PCM
19	ULPGC, IEO
20	ULPGC
21	ULPGC
22	ULPGC
23	ULPGC
24	ULPGC
25	ULPGC
26	ULPGC, AINCO
27	ULPGC, AINCO
28	ULPGC, IEO, PCM, AINCO

Campañas BIO Hespérides (B/O Cornide de Saavedra)

Se planea realizar la campaña con el Hespérides durante el mes de agosto de 1995. Una segunda campaña, casi idéntica a la primera, se realizaría con el Cornide de Saavedra durante febrero de 1996 (la única diferencia estriba en que durante esta segunda campaña no se contempla la utilización de boyas isopícnicas).

La campaña cubre un total de 3406 mn (millas náuticas), incluyendo las distancias de regreso a Cádiz, que a una velocidad media de 10 nudos corresponden a 14 días y 5 horas de navegación. Durante la campaña se realizarán 78 estaciones, 66 de las cuales estarán separadas por 26 mn y las 12 restantes por unas 13 mn. En todas las estaciones se tomarán medidas hidrográficas y químicas hasta 4000 m de profundidad, con el CTD y la roseta de 24 botellas (uno de los CTD disponibles dispone de sensor acústico de velocidad). Se planea abrir las botellas a profundidades de 5, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1700, 2000, 2500, 3000, 3500 y 4000 m de profundidad. A partir de las muestras de agua se determinará la concentración de elementos metálicos, que puedan ser utilizados como trazadores de masas de agua. El tiempo en cada estación se estima no superior a 4 horas (considerablemente menos en las estaciones costeras), lo que corresponde a un máximo de 13 días. Esto da un total de 27 días y 5 horas. Incluyendo el tiempo de embarque en Cadiz y desembarque en Las Palmas se estima un requerimiento máximo de 30 días de barco. Durante la campaña del Hespérides se utilizará el ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) instalado en el casco del barco.

A continuación se detallan las radiales comprendidas en la campaña (ver mapa anexo):

Radial AB: desde (36 30 N, 6 25 W) a (30 N, 13 25 W), para un total de 530 mn y 20 estaciones. Tiempo estimado de navegación 2 días y 5 horas, tiempo estimado en estaciones 3 días y 8 horas. Durante esta radial se lanzarán 4 boyas Lagrangianas (2 de superficie y 2 isopícnicas) sin coste adicional de tiempo.

Radial BC: desde (30 N, 13 25 W) a (30 N, 21 W), con la desviación indicada en el mapa para lanzar boyas Lagrangianas, para un total de 640 mn y 15 estaciones. Tiempo estimado de navegación 2 días y 16 horas, tiempo estimado en estaciones 2 días y 12 horas. Durante esta radial se lanzarán 8 boyas lagrangianas (4 de superficie y 4 isopícnicas).

Radial CD: desde (30 N, 21 W) a (23 N, 16 30 W), para un total de 485 mn y 17 estaciones. Tiempo estimado de navegación 2 días y media hora, tiempo estimado en estaciones 2 días y 20 horas.

Radial DE: desde (23 N, 16 30 W) a (23 N, 25 W), para un total de 470 mn y 26 estaciones. Tiempo estimado de navegación 1 día y 23 horas, tiempo estimado en estaciones 4 días y 8 horas. En esta radial se instalará una línea de anclaje subsuperficial, con dos correntímetros y una cadena termistor de 150 m, en la isóbata de 200 m.

El regreso del punto E a Las Palmas (donde se desembarcaría el personal científico) son unas 596 mn, y de Las Palmas a Cádiz otras 685 mn, para un total de 1281 mn, equivalentes a unos 5 días y 8 horas de navegación. En este último tramo se recuperará la línea subsuperficial instalada en la radial III (realizada con el B/O Navarro, ver mas adelante).

Lista de participantes en estas campañas

José Luis Pelegrí Llopart (ULPGC-Física) - Jefe Campaña Hespérides
Alonso Hernández Guerra (ULPGC-Física)
Carmen Gordo Rojas (ULPGC-Física)
Ana Antoranz Pecharromán (ULPGC-Física)
Pablo Sangrá Inciarte (ULPGC-Física)
Luis García Weil (ULPGC-Física)
Antonio Martínez Marrero (ULPGC-Física)
Angel Rodríguez Santana (ULPGC-Física)
Angeles Marrero Díaz (ULPGC-Física)
Mercedes Pacheco Martínez (ULPGC-Física)
Alicia Tejera Cruz (ULPGC-Física)
Adelina González Muñoz (ULPGC-Física)
Geoghe Pop (ULPGC-Física)
Alberto del Campo (ULPGC-Física)
Ignacio Alonso (ULPGC-Geología)
Javier Arístegui (ULPGC-Biología)
Joaquín Hernández Brito (ULPGC-Química)
Jose Juan Castro (ULPGC-Pesquerías)
Vicente Hernández (ULPGC-Pesquerías)
Gregorio Parrilla Barrera (IEO-Equipamiento Científico) - Jefe Campaña Cornide
Maria Jesús García Fernández (IEO-Equipamiento Científico)
Ignacio Rodríguez (PCM)
Begoña Pérez (PCM)
Alan Cantos (AINCO)
Oswaldo López Monzón (Universidad Politécnica de Calatuña)
Maria Snoussi (Universidad Mohamed V, Marruecos)
Mika Diop (Centre National de Recherches Oceanographiques, Mauritania)

Campañas B/O Navarro

El objetivo del B/O Navarro será el de realizar las tres radiales cortas I, II, y III (ver mapa anexo). El tiempo de duración estimado es de 15 días. En todas las estaciones se tomarán medidas hidrográficas con el CTD, y químicas con una roseta de 12 botellas. Las profundidades de apertura de las botellas serán: 5, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800 y 1000 *m*.

Tal como se indica en el mapa, se instalarán diversas líneas de anclajes subsuperficiales:

- 1) En la radial I se instalarán dos líneas de anclaje. La primera se instalará en la isóbata de 200 *m*, y contendrá tres correntímetros y una cadena termistor de 150 *m*. La segunda se instalará en la isóbata de 80 *m*, y contendrá dos correntímetros y una cadena termistor de 40 *m*.
- 2) En la radial II se instalará una línea con tres correntímetros (sin cadena termistor), en la isobata de 200 *m*.
- 3) En la radial III se instalará una línea en la isobata de 200 *m*, con tres correntímetros y una cadena termistor de 100 *m*.

Las líneas de instrumentos en los anclajes de las radiales I y II serán recuperadas por el B/O Navarro, aproximadamente 15 días después de su instalación.

Lista de participantes en estas campañas

Rafael Molina González (IEO-Canarias)

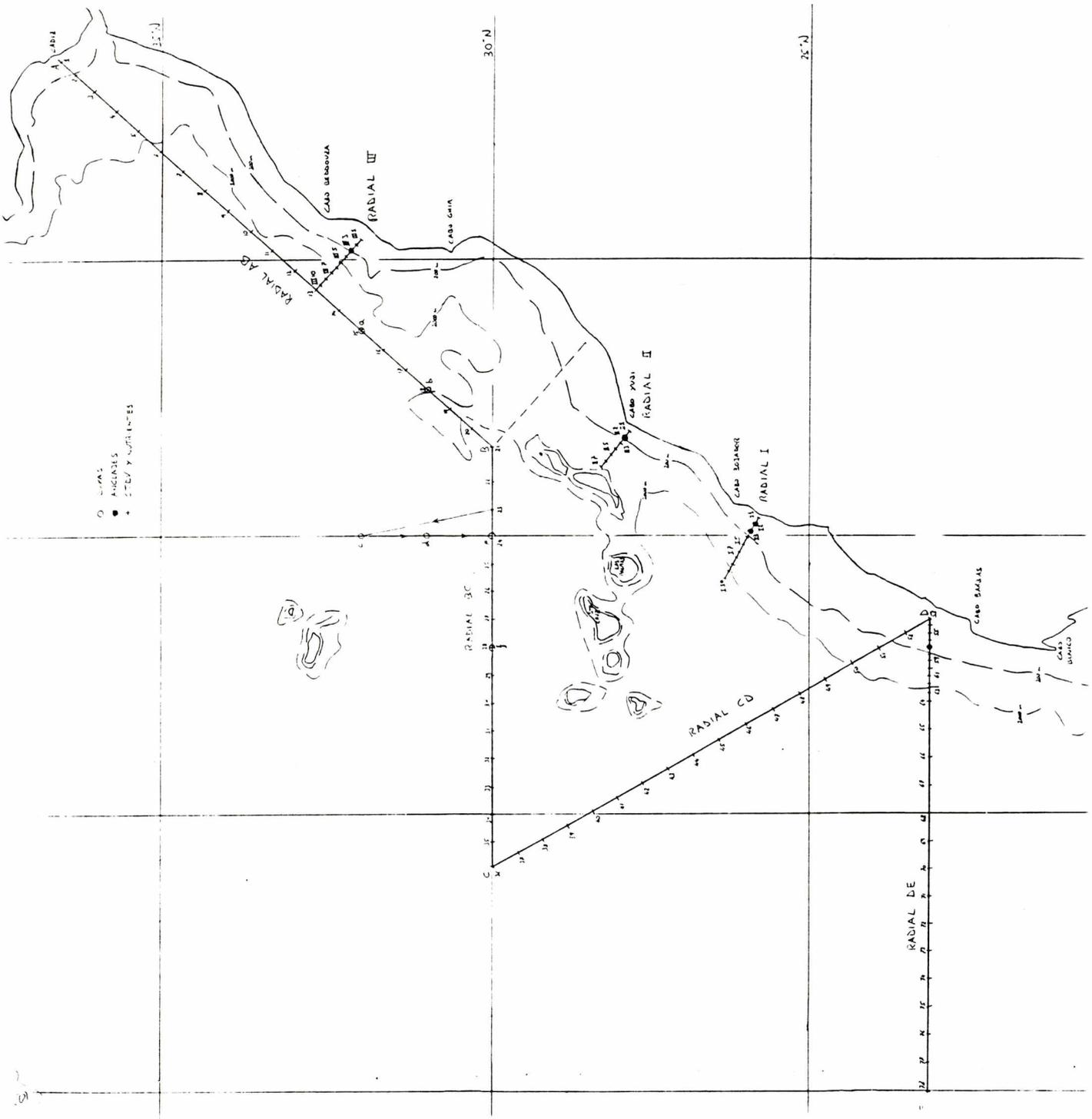
Federico López Laatzen (IEO-Canarias)

José Luis Pelegrí Llopart (ULPGC-Física)

Alonso Hernández Guerra (ULPGC-Física)

Joaquín Hernández Brito (ULPGC-Química)

Ben Bouchaib (Institut Scientifique des Peches Maritimes, Marrueco)



OTRAS CONSIDERACIONES QUE SE DESEE HACER CONSTAR

1) Cabe destacar que mas de la mitad del presupuesto solicitado corresponde a los gastos de viajes y dietas ocasionados por la participación en las campañas oceanográficas, mas el costo del gasoil para las campañas del B/O Cornide de Saavedra y el B/O Navarro. En este sentido es importante apreciar el ahorro económico que significa la posibilidad de utilizar los barcos del IEO, bajo la sola condición de que se cubran los gastos de gasoil.

2) Como parte del proyecto se solicita el BIO Hespérides por 30 días, incluyendo tiempos de embarque, desembarque y viaje de regreso a Cádiz. Debido al tiempo requerido para preparar las campañas, incluyendo la coordinación con los buques del IEO y la compra de los equipos oceanográficos, se solicita el barco para agosto de 1995. Las razones para preferir agosto son:

(a) Desde el punto de vista oceanográfico, finales de verano y finales de invierno corresponden a las épocas de características oceanográficas más opuestas. Esto permitiría utilizar el B/O Cornide de Saavedra en febrero de 1996 para estudiar la variabilidad estacional del sistema.

(b) El personal investigador de la ULPGC no tiene obligaciones académicas durante los meses de agosto.

3) Cabe destacar la experiencia de algunos de los miembros del equipo investigador en las diversas tareas a realizarse durante el proyecto, tal como puede apreciarse en los CV de los participantes. Por esta razón, y dada la magnitud e importancia del proyecto consideramos importante la asignación de becas doctorales. Tomando en cuenta la participación de cuatro doctores de la ULPGC y uno del PCM, se solicita una asignación de un total de cinco becas doctorales anuales (renovables hasta un máximo de tres años).