

RELACIÓN ENTRE LA PESQUERÍA CANARIA DEL ATÚN LISTADO (*Katsuwonus pelamis*) Y LAS CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS OBSERVADAS MEDIANTE IMÁGENES AVHRR DE ALTA Y BAJA RESOLUCIÓN

A. RAMOS, P. SANGRA, M. CANTON Y A. HERNANDEZ-GUERRA
Facultad de Ciencias del Mar (ULPGC).

Las Palmas.

RESUMEN

En el período abril-diciembre 1989 y junio 1990, se efectuó un estudio en el Atlántico Nororiental (10-30 N, 15-30 W), para estudiar las relaciones entre la dinámica oceanográfica a escala sinóptica y sub-mesoescala sobre el atún listado (*Katsuwonus pelamis*), utilizando imágenes AVHRR y datos "in situ". Los resultados muestran los mayores rendimientos de captura de listado relacionados con la dinámica frontal del Afloramiento Africano, así como en el sur de las Islas asociados a la perturbación generada por las Islas sobre la Corriente de Canarias.

ABSTRACT

*During the period april-december 1989 and june 1990, an study was conducted in the Northeast Atlantic (10-30 N and 15-30 W), to study the relationship between ocean dynamics and skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), distribution using AVHRR images and "in situ" data sets. Results show the highest skipjack CPUE records related to the Northwest African Upwelling frontal dynamic and to the marine system perturbation induced by the island. In spite of other factors we conclude that upper ocean dynamic plays an important role on skipjack movement in the area.*

1. INTRODUCCIÓN

El listado (*Katsuwonus pelamis*), es una especie netamente migratoria que soporta una importante pesquería en el Atlántico Nororiental, desde el Golfo de Guinea hasta Azores (ICCAT, 1986) (Figura 1).

El listado no es una especie poiquiloterma, sino que presenta mecanismos de termorregulación que determinan una marcada influencia de las condicionantes medioambientales sobre sus desplazamientos (Uda, 1973; Laurs and Lynn, 1977; Barkley et al., 1978; Evans et al, 1981; Sunnd et al., 1981; Stretta & Petit, 1989; Stretta, en prensa).

En este trabajo se mostrará de que manera afectan las características ambientales tomadas de datos "in situ" e imágenes SST de satélite, sobre las agregaciones de núcleos de pesca de listado indicadas por registros CPUE de parte de la flota española en aguas del Atlántico Nororiental (10-30 N, 10-30 W).

2. METODOLOGÍA

La información biológica fue obtenida de una muestra de 400 listados (sobre una población de 2000), extraída de la pesquería local canaria al cebo vivo durante el período 1988-90). Se obtuvieron y procesaron estadísticamente medidas de tipo morfométrico, análisis de Índices Gonadosomáticos y de Condición, así como contenidos estomacales.

Imágenes de temperatura superficial que cubrían las aguas

del Noroeste africano fueron procesadas en el Southeast Fisheries Center y en el Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Sciences (Florida, USA), así como en la Facultad de Ciencias del Mar (Canarias, España). Las imágenes (alta y baja resolución), fueron obtenidas del sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR/NOAA) utilizando el algoritmo diseñado por Castagné et al. (1986), de la radiancia obtenida en los canales 4 y 5 del espectro visible (663 y 750 nanómetros, respectivamente).

Una serie temporal (abril-noviembre 1989) de imágenes semanales de baja resolución (GAC) a gran escala, así como los registros de CPUE de listado fueron representados conjuntamente. Asimismo, se obtuvieron imágenes diarias de alta resolución a pequeña escala del área de Canarias (junio 1990), así como los registros de CPUE de listado y caballa (*Scomber japonicus*) correspondientes a tales fechas, que fueron también representados.

Las series de datos CTD "in situ" fueron obtenidas durante la campaña oceanográfica EMIAC 9006 del B/O "García del Cid" (1-12 junio 1990) auspiciada por un Programa de Investigación de la Comisión Intergubernamental Científica y Técnica (CICYT) del Departamento de Biología Facultad Ciencias del Mar.

Asimismo se desarrolló un modelo baroclínico quasigeostrofico regional (Modelo QG) (Mc Williams, 1977; Holland, et al., 1983; Pedlosky, 1986), con el objeto de entender la generación de eddies al sur de Gran Canaria. La integra-

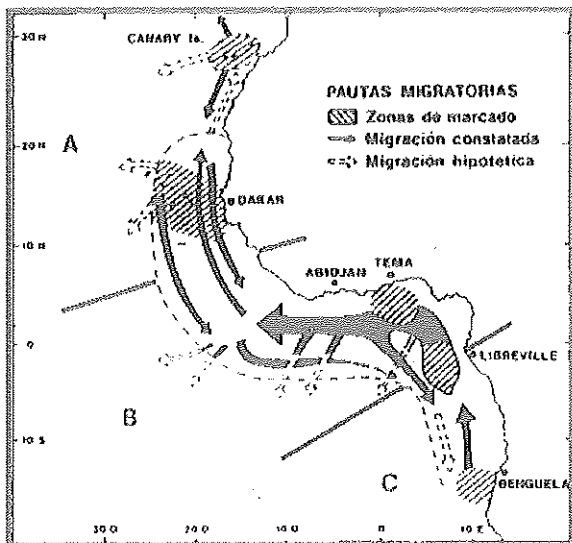


Figura.- 1 Pauta migratoria del listado en el Atlántico tropical oriental, en base a experimentos de mercado realizados el programa listado. Las flechas (trazo continuo) describen los movimientos de los peces, observados en las zonas de mercado. Las otras flechas (trazo discontinuo), son los posibles movimientos pero que no han sido confirmados por recuperación de marcas. A: pesquería estival en el norte. B: pesquería ecuatorial. C: pesquería estival en el sur.

ción numérica fue obtenida utilizando el método de las diferencias finitas sobre un modelo bicapa (Figura 2).

3. RESULTADOS

3.1. Resultados biológicos.

Las aguas canarias no son áreas de reproducción de listado. De hecho, se encontraron distintos niveles de reposo sexual comparando estadísticamente los índices Gonadosomáticos de machos y hembras para la misma distribución de tallas utilizando la escala descrita por Orange, (1961) (Figura 3a y 3b).

Además, la disponibilidad de alimento parece ser suficiente puesto que la oscilación temporal de los Índices de Condición calculado según el cociente peso real - peso teórico (calculado a partir de la relación peso-talla), fue estadísticamente estacionaria en sus niveles óptimos (Figura 4a).

Finalmente, los análisis de caballa consumida en condiciones naturales, así como el rango de tallas de predación observado en los contenidos (Figura 4b), sugieren una alimentación oportunista sobre listado en Gran Canaria. Una gran cantidad de este escómbrido, uno de los más importantes del área (Bakun & Parish, 1982; Castro, 1991), fue consumida en condiciones naturales (58%), y separada de aquella utilizada como cebo vivo para la pesca (20%) junto al gualde blanco *Atherina prebister* y la boga *Boops boops* (2%). Para la separación de ambos bits (caballa consumida en condiciones naturales y como cebo), se utilizó el método de la curva de digestión descrito por Olson y Boogs (1986), consideran-

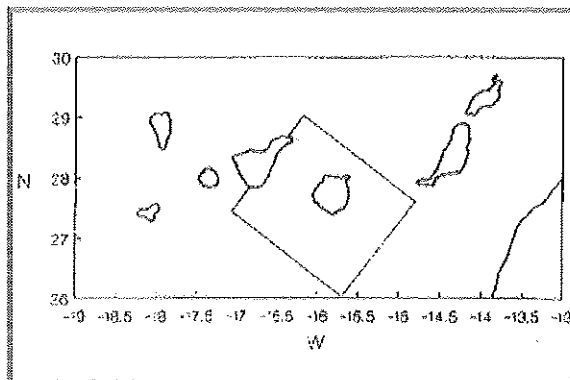


Figura 2.- Dominio del modelo QG orientado hacia el NE. Lx: 172,8 km., Ly: 259,2 km. La malla espacial $y=x=5,4$ km.

do un periodo de cuatro horas entre la pesca y el muestreo (Figura 5). También se obtuvieron registros no significativos de cefalópodos no identificados y sardinas *Sardina pilchardus*, (1% del peso total consumido).

3.2. Resultados bio-ambientales.

ICCAT (1986), estableció la migración de listado en el Atlántico Nor-oriental en base a los resultados de distintas campañas de mercado, observándose un desplazamiento hacia el Norte desde aguas del Golfo de Guinea hacia Canarias, Madeira y Azores. Esta migración puede estar relacionada con las variaciones estacionales meridionales sinópticas de la temperatura superficial marina (Imágenes a,b,c, y d.). Desde la primavera hasta el verano, se observa un desplazamiento del frente de Azores hacia áreas más septentrionales, debido al sobrecalentamiento estacional (Imágenes 1 a,b,y c.); de otoño a invierno, la situación se invierte (Imágenes 1 c y d).

Además, se observó una variación mensual de registros CPUE desde las Islas Orientales (Palma e Hierro) hacia las Occidentales (Lanzarote). Esta deriva parece estar relacionada con la oscilación meso-escalar zonal de la temperatura superficial en el mismo sentido, y asociada a su vez con las variaciones pulsativas del Afloramiento Africano y las perturbaciones al flujo generadas por la presencia de las Islas (Imágenes 1 b,c, y d).

Finalmente, se observó una variación semanal local (aguas de Gran Canaria) de registros CPUE de listado y caballa (Imágenes 2 a, y b). Se detectó una buena correlación entre las características oceanográficas sub-mesoescalares asociadas a la perturbación al flujo normal de la corriente generada por la presencia de la Isla, y los registros CPUE de listado y caballa. Las principales características fueron: una estela de agua caliente al S de la isla (Nylkjaer, 1988; Hernández-Guerra, 1990), donde se encontraron los principales registros CPUE de ambas especies, así como un eddy ciclónico (SW) donde no se detectó la presencia de éstas (Imágenes 2a, y Figura 7).

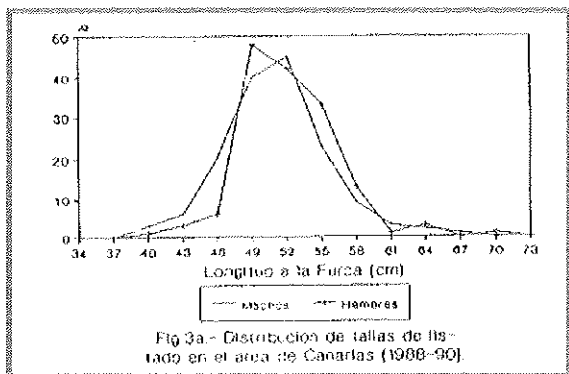


Fig. 3a.- Distribución de tallas de listado en el área de Canarias (1988-90).

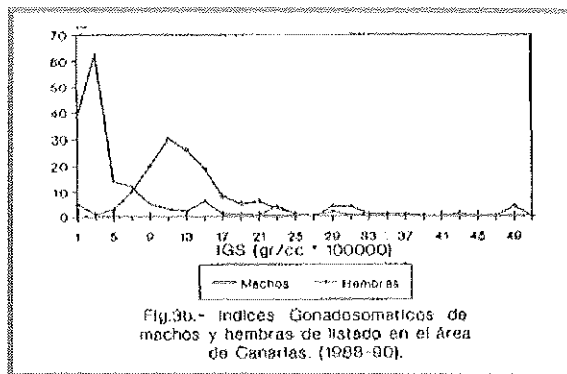


Fig. 3b.- Índices gonadosomáticos de machos y hembras de listado en el área de Canarias (1988-90).

Figura 3a.- Distribución de tallas de listado en el área de Canarias (1988-1990).

Figura 3b.- Índices gonadosomáticos de machos y hembras de listado en el área de Canarias (1988-1990).

4. DISCUSIÓN

Los túnidos tropicales y especialmente el listado parecen haberse especializado en una estrategia de alimentación con un elevado gasto energético que incluye una natación rápida y una búsqueda de sus presas sobre grandes áreas (Au, 1986). Además, como se ha discutido en la introducción, las condiciones oceanográficas y ambientales influyen marcadamente sobre los movimientos de listado. De hecho, nuestros resultados han mostrado una relación muy clara entre la dinámica oceanográfica a gran y pequeña escala (oscilaciones de la SST) y la localización de núcleos de captura.

Las imágenes de satélite así como los registros "in situ" muestran que la distribución espacio-temporal de listado están relacionadas con la dinámica oceanográfica a escala sinóptica (estacional y espacialmente (0) 1000 km), a escala mesoescalar (mensualmente y (0) 100 Km y a escala submesoescalar semanalmente y (0) 10 km), es to es una oscilación meridional de la SST, Afloramiento del NW africano, eddies ciclónicas frías y estelas de agua caliente respectivamente).

4.1. Relaciones a escala sinóptica.

Tres características oceanográficas principales determinan el desplazamiento hacia el norte de los núcleos de pesca.

Nuestros resultados muestran que el listado está fuertemente relacionado con la dinámica frontal asociada con las fluctuaciones pulsativas del afloramiento del NW africano (Imagen 1 a,b,c, y d), principalmente en Cabo Blanco (20 N, 17 W). De hecho, los mayores núcleos de captura fueron observados allí. La alta concentración de alimento (Bakun & Parrish, 1982) y la calidad de agua determinan esta situación (Laurs et al., 1984). Como predador visual, las agregaciones de listado mencionadas arriba reflejan su incapacidad para capturar presas de pequeño tamaño en aguas afloradas turbias (alta concentración de materia orgánica). Sin embargo, las mayores concentraciones de alimento se encuentran en las aguas eutróficas cercanas a la costa. Esta es la razón por la que se observan núcleos de captura muy importantes relacionados con la dinámica frontal. De hecho, una situación similar ha sido observada para otras especies de túnidos en condiciones oceanográficas similares (afloramiento californiano (Laurs et al., 1984; Fiedler & Bernard, 1987). Por estas razones mencionadas arriba, creemos que el área fron-

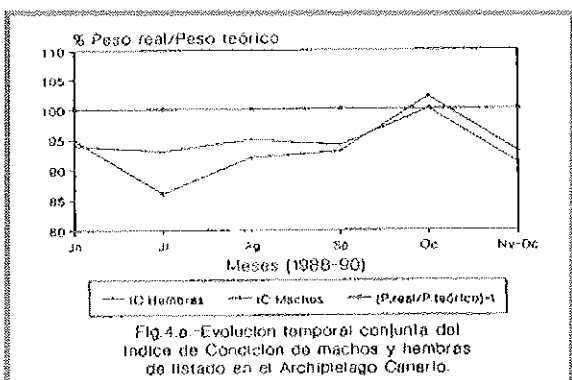


Fig. 4.a.- Evolución temporal conjunta del Índice de Condición de machos y hembras de listado en el Archipiélago Canario.

Figura 4a.- Evolución temporal conjunta del Índice de Condición de machos y hembras de listado en el archipiélago canario.

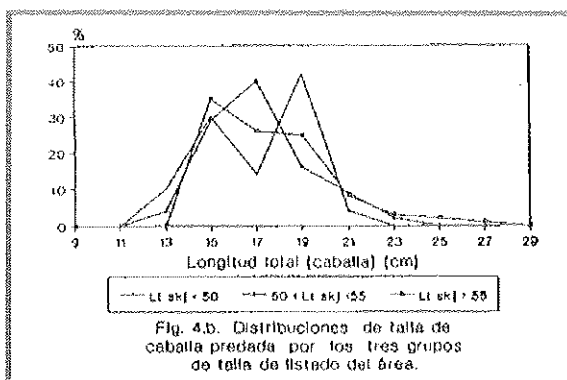


Fig. 4.b.- Distribuciones de talla de caballa predada por los tres grupos de talla de listado del área.

Figura 4b.- Distribuciones de talla de caballa predada por los tres grupos de talla de listado del área.

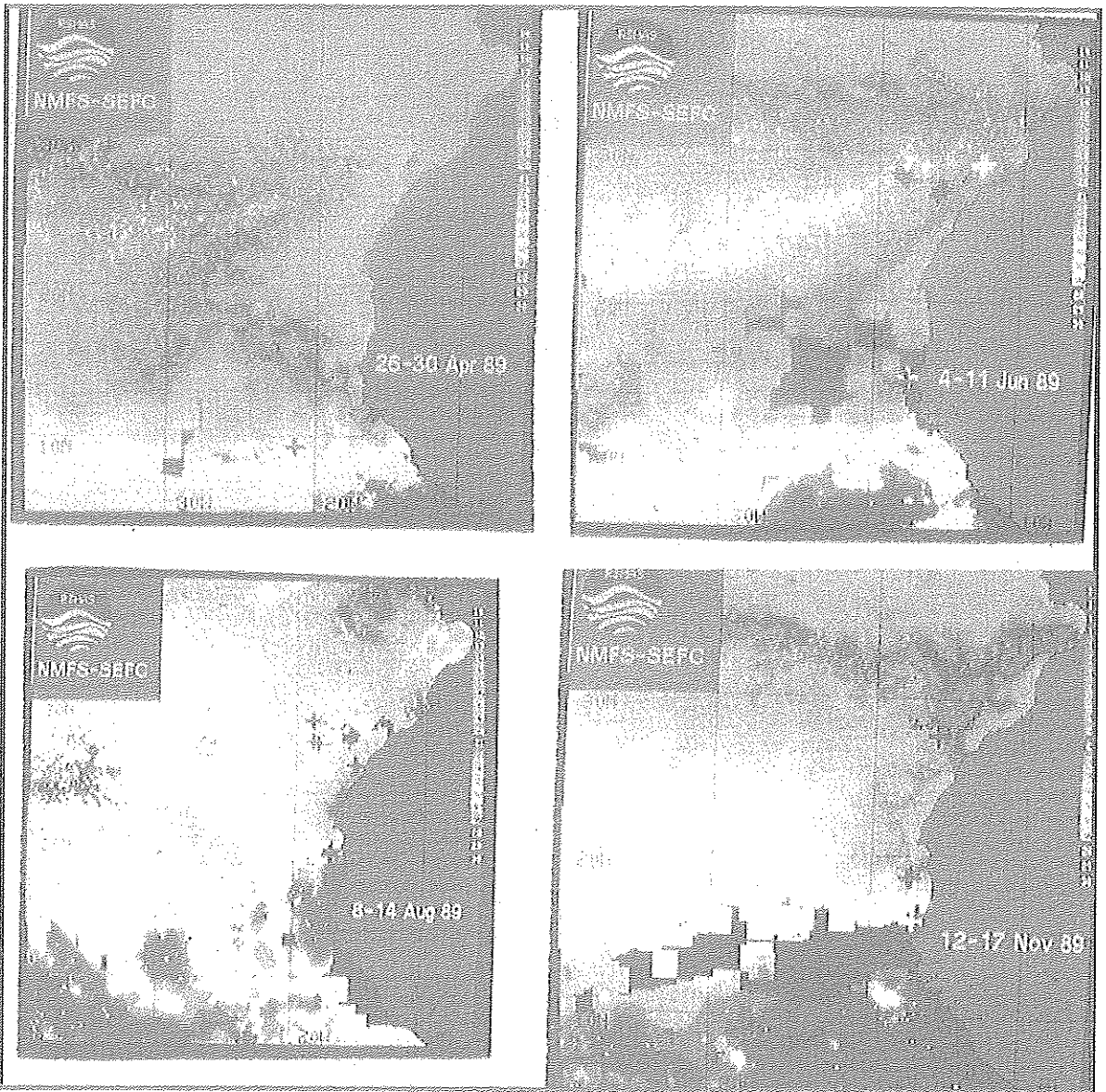


Imagen 1 a, b, c, d.- Imágenes GAC correspondientes al área 10-40 W. Los puntos azules se corresponden con CPUE 0,8 fm/h, los violetas con CPUE 0 y 0,8 fm/h., los blancos implican CPUE=0. Véase Anexo de color.

tal podría definir su mejor punto de inicio para posteriores migraciones aguas más al norte.

En verano, un progresivo calentamiento de la superficie del océano, lleva a una deriva de tipo meridional de la SST. Como dijimos en la introducción, el listado no es un poiquitermo estricto, y consecuentemente, sus movimientos se verán afectados por la deriva antes mencionada. Siguiendo la deriva de tipo meridional de la SST, en las Figuras 6a,b,c, podemos ver un sucesivo desplazamiento de los núcleos de pesca desde Cabo Blanco hacia el área de Canarias. Se su-

giere que la mejor trayectoria para sus migraciones hacia el norte podrían ser las fluctuaciones pulsativas del área frontal generada por el afloramiento del NW africano. De hecho, los regímenes de vientos alisios del NE son altamente favorables para el desarrollo de esta situación (Nykjaer, 1988). En aguas canarias, observamos una deriva de registros CPUE desde el Oeste hacia el Este (Figura 6). Además, se ha observado la entrada de una lengua de agua caliente orientada desde el SW hacia NE orientado en la misma área (Imagen 1d). Se sugiere que esta deriva desde verano hasta otoño,

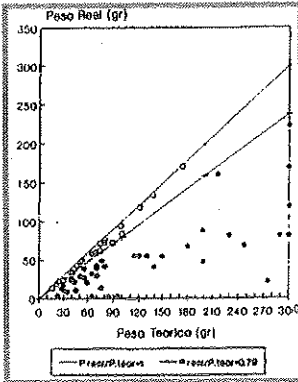


Figura 5.- Caballa consumida en condiciones naturales y como cebo. El área delimita un área de digestión menor de 4 horas.

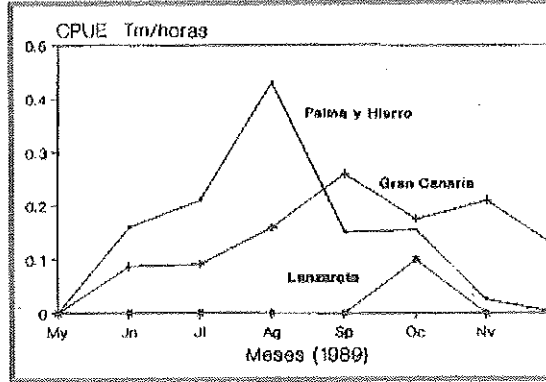


Figura 6.- Deriva espacio temporal de CPUE desde el W hacia el E Palma > Hierro > Gran Canaria > Lanzarote.

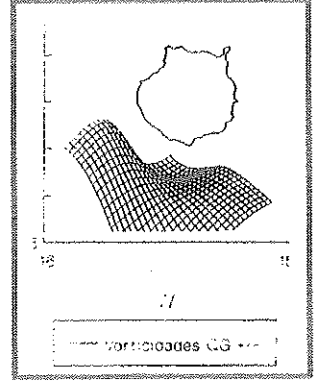


Figura 7.- Superficie isotérmica de 18°C tomada sobre 40 estaciones CTD en junio 90.

define una vía por donde los atunes se podrían mover hacia el este. Pero, ¿Por qué las localizaciones de núcleos de pesca está estrechamente relacionada con la presencia del Archipiélago?. Se consideró conveniente estudiar las relaciones a pequeña escala entre los núcleos de pesca y la dinámica oceánica.

4.2. Relaciones a meso y submesoescala.

Los resultados han mostrado que las variaciones espacio-temporales de la distribución local de listado (área canaria), están relacionadas con las características oceanográficas submesoescalares asociadas a la perturbación generada al flujo normal por la presencia del Archipiélago (Imagen 2a y b). Como se explicó en los resultados, el área de Canarias parece no ser un área de reproducción, y las disponibilidades de alimento (caballa principalmente), parece ser suficiente. Sin embargo se hace necesario el obtener otros factores para explicar la frecuente localización de núcleos de pesca al SW de las Islas.

Las imágenes de satélite, los registros CPUE (Figura 8a), así como los datos "in situ", muestran un "pocket" de agua más caliente y muy estratificado al SW de la isla donde la concentración de alimento es la más alta en lo que se ha dado en llamar "Efecto de Masa de Isla". En la Imagen 2a podemos ver un eddy ciclónico frío, que puede constituir una barrera térmica para posteriores desplazamientos hacia el norte. De hecho, no habían registros CPUE en esta estructura, y los mayores núcleos de pesca estaban comprimidos encontrados en la estela de la Isla. Los resultados preliminares del modelo numérico Q-G indican que una de las posibles causas del mecanismo de generación podría ser un "vortex de corte" de Von Karman. Este mecanismo bajo ciertas características de flujo (estrechamiento de la Corriente de Canarias y el número de Reynolds), pueden generar un eddy ciclónico al SW y uno de carácter anticiclónico al SE de Gran Canaria (Figura 8). Registros CTD "in situ" (Aristegui et al., en prep.), han confirmado la presencia de ambas estructuras. Este fenómeno puede ser correlado a su vez con

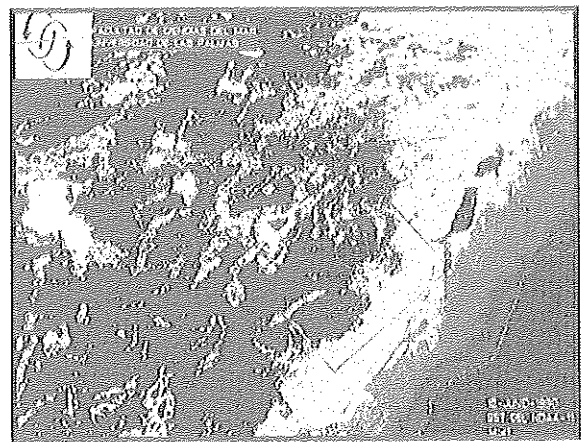
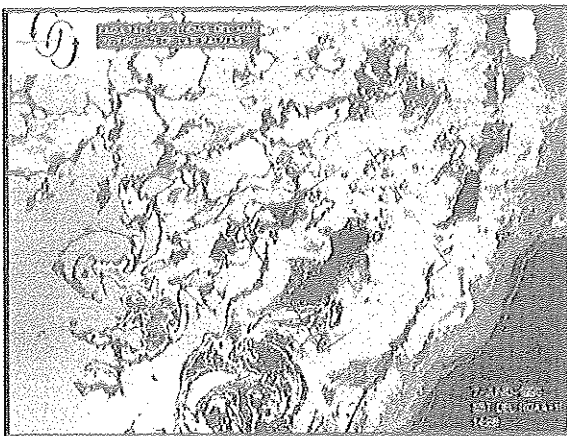


Imagen 2 a y b.- Imágenes LAC correspondientes a junio 90. Los círculos expresan rendimientos CPUE en tm/h. Véase Anexo de color.

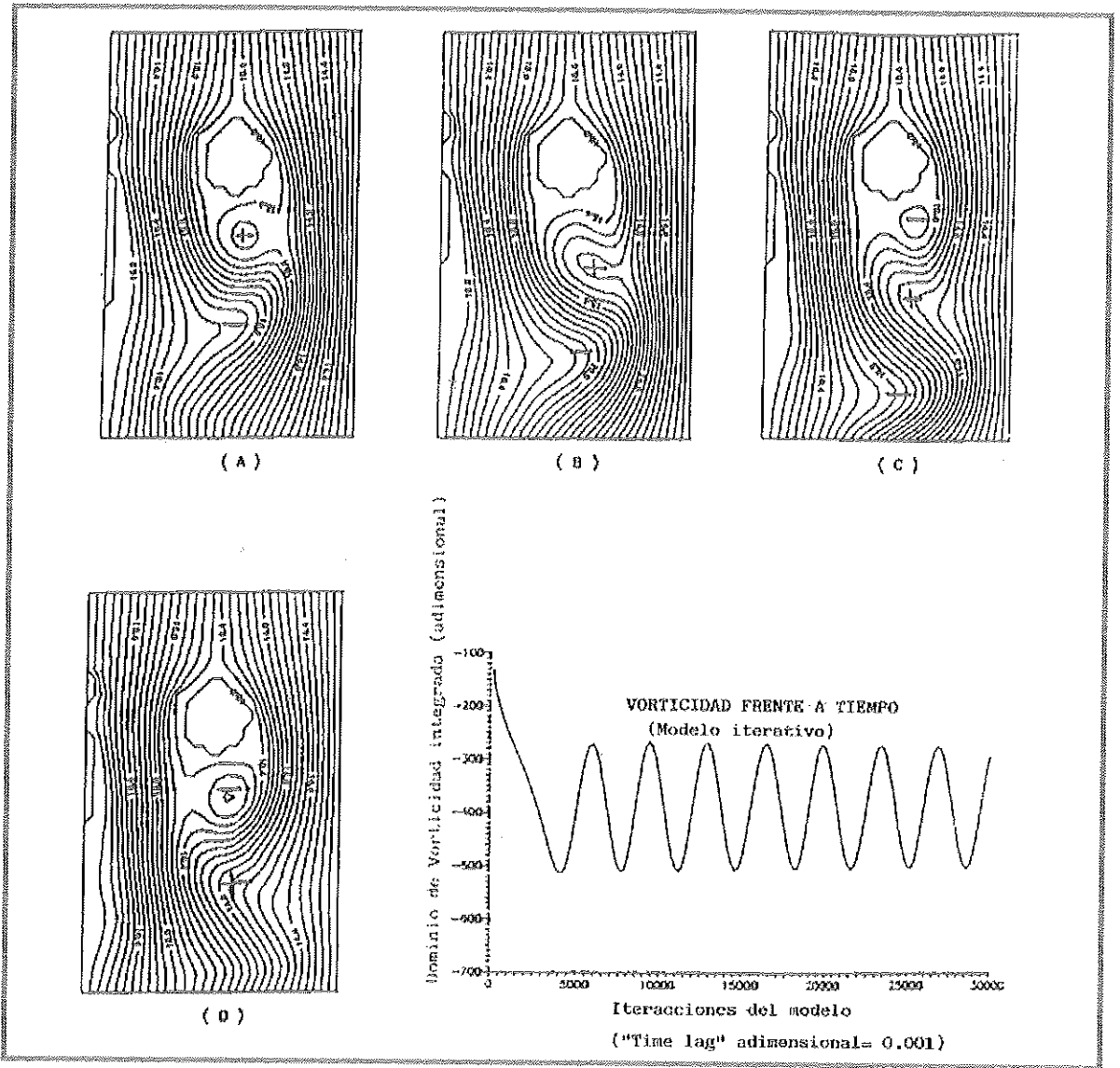


Figura. 8.- Generación de vórtices von-Karman ciclónicos y anticiclónicos al sur de Gran Canaria. ($Re=200$). Función de corriente barotrópica no dimensional despues de a) 23500, b)24000, c)25000 iteraciones de modelo. El tiempo dimensional entre a y d es de 5 días aproximadamente.

los desplazamientos verticales de la termoclina al E y al W con la consiguiente conformación de "núcleos de vorticidad cero" en el "pocket" de agua más caliente al sur de la Isla.

En la Figura 8b se observa una homogeneización espacial de la temperatura superficial, al sur de Gran Canaria relacionado con la extinción de la estela y la dispersión horizontal de los registros CPUE para ambas especies listado y caballa. Sugerimos la hipótesis de que las condiciones de generación del eddy (corriente de Canarias y número de Reynolds) han desaparecido generando la homogeneización espacial de la temperatura superficial y la dispersión de listado.

5. AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer a la Dra. Browder del Southeast Fisheries Center de Miami (Florida). A los Drs Stretta y Petit ORSTOM de Montpellier (Francia) por sus múltiples comentarios y sugerencias, así como a los Drs Hernández-León y Arístegui por la posibilidad de efectuar la campaña EMIAC 9006 a bordo del "B/O García del Cid".

6. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ AU, D. (1986): Skipjack population Dynamics; Is it qualitatively different from that of other tropical tunas?. In *proceed ICCAT. Con. Intern. Skipjack Year prog.* Symons Miyake and Sakagawa (Editors). ICCAT. Madrid 1986. 388 pages.
- ✓ BAKUN, A. & R. PARRISH (1982): Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru Current Systems CALCOFI Rep. Vol XXIII.
- ✓ BARKLEY, R.A., W.H. NEILL and R.M. GOODING (1978): Skipjack tuna *Katsuwonus pelamis*, habitat based on temperature and oxygen requirement. *Fish Bull.* Vol. 76: 653-662.
- ✓ CASTAGNE, N.; LE BORGNE, P.; LE VOURCH, J. & ORLY, J. (1986): Operational measurement of sea surface temperatures at CMS Lannion from NOAA-7 AVHRR data, *Int. Remote Sensing.* Vol 7(8): 953-984.
- ✓ CASTRO, J.J. (1991): Ecología trófica de la caballa (*Scomber japonicus* Houlttuyn, 1972), en aguas del Archipiélago canario. PhD. Thesis. University of Las Palmas de Gran Canaria. Canary Islands, Spain.
- ✓ DIZON, A. & BRIL, R. (1979): Thermoregulation in tunas. *Amer Zool.* Vol 19: 249-265.
- ✓ EVANS, R.H., D.R. MACLAIN, and R.A. BAUER (1981). Atlantic skipjack tuna: Influences of the environment on their vulnerability to surface gear. *Collect. Scient. Doc. (ICCAT)*, vol 9 (1): 264-274.
- ✓ FIEDLER, P. & BERNARD, H. (1987): Tuna aggregation and feeding near fronts observed in satellite imagery. *Cont. Shelf Res.* Vol 7 (8): 871-881.
- ✓ HOLLAND, W.; HARRISSON D.E. & ASEMTNER, A. (1983): Eddy-resolving numericals models of large scale circulation. En *Eddies in Marine sciences.* A.R. Robinson (Editor). Springer Verlag.
- ✓ HERNANDEZ-GUERRA, A. (1990): Estructuras oceanográficas en las aguas que rodean el Archipiélago Canario mediante los sensores AVHRR y CZCS. Ph.D. Thesis Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas. Spain.
- ✓ ICCAT, (1986): Proceedings of the ICCAT conference on the International Skipjack Year Program. Symons, Miyake and Sakagawa (Editors). Madrid. 1986. 388 pag.
- ✓ LAURS, M. & LYNN R. (1977): Seasonal migration of North Pacific albacore. *Thunnus alalunga*, into North America coastal waters: Distribution, relative abundance, and association with transition zone waters. *Fish Bull.*, vol 75 (4) 795-822.
- ✓ LAURS R.M.; FIEDLER P.C. & MONTGOMERY, D.R. (1984): Albacore tuna datch distribution relative to environmental features observed from satellites. *Deep Sea Res.* Vol. 31(9): 1085-1099.
- ✓ MAC WILLIAMS (1977): A note on a consistent quasigeostrophic model in a multiply connected domain. *Dyn. Atmos. Oceans.* Vol 2: 427-441.
- ✓ NIKJAER, L. (1988): Remote sensing applied to the Northwest African Upwelling area. Ph. D. Thesis. University of Copenhagen. Denmark.
- ✓ PEDLOSKY, J. (1986): Geophysical fluid dynamics. *Springer Verlag.* (Sec. edition). 705 p.
- ✓ OLSON R.J. & BOGGS, C.H. (1986): Apex predator by yellowfin tuna: independent estimates from gastric evacuation and stomach contents, bioenergetics and cesium concentrations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 43: 1760-1765.
- ✓ ORANGE, C.J. (1961): Spawning of yellowfin tuna and skipjack in the eastern tropical Pacific as inferred from studies of gonad development. (English and spanish). *Inter Am. Trop. Tuna Comm. Bull.* Vol. 13: 419-496.
- ✓ STRETTA, J.M. & PETIT M. (1989): L' environnement des thonidés au large de la Côte d'Ivoire. *Collect. Scient. Doc. (ICCAT)*, Vol.30 (1): 39-46.
- ✓ STRETTA, J.M. (In press). Forecasting models for tuna fishery with aerospatial remote sensing. In *J. Rem. Sens.*
- ✓ SUND, P., BLACKBURN M. & WILLIAMS, F. (1981): Tunas and their environment in the Pacific Ocean: A review. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* Vol (19): 443-512.
- ✓ UDA, M. (1973): Pulsative fluctuation of oceanic fronts in association with the tuna fishing grounds and fisheries. *J. Fac. Mar. Sci. Techn. Tokai University.* Vol 7: 245-265.