

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA



TESIS DOCTORAL

**BIOECOLOGÍA DEL LISTADO (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758)
EN EL ÁREA DE CANARIAS. MODELO DE GESTIÓN Y
EXPLOTACIÓN MEDIANTE EL USO DE LA TELEDETECCIÓN**

ANTONIO JUAN GONZÁLEZ RAMOS

Las Palmas de Gran Canaria, Junio de 1992

**BIOECOLOGIA DEL LISTADO (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) EN
EL AREA DE CANARIAS. MODELO DE GESTION Y EXPLOTACION MEDIANTE
EL USO DE LA TELEDETECCION.**

20-1991/92

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
UNIDAD DE TERCER CICLO Y POSTGRADO

Reunido el día de la fecha, el Tribunal nombrado por el Excmo. Sr. Rector Magfco. de esta Universidad, el aspirante expuso esta TESIS DOCTORAL.

Terminada la lectura y contestadas por el Doctorando las objeciones formuladas por los señores jueces del Tribunal, éste calificó dicho trabajo con la nota de APTO CUM LAUDE POR UNAN.

Las Palmas de G. C., a 2 de julio de 1992

El Presidente: Dr. D. Francisco Rubio Royo,

El Secretario: Dr. D. Javier Arístegui Ruiz,

El Vocal: Dr. D. Manuel Cantón García.

El Vocal: Dr. D. Jean Michel Stretta,

El Vocal: Dr. D. Olegario Rodríguez Martín,

El Doctorando: D. Antonio Juan González Ramos,



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA



*BIOECOLOGIA DEL LISTADO (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) EN
EL AREA DE CANARIAS. MODELO DE GESTION Y EXPLOTACION
MEDIANTE EL USO DE LA TELEDETECCION.*

*Tesis Doctoral presentada por el Lcdo. en Ciencias del Mar Antonio Juan
González Ramos para acceder al grado de Doctor.*

Dirigida por el Dr. D. Carlos Bas Peired

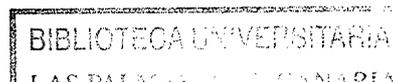
El Director,

El Doctorando,

Fmdo. ~~Dr.~~ Carlos Bas

Fmdo. Antonio González Ramos

Las Palmas de Gran Canaria a 4 de Junio de 1992.



AGRADECIMIENTOS.

* Mis más sinceras ¡ GRACIAS ! a todas las personas e Instituciones relacionadas a continuación porque sin su inestimable ayuda y apoyo este trabajo no habría sido posible.

* A la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y a la Secretaría de Estado para Investigación y Universidades del MEC, por la concesión de las Becas de Investigación que me han permitido un soporte económico sólido durante estos cuatro largos años.

* A mi Director de Tesis, el Dr. Carlos Bas Peired por creer en mis ideas y ayudarme a desarrollarlas.

* A los Drs. Brad Brown y Joan Browder del National Marine Fisheries Service (Florida, EEUU), Jean Michel Stretta y Michel Petit del Institute Français de Recherche Scientifique pour le Developpement en Cooperation (Montpellier, Francia), por facilitarme la estancia en ambos Centros, y porque sin sus comentarios y críticas constructivas no habría sido posible este trabajo.

* Al Dr. Olegario Rodríguez Martín, ex-secretario ejecutivo de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT), por las facilidades y apoyo mostrados además de permitirme la asistencia a las reuniones plenarias anuales durante los años 1988,89,90 y 91. Mi más sincera gratitud para él y para la delegación científica española.

* A los Drs Manuel Cantón, Javier Arístegui y Hernández-León, así como a Pablo Sangrá de la ULPGC por el apoyo profesional y la amistad brindada. Fueron ellos los que me dieron la posibilidad de desarrollar la ilusión que siento por mi profesión.

* A mis compañeros de la sección de pesquerías del Dpto. de Biología de la ULPGC, en especial a los Dres. Lorenzo Nespereira y Castro Hernández con los que he pasado estos intensos cuatro años.

* Al Personal Docente y PAS del Departamento de Biología por su profesionalidad y dedicación y muy especialmente a los Becarios de Investigación.

* A las Cofradías de pescadores de La Restinga (Hierro), Palmamar (La Palma) y Mogán (Gran Canaria) por la ayuda logística para el desarrollo de la parte experimental.

* A mi padre, a mis hermanos y hermanas y a mis amigos por todo lo que suponen para mí.

* En definitiva, a todos aquellos que de alguna u otra manera me ayudaron durante estos estos años. No querría olvidarme de los que no me ayudaron, porque ello me sirvió para aguzar el ingenio.

* A Isabel Ramírez Gil, con todo mi respeto y admiración, por

compartir conmigo todo lo bueno y lo malo de estos cuatro años, los más importantes e intensos de mi vida. Sin tu ayuda este trabajo no habría sido posible.

* A todos, mis más sinceras gracias. Sin vuestra ayuda habría sido muy difícil terminar este trabajo.

"El vió que el agua fluía y fluía y sin embargo siempre estaba allí...
Era siempre la misma y en todos los momentos era
nueva...."

Sidarta, de Hermann Hesse

A mi Madre y a mi hermana Ana.

A mis sobrinitas Carla, Adriana,

Pía y Bárbara.

0.- INDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| 1.- INTRODUCCION GENERAL | 7 |
| 1.1.- CONSIDERACIONES PREVIAS | 8 |
| 1.2.- MORFOLOGIA | 8 |
| 1.3.- TERMORREGULACION | 12 |
| <i>1.3.1.- Características generales</i> | 12 |
| 1.4.- DISTRIBUCION DIFERENCIAL DE ADULTOS, JUVENILES Y LARVAS | 14 |
| <i>1.4.1.- Distribución de adultos</i> | 14 |
| <i>1.4.2.- Distribución de larvas y juveniles</i> | 15 |
| 2.- ANTECEDENTES Y CONSIDERANDOS PREVIOS | 19 |
| 2.1.- ANTECEDENTES SOBRE LISTADO EN EL ATLANTICO | 20 |
| 2.2.- ANTECEDENTES EN EL AREA CANARIA | 25 |
| 3.- METODOLOGIA GENERAL Y ESTRATEGIA | 29 |
| 3.1.- INTRODUCCION | 30 |
| 3.2.- METODOLOGIA BIOLOGICA | 31 |
| <i>3.2.1.- Distribuciones de tallas</i> | 32 |
| <i>3.2.2.- Obtención de edades</i> | 33 |
| 3.2.2.1.- Introducción | 33 |
| 3.2.2.2.- Análisis de los otolitos | 34 |

| | |
|--|----|
| 3.2.2.3.- Análisis de los radios | 35 |
| <i>3.2.3.- Reproducción</i> | 37 |
| 3.2.3.1.- Estadíos gonadales | 37 |
| 3.2.3.2.- Metodología estadística | 40 |
| <i>3.2.4.- Alimentación</i> | 40 |
| 3.3.- METODOLOGIA PESQUERA | 45 |
| 3.4.- METODOLOGIA PARA MEDIO AMBIENTE | 47 |
| 3.5.- METODOLOGIA PARA LA TELEDETECCION | 48 |
| 4.- BIOLOGIA DEL LISTADO EN EL AREA DE CANARIAS | 55 |
| 4.1.- DISTRIBUCION DE TALLAS. CONTRASTE DE IGUALDAD DE MEDIAS | 56 |
| 4.2.- RELACIONES DE INDICE DE CONDICION | 64 |
| 4.3.- CRECIMIENTO | 68 |
| <i>4.3.1.- Análisis de los otolitos</i> | 68 |
| 4.3.1.1.- Introducción | 68 |
| 4.3.1.2.- Resultados y discusión | 69 |
| <i>4.3.2.- Análisis de los radios</i> | 73 |
| 4.3.2.1.- Resultados y discusión | 73 |

| | |
|---|-----|
| 4.3.3.- Conclusiones | 78 |
| 4.4.- REPRODUCCION | 78 |
| 4.4.1.- Introducción | 78 |
| 4.4.2.- Resultados y discusión | 79 |
| 4.4.2.1.- Relación de sexos | 79 |
| 4.4.2.2.- Distribución de IGS | 80 |
| 4.4.2.3.- Variaciones temporales Indice gonadosomáticos- Longitud furcal | 84 |
| 4.4.2.4.- Conclusiones | 84 |
| 4.5.- ALIMENTACION | 87 |
| 4.5.1.- Introducción | 87 |
| 4.5.2.- Resultados y discusión | 89 |
| 5.- RECURSO PESQUERO | 95 |
| 5.1.- ESTRATEGIA DEL LISTADO EN EL ATLANTICO ESTE. ESCALA SINOPTICA | 96 |
| 5.2.- ESTRATEGIA PESQUERA ATUNERA EN EL ARCHIPIELAGO CANARIO. ANALISIS MESOESCALAR | 101 |
| 5.2.1.- Introducción | 101 |
| 5.2.2.- Resultados y discusión | 101 |

| | |
|---|------------|
| 5.2.2.3.- Capturas | 110 |
| 5.2.2.4.- Esfuerzo | 112 |
| 5.2.2.5.- Estrategia pesquera local | 112 |
| 6.- RELACION LISTADO - MEDIO AMBIENTE EN EL AREA CANARIA. | 116 |
| 6.1.- INTRODUCCION | 117 |
| 6.2.- CLIMATOLOGIA | 117 |
| 6.3.- CIRCULACION OCEANICA | 119 |
| 6.3.1.- <i>Circulación superficial</i> | 119 |
| 6.4.- CARACTERISTICAS OCEANOGRAFICAS DEL AREA DE ESTUDIO | 119 |
| 6.4.1.- <i>Afloramiento del NW africano</i> | 119 |
| 6.4.2.- <i>Area de Canarias</i> | 122 |
| 6.5.- RELACIONES MEDIO AMBIENTE-LISTADO EN EL AREA CANARIA | 126 |
| 6.5.1.- <i>Introducción</i> | 126 |
| 6.5.2.- <i>Resultados</i> | 128 |
| 6.5.2.1.- Resultados a escala sinóptica (15-30 N, 10-20 W) | 129 |
| 6.5.2.2.- Resultados a mesoescala (27-30 N, 13-19 W) | 151 |

| | |
|--|------------|
| 6.5.2.3.- Resultados a sub-mesoescala (27-28 N, 15-17 W) | 155 |
| 6.5.2.4.- Resultados | 156 |
| 6.5.2.5.- Discusión general | 162 |
| 7.- VISION GLOBAL DE LA BIOECOLOGIA DE LISTADO EN EL AREA CANARIA | 165 |
| 7.1.- INTRODUCCION | 166 |
| 7.2.- BIOECOLOGIA DEL LISTADO EN EL AREA CANARIA | 166 |
| 7.3.- LISTADO - CONDICIONES AMBIENTALES | 167 |
| 8.- METODOLOGIA PARA SU GESTION Y EXPLOTACION | 172 |
| 8.1.- INTRODUCCION | 173 |
| 8.2.- OBJETIVOS | 175 |
| 8.3.- ANTECEDENTES | 175 |
| 8.4.- METODOLOGIA | 177 |
| 8.5.- CONCLUSIONES | 178 |
| 9.- CONCLUSIONES GENERALES | 179 |
| 10.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 182 |

1.- INTRODUCCION

1.1- CONSIDERACIONES PREVIAS

A los Túnidos en general y dentro de estos al bonito listado *Katsuwonus pelamis* objeto de este estudio, se les agrupa dentro de una sola familia: *Scombridae*. Dentro de esta familia, la tribu *Thunnini* es la más evolucionada, caracterizándose los cuatro géneros que la constituyen (*Auxis*, *Euthynnus*, *Katsuwonus* y *Thunnus*), por presentar mecanismos fisiológicos de termorre-gulación basados en la presencia de una *rete mirabile* (Kishinouye, 1923). Este sistema consiste en un sistema vascular que les permite mantener la temperatura corporal interna, lo que las distingue del resto de especies poiquiloterms. Este carácter determina una marcada sensibilidad a los cambios bruscos en la estructura medioambiental además de un elevado índice de evolución dentro de los osteictios (Uda, 1973; Laurs & Lynn, 1977; Barkley *et al.*, 1978; Evans *et al.*, 1981; Sund *et al.*, 1981; Stretta & Petit, 1989). Como resultado de este mecanismo los túnidos pueden mantener una temperatura corporal interna mayor que la de su medio ambiente.

Las especies más importantes que conforman los cuatro géneros citados anteriormente son, dentro del género *Katsuwonus* el *Katsuwonus pelamis* o listado; en del género *Thunnus* se incluyen seis especies, el *Thunnus albacares* o rabil, el *Thunnus obesus* o patudo, el *Thunnus alalunga* o albacora, el *Thunnus thynnus thynnus* o atún rojo, el *Thunnus macoyii* o atún rojo del hemisferio sur y el *Thunnus atlanticus* o atún aleta negra; dentro del género *Euthynnus* se incluye al *Euthynnus alleteratus* y por último en el género *Auxis* el *Auxis thazard*.

1.2.- MORFOLOGIA

El *Katsuwonus pelamis* Linnaeus 1758, especie objeto de este

estudio, es una especie de cuerpo robusto, y de sección transversal subcircular. Su aspecto externo se caracteriza por presentar un color azul metálico cuando esta vivo, con manchas de color violeta sobre la superficie dorsal, que decrece en intensidad a la altura de la inserción de las aletas pectorales. La mitad inferior del cuerpo incluyendo al abdomen es blancuzo-grisáceo. De cuatro a seis franjas de color negro atraviesan la parte inferior del cuerpo hasta la línea lateral. Sin embargo, se han descrito dos casos excepcionales en los que el animal carecía de estas líneas. La talla máxima alcanzada está en torno a 80 cm, pero se han descrito casos anecdóticos de tallas en torno a 100 cm y algo más, siendo su talla de captura más frecuente en toda el área la comprendida entre 30 y 70 cm.

Su cabeza se caracteriza por presentar maxilares no ocultos por el preorbital; alrededor de cuarenta dientes sobre mandíbulas, pero ausentes en vómer y palatinos. Se caracteriza además por la ausencia casi total de escamas excepto en la zona posterior a la cabeza (corselete). Con respecto a sus aletas, presenta dos dorsales (primera y segunda); el interespacio entre ambas segunda dorsal no excede el diámetro del ojo. La línea lateral desciende en curva por debajo de la segunda aleta dorsal, siendo la aleta pectoral corta y de forma triangular, extendiéndose hasta la novena-décima vértebra, y en casos excepcionales solamente hasta la octava o hasta la onceava. Presenta además dos aletas ventrales y una anal. La aleta caudal tiene forma de hoz, lo que le permite reducir la superficie de fricción con el fluido y la resistencia al movimiento (*fig. 1.1*). Su anatomía interna se caracteriza por presentar un cóndilo exoccipital que se proyecta más allá del margen transversal del cráneo a una distancia aproximadamente igual a la mitad de la longitud de la primera vértebra. Su esqueleto presenta además un enrejado óseo trapezoidal de la columna vertebral (41 vértebras) que desplaza la aorta ventralmente a una distancia ligeramente menor que la profundidad de un Centrum. El hígado del género *Katsuwonus* recuerda más al género *Thunnus* que a *Euthynnus* o *Auxis*, porque el lóbulo derecho no se

extiende a lo largo de la longitud de la cavidad del cuerpo como ocurre en el ultimo caso. Las venas hepáticas están ausentes de la superficie ventral del hígado.

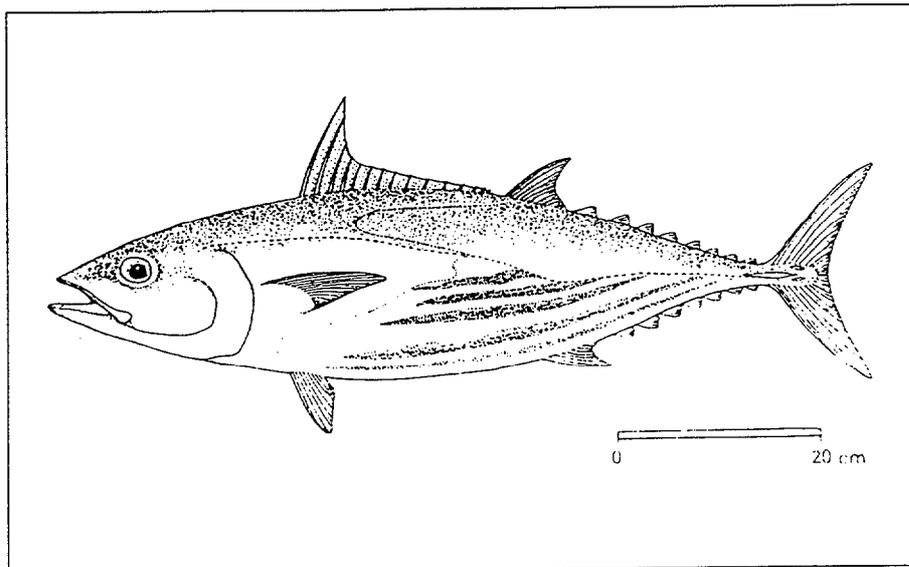


Fig.1.1.- El bonito-listado *Katsuwonus pelamis*.

A su vez, análisis electroforéticos de la hemoglobina han indicado que el género *Katsuwonus* presenta sólo dos bandas de hemoglobina, en contraste con *Euthynnus* que tiene tres bandas idénticas y las especies del género *Thunnus*, que presentan al menos cuatro bandas.

Asimismo, se han desarrollado toda una serie de estudios conducentes al mejor conocimiento bioquímico de esta especie; Vlieg *et al.*, (1983), desarrollaron un interesante estudio que tenía como objetivo fundamental la composición química (principalmente proteínas y grasas) de listados capturados en aguas de Nueva Zelanda y Nueva Caledonia, observando que si bien el nivel de proteínas permanecía constante, el de grasas oscilaba dependiendo incluso de la temperatura del agua circundante. Richardson (1978, 1983), analizó la diferenciación genética de los stocks de listado capturados en la franja este y oeste del Océano

Pacífico. Las pequeñas diferencias obtenidas sobre tres caracteres (transferina, guanina deaminasa y una esterasa), las achacaron a la teoría vigente sobre esta especie en esa área y consistente en un "aislamiento poblacional por distancia". Fueron sin embargo Graves & Dizon (1986), los que intentaron el uso de técnicas electroforéticas como metodología para la diferenciación genética de poblaciones de listado capturados en el Atlántico y Pacífico. Para ello realizaron análisis restrictivos de enzimas de DNA mitocondrial que tenía como objetivo la detección de un umbral de diferenciación genética entre ambos grupos. Sin embargo y coincidiendo con las tesis de Argue (1981), no encontraron ninguna diferenciación significativa, lo cual sugirió a los autores la existencia de una corriente genética entre ambos grupos; esta similitud genética podría ser debida a dos razones; la primera que los indicadores genéticos indicados para la diferenciación genética no sean los adecuados. La segunda podría ser debida a que las condiciones oceanográficas a gran escala de ambos océanos son análogas. Esto implicaría una convergencia adaptativa de ambos grupos en el mismo sentido. De ahí la ausencia de diferencias significativas. Si esto ocurre a nivel de distintos océanos, con más razón se podría considerar que no existen stocks genéticamente diferentes dentro del Atlántico. De esta manera, cualquier subdivisión del listado en subunidades de ordenación debería estar basados en criterios no-genéticos. De esta forma, Bard (1986), basándose en campañas de marcado efectuadas en el Atlántico sobre esta especie, ha confirmado la intensidad y frecuencia de las migraciones de listado en este Océano, pero sin evidencias claras de intercambio entre las áreas oriental y occidental, con lo cual ambas regiones pueden considerarse como unidades independientes desde el punto de vista de la ordenación pesquera, como de hecho se esta haciendo. Sin embargo y aunque este punto no haya sido confirmado, actividades palangreras coreanas efectuadas en Atlántico Central han detectado la presencia de capturas ocasionales y casuales de listados adultos, en áreas mediooceánicas donde su presencia no es habitual.

1.3.- TERMORREGULACION.

1.3.1.- Características generales.

Una vez introducida las características morfológicas internas y externas del listado, se hace necesaria la discusión de sus características fisiológicas más importantes, puesto que éstas van a ser definitorias de la bioecología de esta especie: la termorregulación. Fue Kishinouye (1923), el primero en observar la presencia de una *rete mirabile* en túnidos, consistente en un sistema vascular venoso-arterial, que les permite mantener una temperatura corporal superior a la del medio circundante. Fue este mecanismo, el que le permitió inferir en la clasificación taxonómica y distinción de las trece especies de túnidos de la tribu *Thunnini*, del resto de las especies de la familia *Scombridae*.

El mecanismo postulado consistía en el intercambio de calor entre la sangre venosa "caliente", que discurría hacia las branquias con un alto contenido en anhídrido carbónico fruto de la actividad fisiológica y la sangre arterial "fría", rica en oxígeno y que circulaba en sentido contrario desde las branquias hacia el resto del cuerpo del animal. El intercambio se genera a nivel de un denso entramado arterial por el que los capilares venosos discurren (Neill & Stevens, 1974; Graham, 1975; Barkley *et al.*, 1978; Dizon *et al.*, 1978; Sharp & Vlymen, 1978).

En el caso del listado consta de dos sistemas que se disponen en tres zonas del animal. El primer sistema se denomina "Sistema Lateral de Intercambio de Calor" (SLIC), siendo característico del listado, albacora, rabil, patudo y atún rojo. Está dispuesto hacia la altura media de ambos lados del cuerpo (dos *retia mirabilia* en cada lado) y se traduce en un flujo térmico entre capilares venosos procedentes de una vena cutánea y los capilares arteriales procedentes de una arteria cutánea. El segundo sistema se denomina "Sistema Central de Intercambio de Calor" (SCIC)

y es propio de listado y rabil. Se genera a nivel del arco hemático entre capilares venosos de la vena cardenal y capilares arteriales de la aorta dorsal. Existe además un tercer sistema denominado "Sistema Visceral de Intercambio de Calor (SVIC)", presente exclusivamente en patudo y atún rojo, que consiste en un intercambio generado en las vísceras del atún, concretamente en el hígado, conectando los vasos sanguíneos de las partes ventrales de esta víscera con las dorsales.

En lo que se refiere a las ventajas de este sistema de conservación de calor, se incluye el mantenimiento de una tasa de metabolismo alta; facilitar el acceso de oxígeno desde la mioglobina hacia las mitocondrias de las células musculares; permitir una cierta independencia de los cambios de temperatura externa; por último, este sistema aumenta de la velocidad de digestión.

Sin embargo, este sistema de mantenimiento de calor interno puede presentar problemas. De hecho, un aumento excesivo de la temperatura corporal puede resultar letal para esta especie (Dizon & Brill, 1979). Es por esto que los túnidos y entre ellos el listado han desarrollado un sistema denominado de "termorregulación", que consiste en reducir o aumentar la temperatura corporal dependiendo de las circunstancias. Existen dos tipos de termorregulación,

- Etológico de comportamiento, caracterizado por la regulación de la temperatura corporal mediante tres mecanismos. El primer mecanismo consiste en el desplazamiento vertical hacia aguas profundas más frías (disminución de la temperatura interna), o bien hacia la superficie (aumento de la temperatura interna) como ha sido observado por Holland *et al.* (1990) en trabajos realizados sobre las migraciones verticales de patudo. El segundo se caracteriza por un aumento de la velocidad natatoria, lo cual permite a su vez un aumento de la generación de calor. El tercer mecanismo se basa en un aumento de la superficie corporal mediante la extensión de las aletas, lo cual permite un aumento de la

difusión turbulenta de calor entre el cuerpo y el medio.

- Fisiológico que puede efectuarse mediante el uso del "músculo blanco", que les permite una reducción en la generación de calor, o bien mediante un comportamiento poiquilotérmico, consistente en la pérdida de calor a nivel de las branquias. (Dizon & Brill, 1979).

Queda claro por tanto que esta especie presenta una cierta sensibilidad característica a los cambios ambientales debido a este desarrollado sistema de conservación del calor interno. La interdependencia entre el binomio Túnidos - medioambiente, debe de alguna manera estar relacionada con esta característica fisiológica que no tiene su homónimo sino en una familia perteneciente a los condroictios: *Lamnidae*.

1.4.- DISTRIBUCION DIFERENCIAL DE ADULTOS, JUVENILES Y LARVAS.

1.4.1.- Distribución de adultos.

En lo que se refiere a la especie objeto de este estudio, el bonito-listado *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) es una especie netamente pelágica, que habita en aguas tropicales y subtropicales de los tres grandes océanos. Su reproducción se efectúa a lo largo del año en áreas tropicales, siendo sus larvas de carácter meroplanctónico. Con respecto a su distribución, en el Pacífico Oriental el listado se encuentra entre los paralelos 30 N y 30 S, y entre el 45 N y 45 S en el Occidental. En el Indico, la especie se encuentra distribuida desde el Mar de Omán, hasta el paralelo 45 S al sur Australia.

En el Atlántico, su distribución cubre desde el 45 N y 40 S en el Oeste, y entre el 35 N y el 40 S en el Este; se ha podido constatar

ademas su presencia ocasional en las Islas Británicas asi como en la Península Escandinava, y dentro del Mediterráneo desde las costas de Gibraltar hasta las del Mediterráneo Oriental, aunque de forma más anecdótica (*fig.1.2*). Estas diferencias latitudinales en ambos lados del Océano Atlántico, están relacionadas con los núcleos de afloramiento en Benguela y la Costa Sahariana. Esta situación determina una contracción de la isoterma límite de distribución de listado en ambos hemisferios del Atlántico Oriental, al contrario que en la franja occidental donde se genera la situación contraria con el consiguiente incremento de la temperatura del océano.

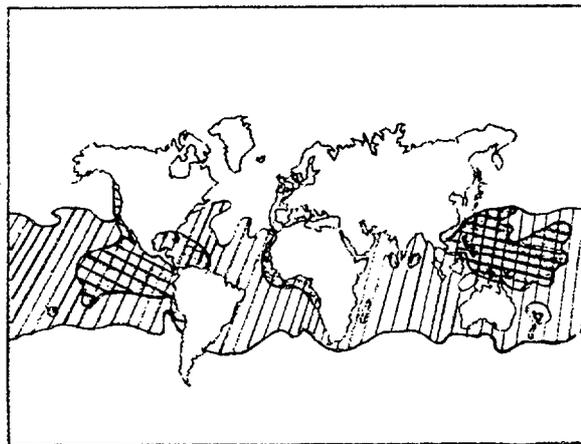


Fig.1.2.- Distribución mundial de listado. (Matsumoto *et al*, 1984).

1.4.2.- Distribución de larvas y juveniles.

Las larvas de listado se caracterizan por ser meroplanctónicas en los estadios iniciales de su vida. Con respecto a su distribución, en la *fig.1.3* se adjunta un mapa de distribución de estas en los tres grandes océanos, donde se observa que sus larvas han sido encontradas a lo largo de un área muy grande que incluye principalmente, el Golfo de Méjico, el Golfo de Guinea y el Archipiélago Indo-Pacífico (*fig.1.3*).

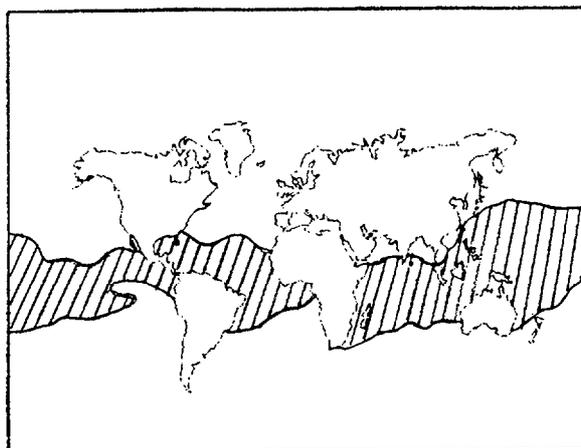


Fig.1.3.- Distribución mundial de larvas de listado. (Matsumoto *et al.*, 1984).

La distribución de larvas en el Pacífico Central y Oeste, se extiende desde el 35 N en aguas "off-shore" del Archipiélago del Japón hasta el 37 S, correspondiente a las costas del SE de Australia. Sin embargo, en el Pacífico Este, la distribución es más ceñida debido a la reducción latitudinal de la banda de agua caliente favorable a la freza de esta especie. Esta constricción se genera debido a la creación de una zona frontal por la presencia de corrientes frías que fluyen hacia el Ecuador. (Nishikawa *et al.*, 1978).

En el Océano Índico, la distribución de larvas cubre una amplia zona que va desde el 35 S hasta el 15 N en el Índico Occidental y entre el 30 S y el 15 N en la parte Oriental (Ueyanagi, 1966).

En el Atlántico se observa que la distribución se extiende entre el 25 S y el 30 N en la Costa Oeste del Atlántico, y entre el 5 S y el 20 N en la Costa Oriental (Nishikawa *et al.*, 1978), Rudomiotkina (1983). En estudios realizados para la evaluación de larvas en aguas del SE de Brasil, se observaron las mayores concentraciones de larvas cerca de

montañas submarinas y en el borde de la plataforma continental, donde posiblemente las condiciones oceanográficas así como la disponibilidad de alimento determinan áreas óptimas de acumulación.

La distribución de juveniles de listado ha sido obtenida mediante métodos indirectos de muestreo, debido a la enorme dificultad que entraña la obtención de muestras por las metodologías convencionales. De esta forma, las muestras han sido obtenidas principalmente de los contenidos estomacales de aves marinas y Túnidos de mayor tamaño, así como *Xiphidos* e *Istiophoridos* (peces espada y marlines) (fig. 1.4).

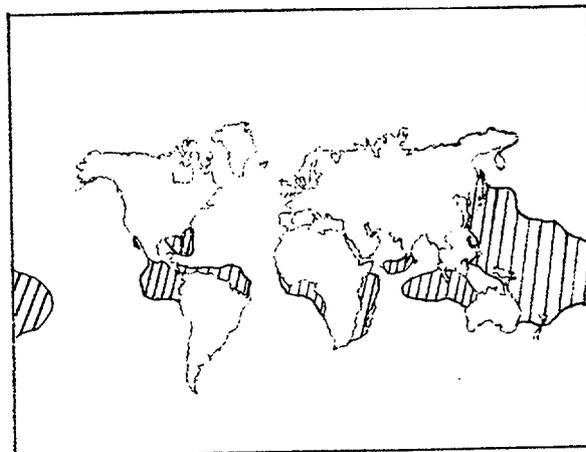


Fig.1.4.- Distribución mundial de juveniles de listado. Matsumoto et al, 1984.

En el Pacífico se encuentran entre el 35 N y el 35 S en el Oeste y entre el 10 N y el 5 S en el Este. En el Índico se han detectado entre el 15 N y el 35 S, y en el Atlántico, desde el 40 N en el Este hasta el 30 S. Sin embargo y a pesar de la escasa información sobre estos individuos debido a la dificultad de obtención, experimentos de huevos fecundados "in vitro", han demostrado una constante de crecimiento de esta especie

muy elevada, alcanzando tallas juveniles muy rápidamente (Ueyanagi, 1966). Esta estrategia esta directamente relacionada con la expansión de sus áreas de distribución; de esta manera, cuando crecen la relación S/V corporal disminuye, permitiendo un mecanismo de termorregulación más efectivo.

2.- ANTECEDENTES Y CONSIDERANDOS PREVIOS.

2.1.- ANTECEDENTES SOBRE LISTADO EN EL ATLANTICO ESTE.

El listado, ocupa un lugar preponderante en las pesquerías de túnidos del Atlántico. Esta es la principal razón por la cual en los últimos años se hayan desarrollado intensos estudios por parte de comisiones internacionales, así como por grupos científicos de trabajo, que tenían como objetivo primordial la ampliación del conocimiento sobre este importante recurso en el Atlántico. En este sentido, la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico desarrollo un programa en 1982 ("Año Internacional del Listado"), tendente a aumentar la información tanto bioecológica como pesquera de este recurso en el Océano Atlántico (ICCAT, 1986); asimismo, FAO, mediante la colaboración de científicos del *Institut Français de Recherche Scientifique pour le Developpement en Cooperation* (ORSTOM), de los *Centre de Recherches Oceanographiques* con sede en Abidjan y Dakar, así como la *Fisheries Research Unit* de Tema, desarrollaron un trabajo de síntesis acerca de los conocimientos adquiridos durante los últimos años sobre la pesca y la biología de los túnidos tropicales (entre ellos el listado), en el Atlántico Centro-oriental (Fonteneau & Marcille, 1988).

Los principales resultados a los que se ha llegado incluyen información sobre la bioecología de esta especie, su pesquería, así como su interacción con el medio ambiente.

Con respecto a las áreas de freza, en el estudio realizado se incluyeron investigaciones conducentes a la identificación de áreas de puesta, que incluían estudios de "Índices Gonadosomáticos", así como las zonas de distribución de larvas en estratos espacio-temporales (*fig.2.1* y *fig.2.2*).

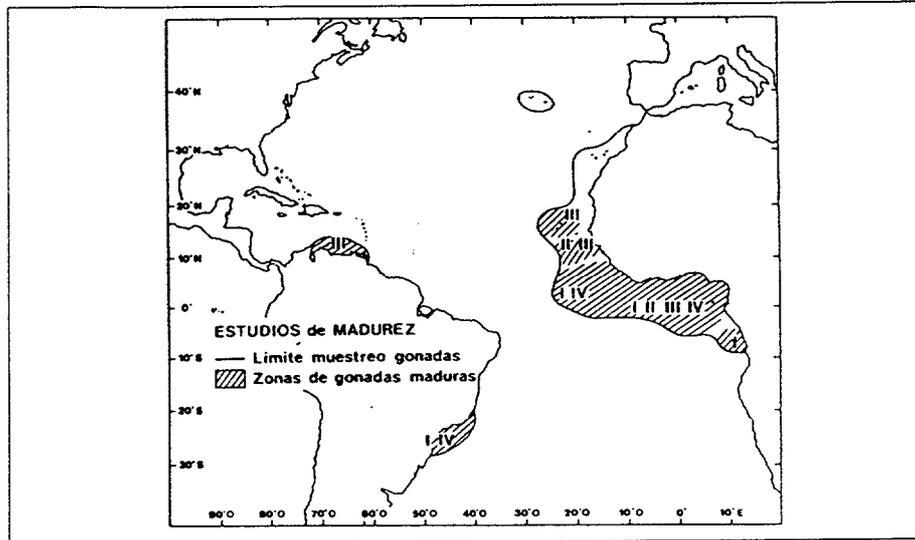


Fig.2.1.- Distribución gonadal atlántica de listado. Se señalan zonas y trimestres anuales I,II,III,IV. ICCAT, 1986.

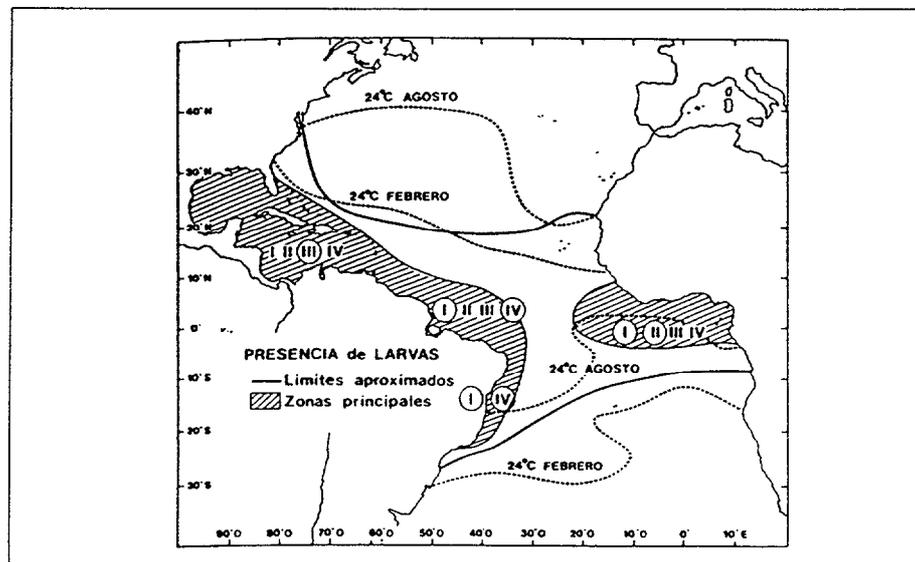


Fig.2.2.- Distribución atlántica de larvas de listado. (ICCAT, 1986).

Se observó que la freza tenía lugar en aguas con temperaturas superiores a 24 grados centígrados, e identificaron dos tipos de áreas: Ecuatorial (Golfo de Guinea - Costas de Liberia), donde la freza tiene

lugar durante todo el año con variaciones de intensidad. Subtropical (Cabo Verde), donde la puesta se da de forma esporádica y en correspondencia con el verano local (Cayré & Farrugio, 1986; Alekseev & Alekseeva, 1986; Matsuura, 1986; Juárez & Pilar de Frías, 1986; Goldberg & Au, 1986). En otros trabajos se ha denotado el carácter netamente oportunista de su reproducción, con un período de maduración que puede llegar a ser de una semana "y sin estar afectada por el área de reproducción o la estación, en el sentido estricto de estos términos" (Cayré & Laloé, 1986). Sus huevos eclosionan a las 24 horas siendo la fecundidad de unos 100 000 a un millón de huevos/hembra, dependiendo de la talla máxima del animal según la relación Longitud Furca/fecundidad enunciada por Cayré & Farrugio, (1986).

Con respecto a sus larvas (1.5 a 12 mm) (Ueyanagi, 1966), estas presentan los caracteres merísticos de individuos adultos cuando alcanzan una talla en torno a 12 mm y una edad aproximada de 15 días. Su distribución es netamente superficial (< 50 metros) y de carácter meroplanctónico. Con respecto a su distribución espacial en el Atlántico Oriental, estas se encuentran distribuidas a lo largo de la franja que cubre los paralelos 20 N y 5 S, durante todo el año, aunque su abundancia es mayor en el primer cuarto del año (enero-marzo) (Caveriviere *et al.* 1976; Rudomiotkina, 1983; Nishikawa *et al.*, 1978).

Los antecedentes sobre la alimentación de estas especies han sido muchos y muy variados. Se ha observado que la alimentación de Túnidos es muy variada y caracterizada por ser predadores ópticos activos que se alimentan principalmente al amanecer y anochecer, siendo su alimentación de tipo oportunista y sus presas principales peces, crustáceos y moluscos. (Postel, 1954; Marchal, 1959; Bane, 1963; Sund & Richards, 1967; Dragovich & Potthoff, 1972; Zavala-Camín, 1986; Stretta & Petit, 1989).

Asimismo, se han efectuado intensos estudios que tenían como

objetivo fundamental la obtención de relaciones entre la presencia de esta especie y las características ambientales que determinaban las áreas donde se ubicaban (Sharp & Dizon, 1978; Evans *et al.*, 1981; Sund *et al.*, 1981; Stretta & Petit, 1989), observándose que el listado esta influido por una serie de condicionantes ambientales tanto de tipo biótico o activos (alimento y predadores), como abióticos o pasivos (temperatura, oxígeno y turbidez).

En referencia a los movimientos que esta especie efectuaba en el Atlántico Oriental, se desarrolló a su vez un programa basado en la recuperación de marcas realizadas durante el Programa listado (30 000 ejemplares marcados y 2 760 recuperaciones), demostrándose que presentaba extensos y complicados movimientos de un recurso diseminado a lo largo de la geografía costera africana. Sin embargo, se estableció una zona de acumulación permanente de listados en el Golfo de Guinea, que podía seguir tres vías, permanecer en el Golfo de Guinea, desplazarse hacia el sur, o bien, a principios de primavera se trasladaban hacia el norte, apareciendo en aguas de Canarias en abril-mayo, en Madeira en junio-julio y en Azores en julio-agosto. Posteriormente desaparecía de Azores en octubre, de Madeira en noviembre y de Canarias en diciembre (Cayré *et al.*, 1986; Santos-Guerra, 1986; Bard, 1986; Miyabe & Bard, 1986) (*fig.2.3*).

Este Programa ayudó además a conocer en gran medida muchos de los aspectos tanto biológicos como pesqueros de esta especie en el Atlántico (principalmente en el Atlántico Oriental), hasta entonces objeto de duda e incertidumbre para un recurso y una actividad de gran importancia y que hoy por hoy se vislumbra como una de las fuentes de proteínas de mayor proyección futura en lo que al recurso marino "túnidos" se refiere. De hecho, el desarrollo de las pesquerías de listado a nivel industrial en el Golfo de Guinea es relativamente reciente. Se observó un aumento del 100 % desde 1967 hasta 1970, pasándose de 20 000 Toneladas a las 40 000 en solo tres años. Es sin embargo en la

década de los 70 cuando esta pesquería experimenta un auténtico desarrollo, pasándose de las 40 000 toneladas hasta las 100 000 toneladas por año en 1974, de las cuales el 60 % eran efectuadas por cerqueros y el resto por barcos de cebo vivo de actividad eminentemente artesanal. En 1987, la captura estimada mundial rozaba el millón de toneladas, de las que 100 000 pertenecían al Atlántico. Posteriormente la captura en el Atlántico fue de 140 000 en 1988, 115 000 en 1989 y 136 000 toneladas en 1990.

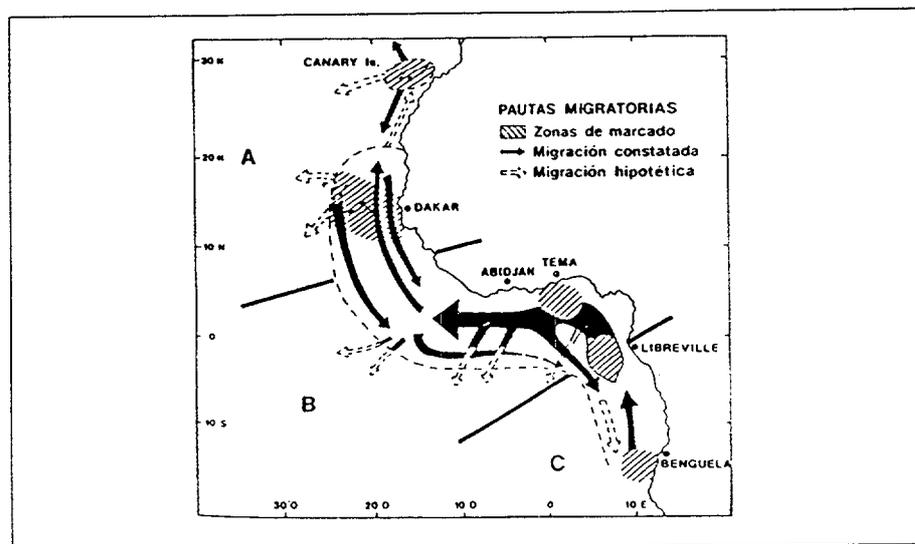


Fig.2.3.- Pauta migratoria de listado en el Atlántico Este en base a experimentos de marcado y recaptura. (ICCAT, 1986).

La gran biomasa disponible para la pesca, hace de este recurso uno de los de mayor proyección futura. De hecho, en las sesiones del Comité Permanente de Investigaciones y Estadísticas (SCRS) de la Comisión para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT), se han venido desarrollando modelos en el área atlántica el último de los cuales fue hecho en 1984. Desde entonces no se ha considerado pertinente una nueva evaluación para el estado del stock, puesto que en ningún caso no

se ha visto reducido su potencial de captura (ICCAT, 1986). Si a esto se añade que durante los últimos años se ha detectado una marcada reducción del esfuerzo efectivo por el traslado de cerqueros españoles y franceses al Indico, se deduce que el listado es un recurso de gran proyección futura por dos razones fundamentales: La biomasa disponible para la pesca y el régimen de subexplotación al que está siendo sometido en la actualidad. (ICCAT, 1991).

2.2.- ANTECEDENTES PREVIOS EN EL AREA CANARIA.

Con respecto al área de Canarias y considerando la escasez de estudios sobre esta especie, se hacía necesario incidir en un mejor y más amplio conocimiento del listado, no sólo desde el punto de vista biológico-pesquero, sino también desde el punto de vista ambiental, teniendo en cuenta que el Archipiélago Canario se encuentra en un área de gran interés debido a la presencia de una de las zonas más ricas del Planeta: el Afloramiento del Noroeste Africano.

Sin embargo, ha de considerarse que el área canaria supone sólo un lugar de arribo y estancia estacional de esta especie cosmopolita. En otras palabras, el Archipiélago supone sólo un pequeño *spot* en medio del Atlántico Nororiental, para un recurso de distribución tan amplio como es el listado, aunque no por ello deja de ser un importante punto de paso en el área Macaronésica (Cabo Verde, Canarias, Madeira y Azores). Por tanto, su interés científico en lo que se refiere a un posible estudio sobre esta especie puede considerarse como fundamental si lo que se pretende es comprender en su totalidad la dinámica de este recurso en esta área. El listado, por su condición de pez migratorio, debe estar influenciado por las características oceanográficas determinadas por la presencia de un Archipiélago como el Canario, así como por los núcleos de enriquecimiento que presenta asociados a un "Efecto de Masa de Isla".

Si se considera la cercanía del Afloramiento Sahariano, con valores de producción primaria muy elevados, se plantea un binomio oligotrofia-eutrofia como pocos en el mundo que de alguna manera, debe determinar la convergencia de energía y materia hacia niveles tróficos superiores, donde los grandes pelágicos migradores y más concretamente el listado, juegan un papel fundamental.

Es por ello que se decidió abordar este trabajo de investigación, tratando de cubrir aquellos puntos faltos de información o que de alguna manera no habían sido tratados en trabajos anteriores. Sin embargo y como preludio de la estrategia seguida, se hacía necesario considerar los estudios previos llevados a cabo en esta área en lo que a los aspectos bioecológicos y pesqueros se refiere.

Así, durante el período Noviembre 1981 - Septiembre 1982, el Grupo de Túridos del Instituto Español de Oceanografía de Tenerife desarrolló un trabajo de investigación en el seno del "Programa Año Internacional del Listado" (Santos-Guerra *et al.*, 1983). Este estudio local tenía como objetivo primordial la obtención de información de carácter pesquero y biológico de las distintas especies de túridos que eran objeto de explotación en el área de Canarias, con especial atención al listado, debido a que coincidía con el Programa Internacional anteriormente citado. La información obtenida se agrupó como sigue:

a.- Biológica:

- Muestreos de tallas. Por meses e islas.
- Muestreo de índices gonadosomáticos, y evolución en el tiempo.
- Marcado.

b.- Pesquera:

- Flota.

- Registros de captura por islas y meses.

Las principales conclusiones a las que se llegó en este estudio fueron:

En lo que se refería a la distribución de tallas de listado en longitudes a la bifurcación caudal o longitud a la furca, la distribución de tallas obtenidas sobre 4448 listados, demostró que el rango de tallas de listado capturado en aguas de Canarias estaba ubicado entre 35 y 80 cm, correspondientes a tallas de post-reclutamiento (Santos-Guerra *et al.*, 1983; Fonteneau & Marcille, 1988).

Además, estos individuos se encontraban en régimen de reposo sexual según la escala macroscópica establecida por Batts (1972), observándose que la variación de los IGS medios para machos y hembras no excedía los niveles considerados como irreversibles de freza.

También se efectuó una campaña de marcado en el seno del "Programa Año Internacional del Listado", que ayudó a dilucidar en cierta medida los movimientos del listado en esta área, y contrastarlos a su vez con los resultados de las mismas operaciones llevadas a cabo en aguas más ecuatoriales (Golfo de Guinea), así como en el Archipiélago de Azores.

Para la información de tipo pesquero, se estableció una red de muestreo a nivel archipelágico que dió como resultado la obtención de una información de gran importancia para la evaluación de la actividad pesquera canaria sobre este recurso.

Sin embargo y a pesar del gran esfuerzo realizado por este Grupo de Investigación, quedaron algunas cuestiones por dilucidar tanto en el aspecto biológico como pesquero, siendo importante reseñar que no se insistió lo suficiente sobre la importancia que un estudio biológico gonadal puede aportar al conjunto de la dinámica que presenta esta

especie en aguas canarias. Además, no se consideró ningún estudio de edades conducente a la identificación de las clases de tallas y abundancia relativa del grupo de listado en estas aguas. Tampoco se abordó ningún análisis de contenidos estomacales de esta especie en esta zona, así como sus interrelaciones con el resto de eslabones tróficos presentes en el ecosistema archipiélagico, además de no incluirse ningún tipo de información de tipo ambiental inherente a la propia dinámica oceanográfica del área que ayudara a explicar su etología migratoria en esta zona.

3.- METODOLOGIA GENERAL Y ESTRATEGIA

3.1.- INTRODUCCION.

La estrategia seguida para la realización de este trabajo de investigación, fue diseñada para la obtención de información que ayudara a despejar las incógnitas que quedaron sin tratar en estudios previos, así como la obtención de información de tipo bioecológica y pesquera, a fin de entender la dinámica de esta especie en esta área (*fig 3.1*).

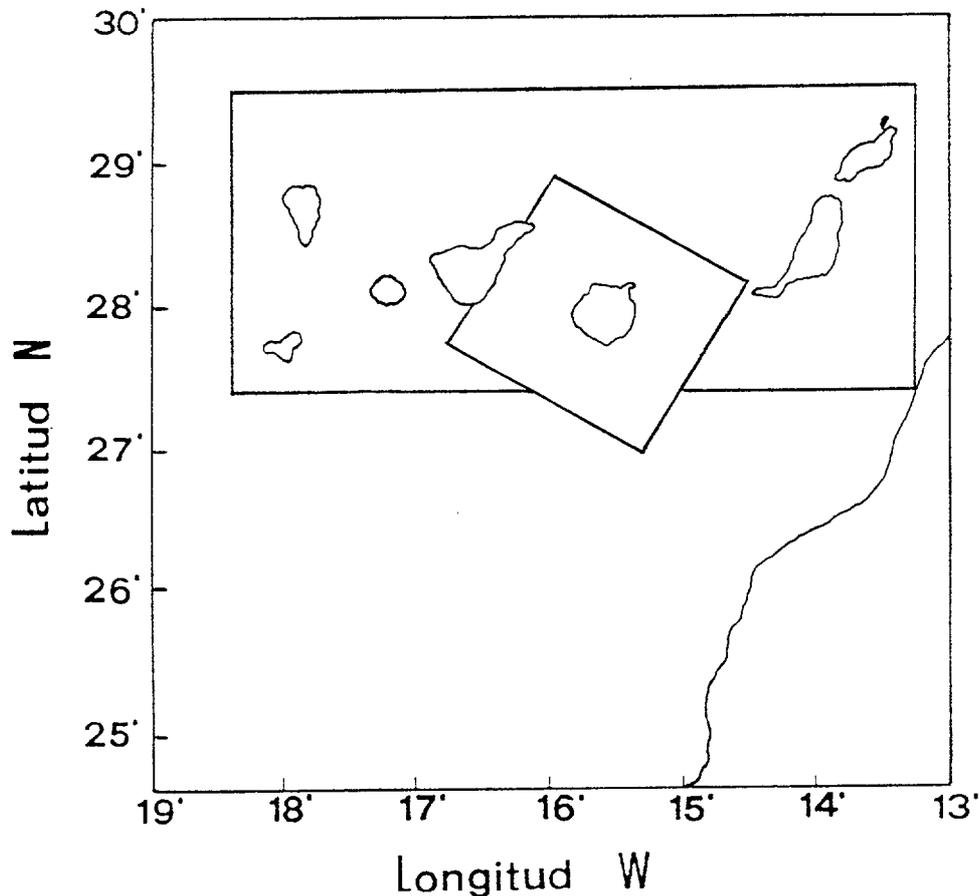


Fig.3.1.- Area de estudio del listado en este trabajo.

El programa fue desarrollado durante el período, 1988-1990. El área de estudio cubría principalmente todo el Archipiélago de Canarias, con especial énfasis a lo que ocurría en una de sus islas, - Gran Canaria -, por similitudes de tipo oceanográfico análogas al resto de islas, así como por una cuestión de estrategia logística de cercanía geográfica al centro

de trabajo ubicado en el Departamento de Biología, con sede en la Facultad de Ciencias del Mar (FCM) de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). También fue necesario en ocasiones desarrollar estudios análogos en la franja que cubría el área 15 - 30 N, 12 - 20 W, debido a que la presencia de listado en aguas de Canarias debía ser considerada en su conjunto si lo que se pretendía era explicar las razones de tipo biológico u oceanográfico que determinaran su presencia.

La configuración del desarrollo del programa cubría cuatro grandes bloques en los que se incluyó toda la información que se consideraba de gran interés.

3.2.- METODOLOGIA BIOLOGICA.

En este apartado se incluyó información sobre la evolución espacio-temporal de los grupos de tallas. Asimismo se efectuó un estudio analítico sobre las edades y crecimiento de esta especie en esta área. Además, se consideró pertinente abordar un estudio sobre la dinámica reproductiva (si la hubiere), mediante un análisis de los índices gonadosomáticos, así como un estudio de la alimentación de listado en el área.

Para el desarrollo de este bloque se hizo necesario optimizar el estudio de esta especie en esta área. Para ello se diseñó un muestreo que cubrió el período 1988-90, en el que se estudió una muestra de 2000 ejemplares, de los que se extrajo una submuestra de 400 a los que se les realizó un estudio mucho más exhaustivo.

De esta manera y durante los periodos junio - diciembre, la muestra se obtenía semanal y sistemáticamente de la pesquería local efectuada en los Puertos de Arguineguín y Mogán (zona suroeste), por ser los núcleos

de mayor actividad atunera de la isla. Para ello se adquiriría una muestra y se obtenían medidas de longitud furca. Una vez en el laboratorio, se procedía a la obtención de medidas parciales para la submuestra (peso total, longitudes total, furcal, cabeza, primera y segunda dorsal, aleta caudal, pedúnculo caudal, pectoral, anal, ventral, diámetro del ojo, anchura y altura). Posteriormente, se abrían los ejemplares en la parte ventral haciendo un corte paralelo al eje antero-posterior, quedando las vísceras "a visu"; se procedía a la identificación del sexo y se extraían los estómagos, que eran almacenados para su posterior análisis en formol al 4 % neutralizado. Asimismo, se completaba la toma de medidas parciales con la obtención de los pesos eviscerado, gonadal, hepático, estomacal, número de pínnullas y número de radios.

Posteriormente se extraían otolitos y primer radio de la aleta dorsal para las estimaciones de las distintas edades.

3.2.1.- *Distribuciones de tallas.*

Para el conocimiento de la dinámica biológica de una especie es imprescindible el estudio de las distribuciones de tallas de un número representativo de ejemplares. Por ello se decidió abordar un muestreo sobre una muestra estadística de 2000 ejemplares, de la que se seleccionó una submuestra de 400 a la que se le obtuvo toda una serie de medidas separadas por sexos y meses. A estas medidas se les aplicó una serie de tests estadísticos de regresión y de contraste, que tenían como objetivo primordial discernir las posibles causas que explicaran las diferencias respecto a las distribuciones de tallas para los distintos meses y sexos, si las hubiere.

El estudio comprendía los siguientes puntos:

- 1.- Registro de las distribuciones de tallas en el período 1988-90, para machos y hembras/meses. Contraste de medias para las muestras de

machos y hembras por meses e identificación de diferencias significativas si las hubiere.

2.- Obtención de un "Índice de condición" (IC) definido a partir del cociente entre el peso real y el teórico que debería tener el ejemplar obtenido a partir de la relación peso/talla para la población en el Atlántico (ICCAT, 1986) y multiplicado por 100. Esto es:

$$IC = (\text{Peso real} / \text{Peso teórico}) * 100$$

La evolución de este parámetro en el tiempo ayudaría a entender mejor la dinámica trófica o génica de esta especie en esta área.

3.2.2.- *Obtención de edades.*

3.2.2.1.- *Introducción.*

Entre los métodos de determinación de edades para los tónidos en general y en particular para el listado cabría citar, el método del marcado y recuperación de marcas (Rothschild, 1967; Joseph & Calkins, 1969; Josse *et al.*, 1979; Bard & Antoine, 1986). El método del crecimiento diario en las bandas de los otolitos (Uchiyama y Struhsaker, 1981). El método de la progresión modal o de Petersen, inviable en este trabajo debido a que, como se ha discutido en capítulos anteriores, los cambios en las modas de las distribuciones de frecuencia de tallas son debidos a una migración por grupos de edad en estratos temporales distintos y no al crecimiento.

Para este trabajo se utilizaron dos metodologías que tenían como objetivo fundamental la obtención de distribuciones de talla/edad utilizando dos partes duras del ejemplar: Los otolitos, a pesar de que autores como Fonteneau (1986) y Bard y Antoine, (1986), aconsejaran

no utilizarlos debido a la extrema dificultad de lectura de bandas en la ya de por sí compleja morfología de esta estructura, así como en la interpretación de resultados. Los radios, concretamente el análisis del primer radio de la aleta dorsal que para esta especie se ha convertido en la metodología más fiable y extendida (Antoine *et al.*, 1982).

3.2.2.2.- Análisis de los otolitos.

- Descripción morfológica.

Los otolitos de listado (*sagittae*), se caracterizan principalmente por su pequeño tamaño. Presentan un *rostrum* esencialmente plano en el que es posible observar la presencia de una serie de bandas opacas y hialinas que han sido utilizadas en este trabajo para la posible lectura de edades. El *postrostrum* se caracteriza por ser más compacto y presentar una hendidura central que separa dos partes a izquierda y derecha (*postrostrum* laterales), lo que da una extrema fragilidad a la estructura.

- Metodología.

Sobre la submuestra de listado se realizó un estudio detallado de las bandas de crecimiento anual. Este tenía como objetivo establecer los parámetros de crecimiento de la ecuación de Von-Bertalanffy y contrastarlos con los obtenidos siguiendo otras metodologías.

Para ello se extraían los otolitos mediante una técnica diseñada para tal efecto que se consideró más sencilla que la diseñada por Arfelli y Amorín (1980). Estos autores realizaban un corte hacia el interior del opérculo y posteriormente cambiaban la dirección perpendicularmente al eje antero-posterior del animal, quedando al descubierto las cavidades óticas.

La metodología utilizada en este trabajo, consistía en un corte de la cabeza a un tercio de la longitud del cuerpo.

A la cabeza seccionada, se le abría la cavidad craneal mediante un corte a un centímetro por encima del plano ocular y quedando "a visu" la masa cefálica. Posteriormente y con unas pinzas curvas se extraía el cerebro, quedando al descubierto las cavidades óticas. Los otolitos se extraían con mucho cuidado debido a su fragilidad y eran desprendidos del sáculo ótico e inmersos en agua destilada para limpiarlos de restos de sangre y cerebro. Posteriormente eran guardados para su análisis.

Para las lecturas se utilizó una lupa binocular con distintos aumentos dependiendo de la optimización de la lectura. Asimismo y utilizando una lente micrómetro ocular previamente calibrada se establecían las longitudes y anchuras de los otolitos y con una balanza de precisión se obtenían las distribuciones de pesos.

Para la obtención de resultados se establecieron dos métodos estadísticos que tenían como objetivo, el primero la descripción del crecimiento de esta especie considerando que la población estudiada en esta área, que cubría un rango de tallas entre 37-75 cm, presentaba un crecimiento de tipo lineal en este intervalo. El segundo método tenía como objetivo el cálculo de los parámetros de Von-Bertalanffy y el ajuste de un modelo de este tipo para observar las posibles diferencias entre ellos.

3.2.2.3.- Análisis de los radios.

Como se ha comentado en apartados anteriores, la utilización del primer radio de la aleta dorsal para la estimación de edades en túnidos se considera como uno de los métodos más utilizados y que ofrece resultados más coherentes. Las principales ventajas con respecto a otras

partes duras son:

- Fácil accesibilidad y tratamiento si se las compara con otolitos o vértebras.
- Su extracción no interfiere en el precio de venta del pescado.
- Porcentaje de lectura grande (en torno al 90 %).
- Las características de crecimiento en las espinas permanecen estables durante la vida del pez, mientras que otras partes duras como las escamas se renuevan.

A los individuos se les extraía el primer radio de la primera aleta dorsal. Posteriormente estos se limpiaban extrayéndose la piel que los recubría y eran guardados para su posterior análisis. Una vez limpios, se realizaban cuatro cortes de 0.5 mm de grosor a partir de la base del cóndilo para obtener una máxima seguridad de lectura. Los cortes eran realizados con una sierra de precisión con broca de diamante que permitía cortes limpios al no astillar la superficie de lectura.

Una vez realizados los cortes se procedía a la lectura de los radios utilizando una lupa binocular, a la que se le aplicaba un sistema de luz transmitida que facilitaba la lectura. Inicialmente algunos radios fueron incluidos en resina en el "Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona", lo cual permitía leer varios simultáneamente. Sin embargo esta técnica fue desechada por dificultar enormemente el proceso, por lo que se optó por leer la sección del radio directamente sin ser incluida en ningún tipo de soporte, lo que facilitaba su manipulación.

La sección presentaba una sucesión de bandas translúcidas y opacas alternativas que se correspondían con distintos períodos de crecimiento en la vida del animal.

Asimismo, el área central esta ocupada por un tejido blando vascularizado que dificultaba mucho la lectura de las bandas de crecimiento temprano. A pesar de todo, se obtuvo una buena distribución de edades que se utilizó para la aplicación de métodos convencionales analíticos para la estimación de los parámetros de crecimiento.

Para ello se establecieron dos tipos de relaciones (Prager, com.pers.):

- El primero consistió en un cálculo de los parámetros de crecimiento mediante el uso de la ecuación de Beverton y Holt para la estimación de L_{inf} , K de crecimiento y t_0 si procedía.

- El segundo fue un ajuste lineal basándose en los resultados de Uchiyama y Struhsaker (1981), puesto que el rango de tallas de listado consideradas en este trabajo (37-74 cm), quedaban dentro del segundo - tercer tramo de crecimiento lineal considerado por estos autores como el más óptimo por un análisis de residuos.

3.2.3.- Reproducción.

3.2.3.1.- Estadios gonadales.

Para la estimación descriptiva de los estadios gonadales macroscópicos, se extrajeron semanalmente gónadas tomadas de ejemplares elegidos al azar de la pesquería canaria al cebo vivo ($n = 400$) durante las temporadas 1988, 1989 y 1990, se identificó el sexo, y se midió el peso de estas con una precisión de 0.1 gramos.

La determinación del sexo se realizó según el siguiente criterio:

- Inmaduros: Pequeñas y con apariencia de cintas, en la que no es posible la identificación del sexo.

- Machos: Los testículos en sus estadios de madurez presenta forma acintada, de color blancuzco, y con la cara posterior adosada a la pared ventral de aspecto irrigado en contraste con la parte anterior, sin irrigación de ningún tipo.
- Hembras: Las gónadas femeninas son de aspecto similar a las masculinas en los estadios iniciales de madurez, con la salvedad de presentar irrigación a lo largo de toda la gónada. A medida que estas se van desarrollando, presentan claras diferencias en aspecto (color naranja) y morfología (forma de *croissant*), si se comparan con las masculinas.

Con respecto a los niveles macroscópicos de madurez se utilizó la escala descrita por Cayré (1981):

ESTADO 0: Indeterminados: El aspecto que presenta las gónadas es de carácter filiforme e imposible de distinguir el sexo "a visu".

ESTADO I: Gónadas pequeñas y delgadas. Se diferencian del estado anterior debido a que el sexo es ya identificable.

- Hembras: Gónadas de aspecto alargado y subcilíndrico. De color rosa pálido.
- Machos: Gónadas de aspecto delgado y aplastado. El nervio testicular es bien visible en su parte central.

ESTADO II: Estado correspondiente tanto al principio del desarrollo sexual como a los estadios de reposo post-freza.

- Hembras: Las gónadas presentan forma subcilíndrica y de color rosa pálido. Ligera vascularización superficial.

- Machos: De color blancuzco, se caracterizan principalmente porque la arteria testicular ocupa una buena parte de la superficie central de la gónada.

ESTADO III: Este estadio de desarrollo se caracteriza por presentar un nivel de desarrollo gonadal previo a la puesta.

- Hembras: Las gónadas presentan un estadio de desarrollo bastante avanzado y caracterizado por presentar una vascularización que se extiende por toda la gónada, además de que los ovocitos son ya observables "a visu".
- Machos: Las gónadas son de mayor tamaño que en el estadio anterior, pero un ligero pinchazo y una posterior presión, puede generar la salida de líquido espermático a través del orificio.

ESTADO IV: Este estadio se corresponde con el momento mismo de la freza.

- Hembras: Ovocitos netamente visibles, provocándose la salida de estos al aplicar una ligera presión.
- Machos: Tamaño máximo. Una ligera presión genera la salida de líquido espermático.

ESTADO V: Este estadio se caracteriza por presentarse como posterior a la freza. El aspecto cambia dependiendo de la cercanía relativa de la puesta. En su estadio final, se acerca al estado II.

- Hembras: El aspecto cambia mucho dependiendo del nivel de desarrollo, si se encuentra en una nueva maduración o en un nivel de post-freza.

- Machos: De características muy similares al caso de las hembras. De aspecto vacío y rojizo.

3.2.3.2.- Metodología estadística.

Para la metodología de muestreo y procesamiento en este capítulo, a la muestra extraída de la pesquería se les extrajo gónadas, se identificó el sexo y se calculó el IGS ($(p.gonadal/l.furca^3) * 100\ 000$). Posteriormente estos registros fueron ponderados al total de muestra, al deducirse del test de contraste ("t de student" y "F de Fischer") la representatividad de la muestra con respecto a la población. Asimismo, se sometió a los datos a una serie de análisis de contraste:

- Test "ji cuadrado" de contraste de la "relación de sexos" (número de machos/número de hembras), con respecto al 1 ideal (relación 1:1) para los distintos meses de muestreo. Este test tenía como objetivo primordial la confirmación de la homogeneidad de sexos de la población de listado en esta área, demostrada para las longitudes furcales en capítulos anteriores. Trabajos recientes Fonteneau, pers.com.) demostraron que para algunas especies tropicales en el Océano Pacífico, la relación de sexos era distinta de 1 en los rangos de tallas mayores; la explicación que se daba era la de una mortalidad diferencial por longevidad para ambos sexos debido al gasto energético que le suponía a las hembras, más que a los machos, la generación de células reproductivas y la posterior freza, de ahí el interés mostrado hacia ese aspecto.

- Contraste de igualdad de medias y desviaciones para las distribuciones de IGS de machos y hembras, para explicar las posibles diferencias encontradas.

3.2.4.- Alimentación.

Para el análisis de los contenidos estomacales, se obtuvo una submuestra extraída de la población de listados estudiada en el área de Canarias y capturada mediante el método del "cebo vivo" de pequeño tamaño ("boga", *Boops boops* y "guelde blanco" *Atherina presbyter*), excepción hecha a final de año donde se comienza a utilizar caballa, debido a la ausencia de las dos citadas anteriormente.

A los ejemplares se les extraían los estómagos y se incluían en formol al 4 % para su almacenaje y posterior tratamiento. El análisis consistía en un corte desde el esófago hacia la parte posterior del estómago; posteriormente, se procedía a la identificación de las presas consumidas por el ejemplar, se anotaban peso y número y se extraían los otolitos. Se consideró que la mayor parte de los registros de boga y guelde eran debidos a su uso como cebo; de hecho, si consideramos los diferentes biotopos donde se asientan en condiciones naturales el listado, la boga y el guelde, la predación por parte del primero en condiciones naturales sería muy poco probable; el guelde es una especie de hábitos muy costeros y la boga, si bien su distribución es más amplia que en el caso anterior, los lugares donde su concentración era mayor y que los pescadores utilizaban como fuente de cebo para sus capturas de túnidos, estaban ubicados en zonas costeras turbias debido a los hábitos tróficos de esta especie, condición de carácter limitante para la presencia de listado como se tratará en capítulos posteriores. Además, los bajos índices de digestión que presentaban confirmaban esta hipótesis.

Se obtuvieron distribuciones de frecuencias para siete variables (peso del contenido estomacal y peso y número de *Scomber*, *Boops* y *Atherina*). Asimismo, mediante las relaciones longitud del otolito - longitud total y a partir de aquí longitud total - peso total para la caballa, los datos fueron interconvertidos a pesos reales, lo cual permitió contrastarlos con la distribución de tallas de esta especie en condiciones naturales, considerada según la hipótesis de trabajo, como la especie pelágica mediana más importante en la dieta de listado por ser la más

abundante en el ecosistema canario (especialmente en Gran Canaria) (Castro, 1991). Esto permitiría discernir la posible selección de listado hacia un rango de tallas definido. El mismo procedimiento no fue utilizado para la boga y el gualde blanco por razones que han sido explicadas anteriormente.

Con respecto a la fracción de caballa utilizada como cebo en ocasiones (principalmente al final de la temporada de pesca), los datos fueron tratados de forma separada. El procedimiento utilizado para este menester, partió de la obtención de pesos iniciales o "teóricos" como se les define en este trabajo, a partir de la relación peso total- longitud total obtenidas según las longitudes de los otolitos. A partir de aquí se representaban ambas variables, peso teórico y peso real obtenido durante la disección, y se aplicó un índice peso teórico/peso real de 1, lo cual se correspondía en el momento inicial y para los distintos pesos en una recta centrada en el origen y de pendiente 45 grados. Obviamente, cabía esperar que la mayoría de los registros estuvieran por debajo de esta recta; los que no estaban fueron excluidos del tratamiento por considerarlos posibles errores de muestreo, errores que por lo demás solo afectaron a dos registros. Sólo faltaba establecer un nivel de digestión que se correspondiera con el período de tiempo máximo considerado desde el momento de la pesca, hasta el momento de muestreo puesto que se estableció que la muerte no afectaba a la digestión de forma instantánea. Este período de tiempo fue establecido en cuatro horas, tiempo que cubría perfectamente el período desde el momento de la pesca hasta el momento del análisis, considerado a partir de la estrategia de muestreo: Puerto - congelación - análisis, ó Puerto - análisis (fig.3.2).

Faltaba calcular el nivel de digestión que el listado presentaba para la caballa, caracterizada por tener un alto contenido en lípidos, lo cual de alguna forma también retrasaría su digestibilidad. Olson & Boggs (1986), realizaron un trabajo con rabil (*Thunnus albacares*) en cautividad al que sometieron a distintas dietas de engráulidos, clupeidos,

cefalópodos y escómbridos (caballa). Observaron que para esta especie de características fisiológicas y etológicas similares a las del listado, la evacuación gástrica se efectuaba mucho más lentamente para la caballa que para las otras especies. Este fenómeno fue achacado al elevado contenido en lípidos de esta especie mediana. Se obtuvo la tasa de evacuación gástrica y se consideró que para este trabajo, el porcentaje de evacuación gástrica de listado en cuatro horas, era del 20.8 %. Los puntos que quedaban dentro del área barrida por ambas rectas (relación p. real/p. teórico de 1 y 0.792 %), se consideraron como caballa de cebo, con lo cual se aplicó un doble tratamiento. Por un lado, la caballa de cebo; por el otro la caballa considerada como predada en condiciones naturales. Esto permitió inferir sobre las relaciones tróficas listado-caballa, sin las interferencias del cebo que de alguna forma limitarían las conclusiones (fig.3.2).

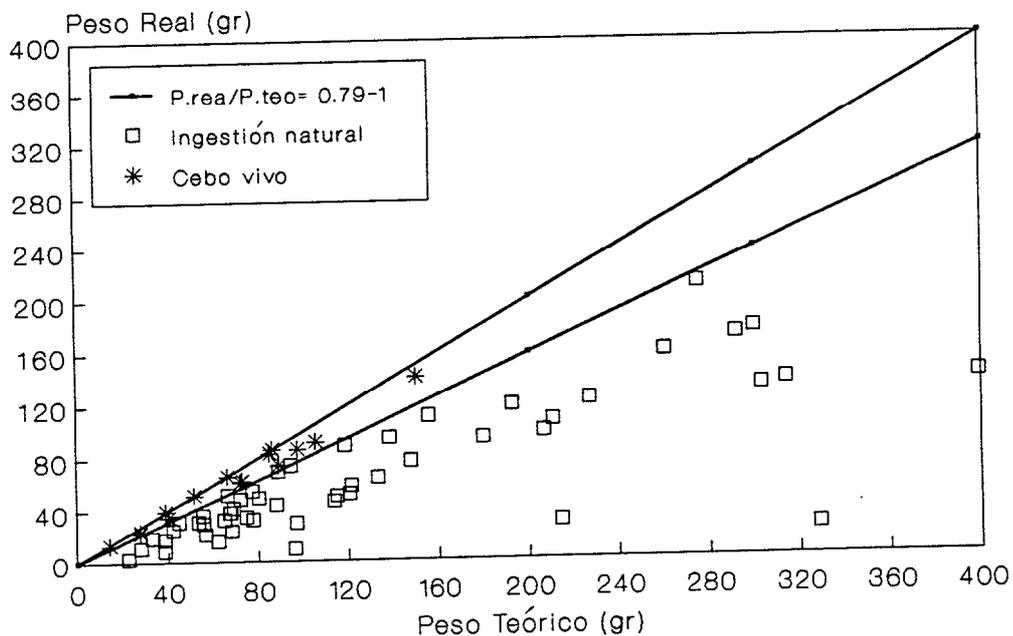


Fig.3.2. Caballa consumida en condiciones naturales y como cebo. El área delimita un índice de digestión < 4 horas (n=140)

Existía un problema adicional, el caso en el que el peso real daba valores muy por debajo de los considerados como normales a cuatro horas, pero que presentaban caballas en distinto índice de digestibilidad; se consideró que además de su escasa frecuencia y debido a que el

peso del total de la muestra daba un índice general menor que 79.2 %, no fueron separados del muestreo y fueron considerados como predados en condiciones naturales. El error generado a partir de esta consideración se estableció como ínfimo, puesto que de alguna forma quedaba compensado con aquellos estómagos en los que el índice de digestión general obtenido para el total de esa muestra, llamaban a considerarlo como cebo ($1 < \text{índice de digestión} < 0.792$), a pesar que algunas de las muestras de caballa observada presentaran niveles mayores de digestión.

A la caballa considerada como consumida en condiciones naturales se la sometió a un tratamiento que consistió en la obtención de relaciones entre longitudes predador-presa, evolución espacio temporal y confirmación de la representatividad estadística de la muestra de caballa obtenida en los contenidos estomacales, con la presente en condiciones naturales a partir de los resultados de Castro (1991), que demostrarían de alguna forma su rango de oportunista. Además, se compararon los resultados de abundancia relativa en los estómagos, con la obtenida mediante campañas acústicas (Pastor & Delgado de Molina, 1985), así como con los resultados de las pesquerías locales (*Tabla III.1*). En este tratamiento no se consideró la posible importancia de las especies de migración nictameral a la superficie como es el caso de los gonostomátidos, debido a que la actividad pesquera se realizaba durante el día, nunca durante la noche. Posiblemente fuera esta la razón por la que en ningún caso fue observada la presencia de este tipo de especies en los contenidos estomacales. Si a esto se une los resultados que obtuvo Nakamura (1969), en los que observó la escasa apetencia hacia el alimento durante la noche, es factible concluir que la importancia trófica de estas especies para el listado es pequeña y siempre menor que la de Cefalópodos, Clupeidos, y sobre todo, en lo que respecta a esta área, Escómbridos.

Tabla 3.1.- Comparación de porcentajes de captura local, abundancia estimada por campañas de acústica y contenidos estomacales de listado capturado en Canarias durante el periodo 1988-90.

(*) Pastor y Delgado de Molina, (1985).

(**) Barrera *et al.*, (1983).

(***) Ramos *et al.*, (1990).

| | % Biomasa Islas Canarias | | Contenidos Estomacales (%) (***) | |
|------------------|-----------------------------|-----------------|--|--------|
| | Evaluación (*) | Captura (**) | Biomasa | Numero |
| <u>Scomber</u> | 53 | 70 | 58 (natural) 20 (cebo) | 38.3 |
| <u>Boops</u> | 40 | 4 | 15 (cebo) | 44 |
| <u>Sardina</u> | 7 | 25 | 5 (natural) | < 1 |
| <u>Atherina</u> | -- | -- | 4 (cebo) | 17.3 |
| <u>Trachurus</u> | -- | 1 | -- | -- |

3.3.- METODOLOGIA PESQUERA.

Los resultados obtenidos en este trabajo, se basaron en series de datos obtenidos de distintas vías que abarcan información desde 1969 hasta 1990.

Los sumarios de captura y esfuerzo obtenidos de la colección de datos estadísticos publicados por la ICCAT anualmente y que cubren un

período desde 1982 hasta 1988, fueron analizados con vistas a entender la disposición de los núcleos de captura de listado en la zona objeto de estudio. Estas series de datos forman parte de la información suministrada por los países miembros de esta Organización Internacional, acerca de las actividades de sus flotas atuneras en el Atlántico. Además se obtuvieron registros de captura y esfuerzo para el área de Canarias por otras tres vías. La primera fue extraída del "plan regional de evaluación de recursos marinos del Archipiélago Canario" auspiciado por la entonces Junta de Canarias y desarrollado por el grupo de túnidos del Instituto Español de Oceanografía (Santos-Guerra *et al.*, 1983). Otra vía fue la obtención de una serie histórica de datos de captura desde 1980 hasta 1990 correspondientes a la Dirección General de Pesca del Gobierno Español, que provenían de las informaciones suministradas por el Gobierno Autónomo Local acerca de las actividades desarrolladas por las distintas flotas de carácter local o nacional que operan en el área de Canarias. Por último se obtuvieron registros a partir de las Cofradías de pescadores de las Islas de Gran Canaria, Palma, Hierro y de la "Asociación Provincial de Armadores de Buques atuneros", con sede en Tenerife, que operan en el área de Cabo Blanco y Archipiélago Canario. En Junio de 1990, se estableció una red de muestreo que incluía las actividades de los pescadores grancanarios de túnidos (cebo vivo y liña) y de los trañeros dedicados a la pesca de la caballa. Esta red de muestreo tenía como objetivo contrastar la información obtenida de captura y esfuerzo (horas) y posición de captura de túnidos y caballas con objeto de relacionarlas con las informaciones y series de datos obtenidas en el seno de la campaña oceanográfica EMIAC 9006 efectuada en aguas de Gran Canaria durante parte de la temporada de pesca.

3.4.- METODOLOGIA PARA MEDIO AMBIENTE: CAMPAÑAS OCEANOGRAFICAS.

En este apartado se llevaron a cabo análisis de datos ambientales obtenidos en varias campañas oceanográficas, así como el análisis de imágenes de satélite (alta y baja resolución), de temperatura superficial del mar, comparadas con los respectivos mapas de registros captura/esfuerzo representados sobre ellas. Para el desarrollo de este bloque fue necesaria una estancia de cuatro meses en dos Centros Internacionales de Investigación: el *Institut Français de la Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération* (ORSTOM) de Montpellier (Francia) (1990 y 91) y el *Southeast Fisheries Center* (SEFC), Centro de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), ubicado en Florida (USA) (1990).

Se desarrollaron además una serie de campañas oceanográficas (1987,88 y 89) en el seno del "estudio ecológico del litoral de Veneguera y zonas adyacentes", que ampliaron en gran medida el margen de información que se tenía sobre esta área. Estas campañas cubrían el área de la plataforma insular suroeste de Gran Canaria (7 estaciones) y tenían por objeto entender la dinámica oceanográfica del área en relación a la producción primaria y secundaria, así como los mecanismos de mezcla vertical detectados en relación con el "Efecto de Masa de Isla".

Entre el 1 y el 12 de Junio de 1990 se desarrolló otra campaña oceanográfica mucho más específica (EMIAC 9006) a bordo del "B/O García del Cid" y auspiciada por un Programa de Investigación de la "Comisión Intergubernamental Científica y Técnica" (CICYT) del Gobierno Central. Esta campaña estaba dirigida al estudio integrado de las características que determinaban la dinámica oceanográfica del área, así como los remolinos generados en ambos lados del sector sur (sureste y suroeste) de la Isla. Se obtuvo información de tipo:

a.- Físico. Mediante un CTD ("conductividad, temperatura y profundidad"), se obtuvieron perfiles verticales de temperatura, salinidad y densidad. Por otro lado, Sangrá (1991), ha desarrollado un modelo baroclínico quasi-geostrófico regional (QG) (Mac Williams, 1977; Holland *et al.*, 1983; Pedlosky, 1986). El primer paso ha sido la consideración de un modelo monocapa y la generación barotropa de anillos Von-Karman en los sectores Suroeste y Sureste de la isla de Gran Canaria. Posteriormente y con la optimización del modelo bicapa, se ha tratado de desarrollar la comprensión de la generación baroclina de estos núcleos de vorticidad quasi-geostrófica positivos y negativos, así como la obtención de un cuerpo de mar de vorticidad Q-G nula, de gran importancia para la presencia de cardúmenes de listado (Ramos *et al.*, 1991, Ramos y Sangrá, 1992).

b.- Químico. Se obtuvieron perfiles de nitratos, fosfatos y silicatos para cada una de las sesenta estaciones muestreadas y para ocho niveles de profundidad (superficie, 15, 25, 50, 75, 100, 125 y 150 metros).

c.-Biológico. Consistente en el cálculo de la biomasa (microscopio de fluorescencia) y actividad heterotrófica bacteriana (marcaje radioactivo con timidina). Producción primaria (mediante Carbono 14 y la técnica del Microwinkler), aplicadas en incubaciones "in situ". Biomasa (peso seco, peso húmedo y proteínas), así como actividad secundaria por la técnica del ATC (aspartato transcarbamilasa) y ETS (sistema de transporte electrónico) (Gómez, 1991; Torres, 1991).

3.5.- METODOLOGIA PARA LA TELEDETECCION.

Con respecto a la metodología desarrollada para la obtención de las imágenes de temperatura superficial del mar tomadas de los satélites de la serie *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) números 9 y 11 el procedimiento de procesamiento fue distinto. Las de

baja resolución (4x4 km) o imágenes GAC (*Global Area Coverage*), fueron procesadas en el Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Sciences (RSMAS) de la Universidad de Florida, USA. Para ello se utilizó el archivo de pases de los satélites NOAA 9 y 11 (año 1989), trabajándose con la radiancia obtenida por el sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR), canales de infrarrojo térmico. El paquete de programación utilizado fue el DSP diseñado a tal efecto por personal del Centro. Las imágenes se leían desde un disco óptico en bruto, seleccionándose aquellas que cumplían una buena cobertura sin nubes, así como de registros de CPUE. Posteriormente, se las sometía a un tratamiento informático que consistía en una corrección geométrica y optimización de la posición geográfica de la imagen. Además, se la sometía a una calibración atmosférica cuyo objetivo fundamental era la reducción significativa de la perturbación generada por la presencia de aerosoles y masas nubosas poco densas. El paso final del procesamiento incluía la complementación de la imagen con el ajuste de la escala de temperatura a la radiancia.

Los registros de CPUE fueron tratados aparte en el *Southeast Fisheries Center (National Marine Fisheries Service, USA)*. Se estableció mediante un programa una escala de rendimientos CPUE. Para ello, se utilizaron tres niveles: Un nivel de CPUE=0 toneladas/hora; un nivel medio de rendimiento CPUE entre >0 y <0.8 tm/hora; un nivel de CPUE >0.8 tm/hora. Posteriormente esta base de datos era transferida al RSMAS donde eran archivados, tratados y representados conjuntamente sobre las imágenes de satélite de la temperatura superficial (fig.3.3).

Para las de alta resolución (1x1 km), el procedimiento era distinto. Los pases de los satélites NOAA correspondientes al 1-12 de Junio de 1990, se archivaban en la Estación de Seguimiento Espacial de Maspalomas (Gran Canaria, España) y eran procesadas en el Departamento de Física de la Universidad de Las Palmas. La presencia

de esta Estación permitía la posibilidad de procesar imágenes de alta resolución en "tiempo casi real" mediante un paquete de procesamiento denominado ERDAS, diseñado por la *European Space Agency* (ESA). Una vez adquirida la banda magnética en la Estación correspondiente al pase objeto de tratamiento, se decodificaba en una lectora de cinta magnética, procesándose en un Compaq 386/20 Mhz, mediante la utilización de este programa. La imagen era corregida geoméricamente y atmosféricamente con ERDAS. Posteriormente se asignaban valores de radiancia a valores de temperatura mediante el algoritmo diseñado por Castagne *et al.* (1986).

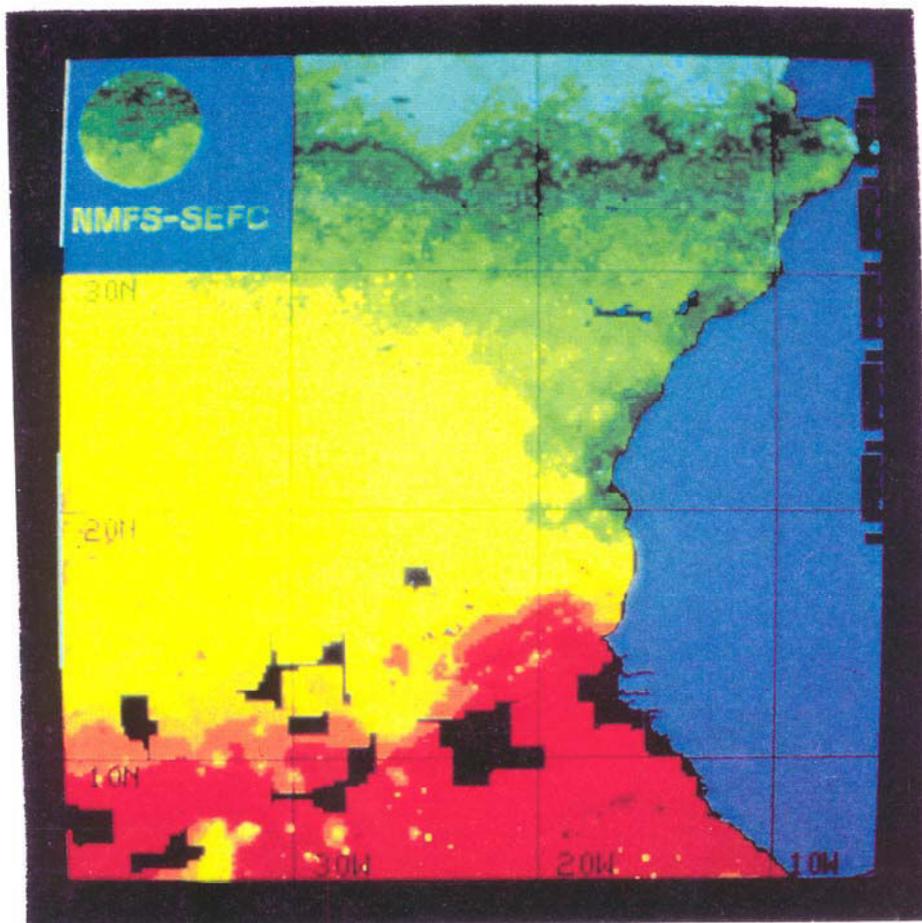


Fig 3.3a

Fig.3.3.- Secuencias metodológicas de tratamiento de las imágenes GAC tomadas del sensor AVHRR (satélites NOAA 9 y 11)

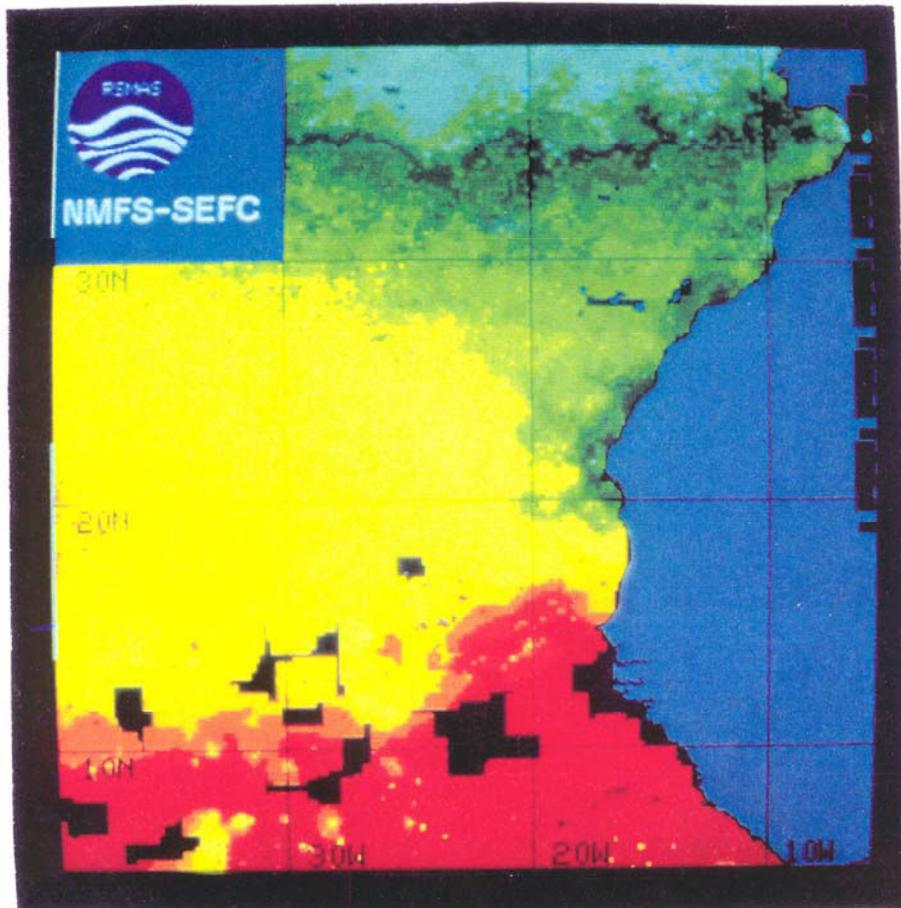


Fig 3.3b

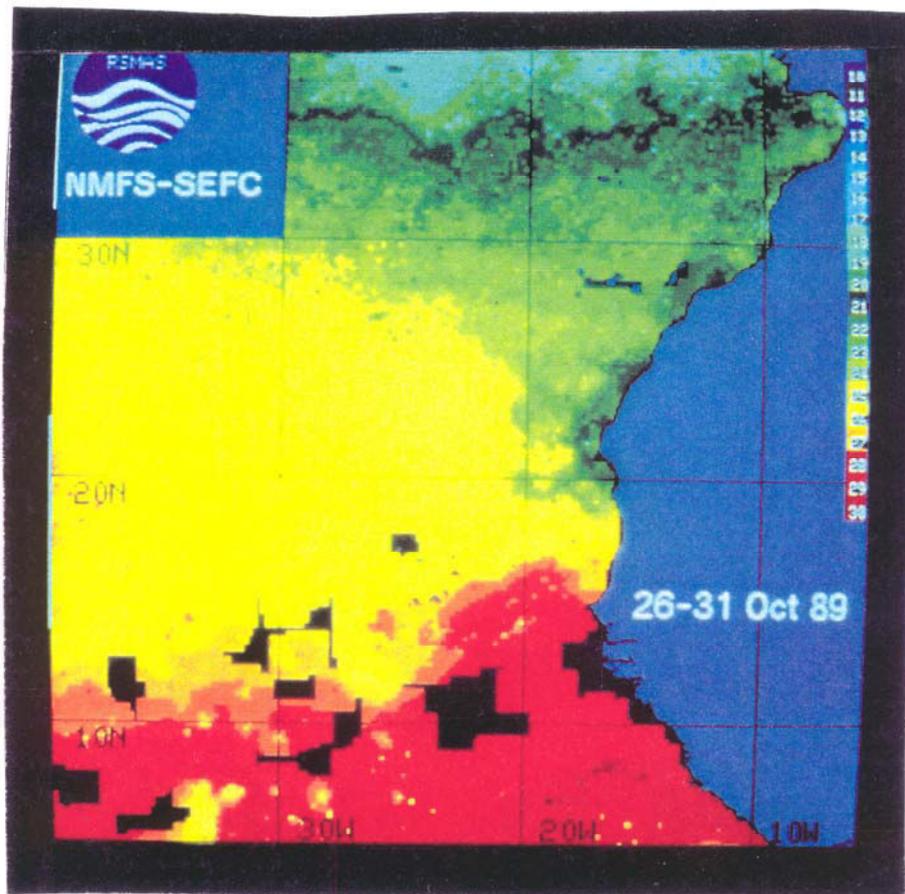


Fig 3.3c

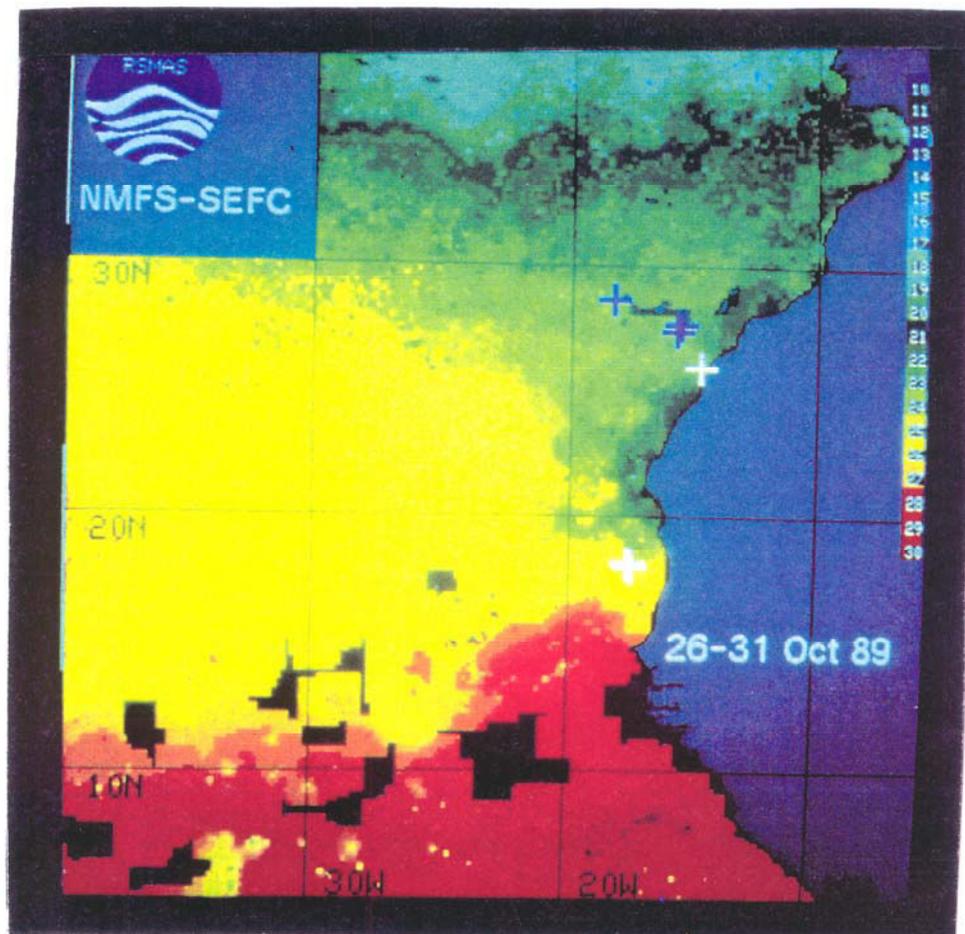
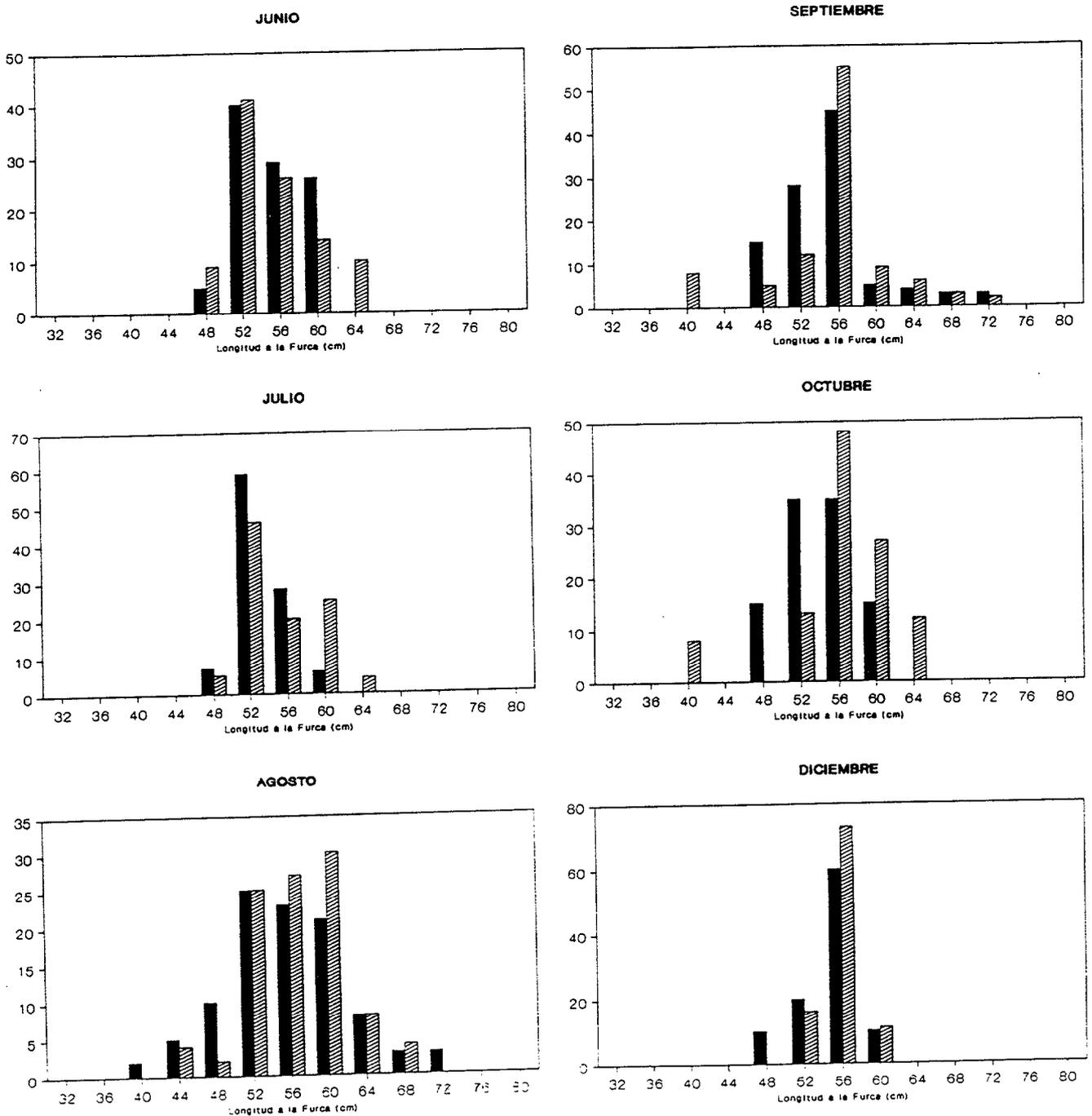


Fig 3.3d

4.- BIOLOGIA DEL LISTADO EN EL AREA CANARIA.

4.1.- DISTRIBUCION DE TALLAS. CONTRASTE DE IGUALDAD DE MEDIAS.

En la *fig. 4.1* se establecen las distribuciones de longitud furca de listado en el área de Canarias para el global de la población muestreada para los distintos meses del periodo Junio 1988 - Septiembre 1990.



En la *fig. 4.2*, se establecen las distribuciones totales para machos y hembras así como las variaciones mensuales para los años 1988-90 de éstas representadas conjuntamente, en orden a observar posibles diferencias significativas desde el punto de vista estadístico.

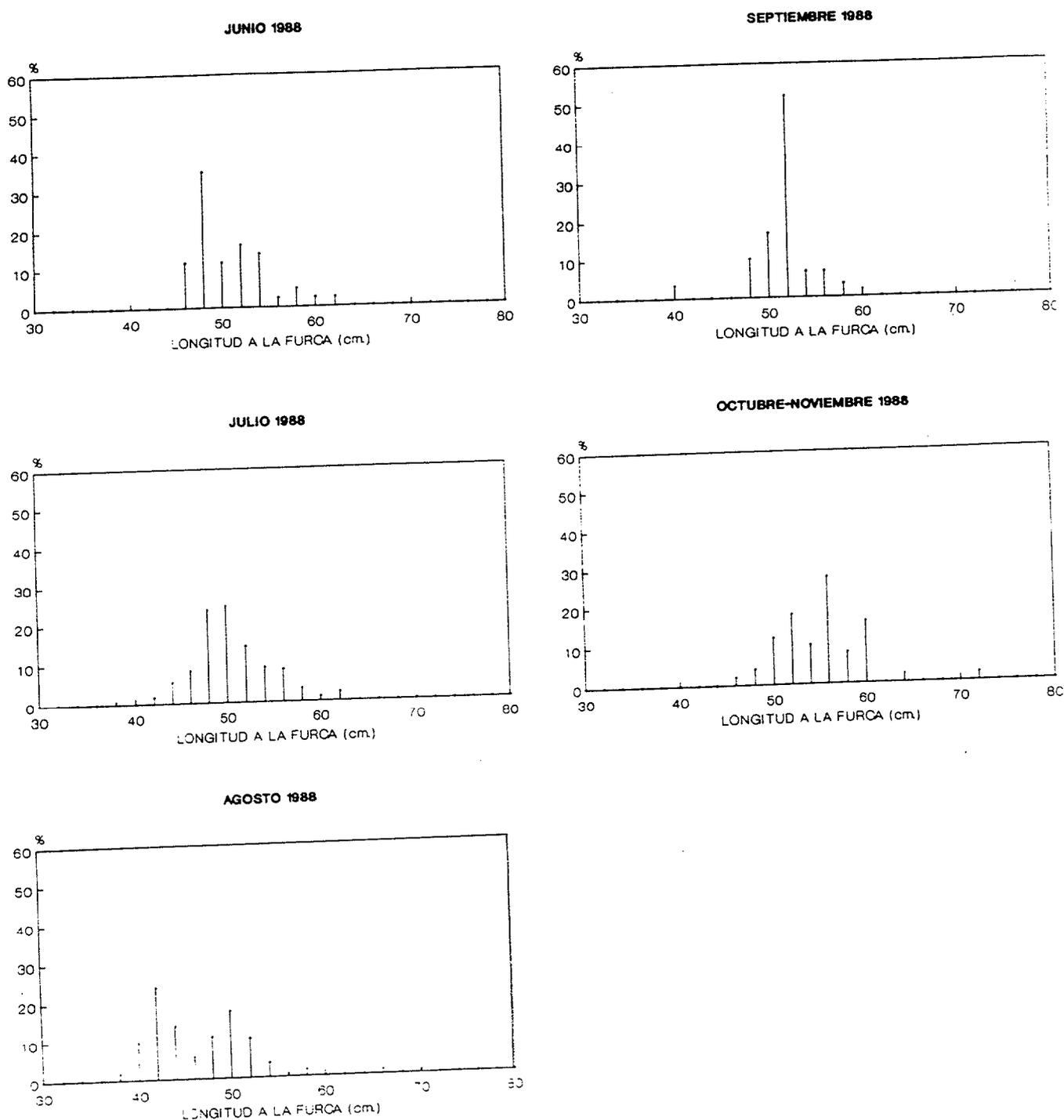
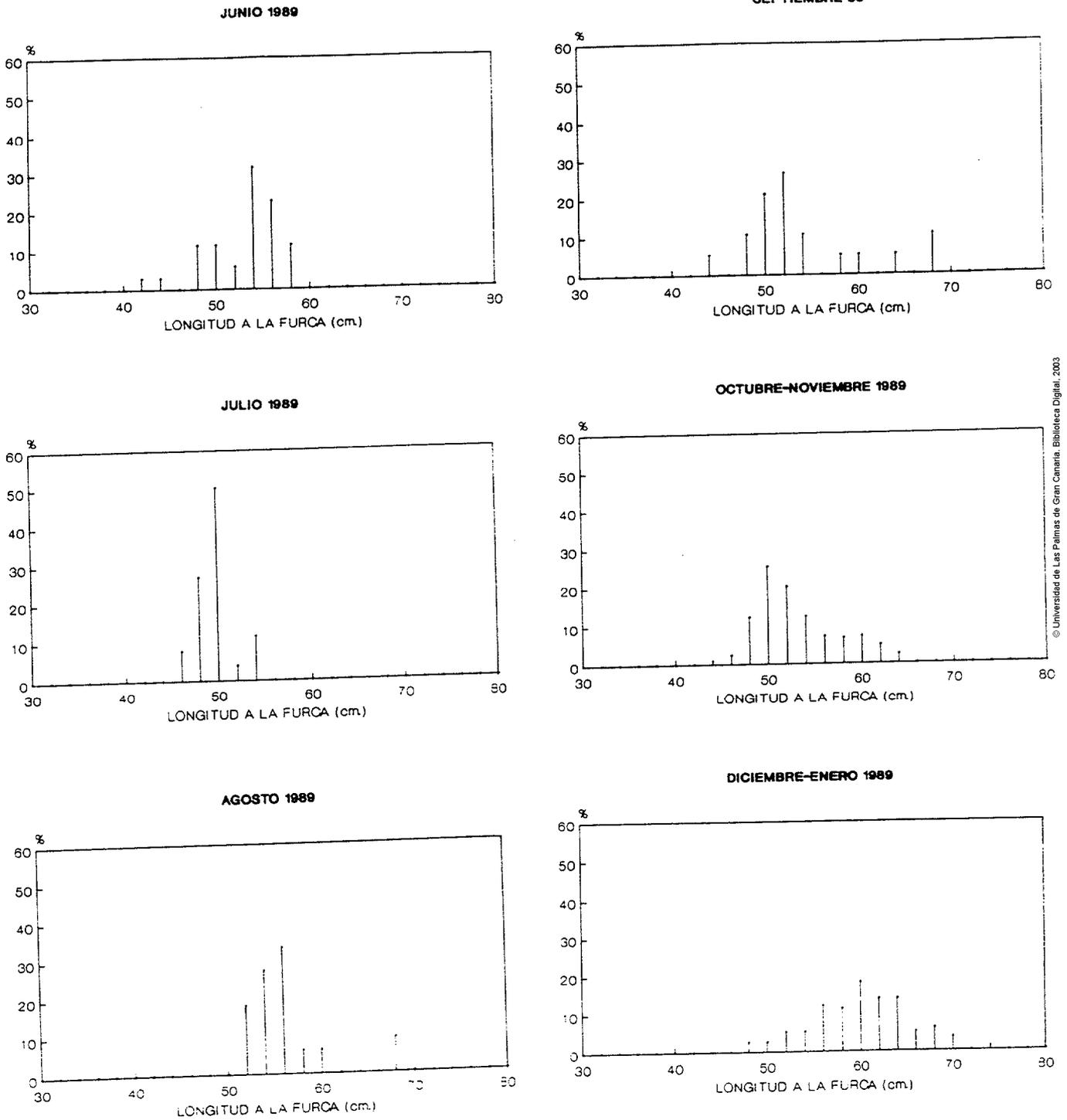


Fig.4.2.- Distribución de tallas de list-



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital. 2003

Fig.4.2.- (Continuación).

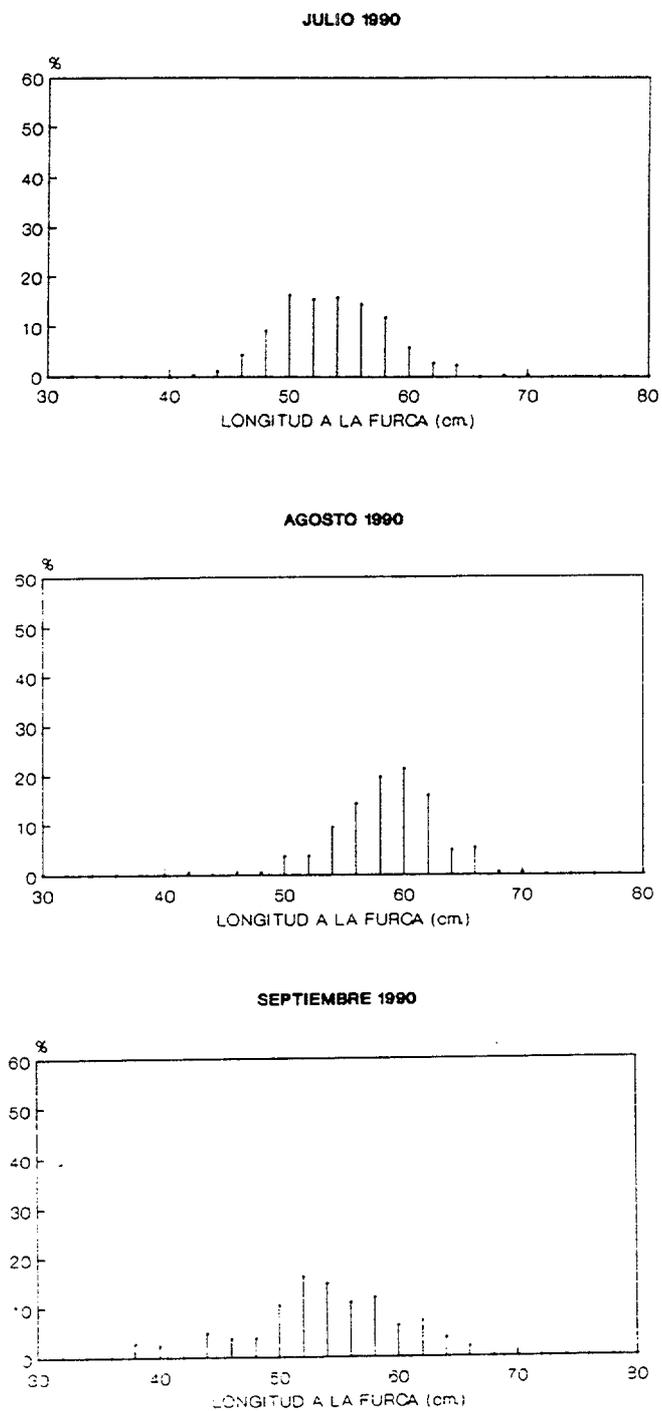


Fig 4.2.- (Continuacion).

Como puede verse existe una distribución homogénea en lo que se refiere a las distribuciones de tallas de machos y hembras de listado en el área (Tabla IV.1):

Tabla 4.1.- Contraste de igualdad de medias de longitudes totales para machos y hembras de listado del área canaria (88-90). El valor considerado como crítico que no debe sobrepasar la ($Z, 0.025$) es de 1.96

| Meses | Jun | Jul | Agst | Spt | Oct-Nv | Dic-Ene |
|------------|------|------|------|------|--------|---------|
| $Z, 0.025$ | 0.14 | 1.89 | 0.84 | 0.56 | 0.53 | 0.084 |

- Temporada 1988.

Durante el comienzo de la temporada (junio), se detecta una población de listado, con un rango de tallas entre 40 y 62 cm en longitud a la furca. El mayor porcentaje se da en el rango de tallas entre 46 y 54 cm, existiendo también una fracción menor en porcentaje, pero presente durante los comienzos y final de las temporadas de los tres años consecutivos estudiados en este trabajo, comprendida entre 56 y 62 cm.

En julio de 1988, se observó una distribución de tallas similar a la anterior, pero con la presencia de individuos jóvenes, en torno a 40 cm y una reducción del porcentaje de individuos más longevos (54-62 cm). Se mantiene la fracción entre 46 y 54 cm.

Ya en agosto, se observó la desaparición casi completa de los individuos más longevos y la aparición con mayor fuerza de una fracción de individuos jóvenes entre 38 y 46 cm. La mayor importancia la siguen teniendo los individuos comprendidos entre 46 y 54 cm.

En septiembre, la situación cambió radicalmente. Sólo se detectó la presencia de individuos comprendidos entre 46 y 58 cm, desapareciendo los

jóvenes y los más longevos.

Ya al final de temporada, comienzan a aparecer nuevamente los individuos longevos, con una mayor fuerza que al principio de temporada, reduciéndose el porcentaje de individuos jóvenes.

A la vista de los resultados y teniendo en cuenta la "ruta migratoria" de esta especie en el Atlántico Nororiental, parece deducirse que las distribuciones de tallas obtenidas se explicarían como resultado, para este año, de una migración gradual de diferentes grupos de tallas. De hecho, parece ser que a principio de la temporada de 1988, arribaron hacia aguas canarias individuos adultos y longevos, con mayor capacidad de supervivencia y mayor poder natatorio que los jóvenes, que aparecen en esta área más tarde. Los más longevos, se desplazaron hacia aguas de Madeira y Azores, mientras que la fracción entre 50 y 55 cm, si bien permanece en estas aguas durante prácticamente toda la temporada, un porcentaje relativamente alto sube también hacia los archipiélagos más septentrionales de la Macaronesia, lo cual esta avalado por su presencia en esa área (Gouveia y Pereira, com. per.). Durante el mes de agosto, cuando aparece la fracción más joven de listado, fracción que permanece durante un lapso de tiempo muy corto, desplazándose nuevamente hacia áreas más meridionales. A final de la temporada de pesca, aparecen nuevamente los individuos longevos, provenientes del norte; sin embargo, su presencia en esta área es muy efímera, de paso hacia áreas meridionales, muy presumiblemente a verificar la freza.

- Temporada 1989.

En Junio de 1989, la situación fue distinta a la observada el año anterior. Durante el comienzo de la temporada de pesca en el área de Canarias (junio-julio), además de la aparición de individuos adultos (48 - 55 cm), e individuos longevos (56 - 60 cm), apareció un grupo de individuos jóvenes (40 - 44 cm), que no tuvieron continuidad en Julio (donde aparece la clase de talla adulta entre 48 y 54 cm), con lo cual su presencia en esta área fue sólo observable al principio de la temporada. Fue curioso observar sin embargo, que la fracción longeva se mantuvo durante prácticamente todo el año,

alcanzando su máximo a finales de temporada, en octubre-noviembre, y aun más en diciembre - enero, donde se alcanzaron los mayores registros de tallas observados en este trabajo (68 - 70 cm).

- Temporada 1990.

Durante este año sólo fueron muestreados los tres meses de verano. Sin embargo, la distribución era similar a la ocurrida durante el año 1988, pero con un retraso de un mes respecto de éste. De hecho, parece como si del grupo de individuos aparecido en julio (adultos y longevos), en agosto la clase longeva ganara en porcentaje (moda en 60 cm), situación que no se mantiene en septiembre, donde las clases adulta y joven (que en 1989 apareciera en junio-julio), ganan en fuerza con respecto a la longeva que desaparece de la pesquería canaria.

- Distribución conjunta 1988-90 por sexos.

Se observaron como en el caso de las distribuciones anteriormente discutidas tres grupos de tallas correspondientes a individuos:

Jóvenes, especialmente en agosto y septiembre, excepción hecha al año 88 donde aparecieron a principios de la temporada de pesca.

Adultos, durante toda la temporada de pesca en esta área y que soportan gran parte de la actividad pesquera local.

Longevos, que aparecieron durante el principio y final de temporada, quizás debido a sus desplazamientos migratorios, que al ser mayores, se inician antes y culminan después que los otros dos grupos de tallas.

Como conclusión, se pudo observar que existía una gradación migratoria por grupos de talla, de tal forma que los longevos aparecían generalmente a principios y final de temporada. Esta aparición debe estar relacionada con dos tipos de situaciones. Primero, el mayor poder natatorio de estos individuos de mayor talla, que se traduce en una mayor capacidad de movimiento. Segundo,

un rango de temperaturas óptimos ligeramente menor y diferente a los grupos jóvenes y adultos.

Por otro lado los adultos fueron el núcleo principal de actividad extractiva local, lo cual daba pie a suponer que su presencia en estas aguas era más frecuente que para el grupo antes mencionado. Sin embargo, la presencia de individuos jóvenes era más fugaz, con lo cual se planteó la posibilidad de que estos fueran una pequeña fracción de este grupo de tallas, de tal forma que el grueso en biomasa quedara en aguas más meridionales, de ahí su aparición durante un corto lapso de tiempo. Esto se debía a su carácter de especie más tropical y afín a temperaturas más elevadas que los grupos anteriores, además de una menor capacidad natatoria. Otro tratamiento que se desarrolló fue la obtención de las distribuciones de tallas de listado pero por sexos, en orden a observar posibles diferencias significativas por meses entre ambos si las hubiere.

Si bien existían diferencias entre los distintos grupos de tallas en función del tiempo, estas diferencias no fueron observadas a nivel de sexos. De hecho, las distribuciones de tallas correspondientes a los distintos estratos temporales no presentaban diferencias en lo que se refería a las distribuciones de ambos sexos, donde no se observaron diferencias significativas entre ellas, ni como se verá posteriormente a nivel de la proporción entre ambos entre estos tres grupos (*fig. 4.2*).

Otra característica importante fue la aparente variabilidad observada de año a año. Es importante considerar que las distribuciones de tallas efectuadas por ICCAT durante los primeros años de la década de los 80 (1980-83) (ICCAT, 1986) en el área de Canarias, la distribución típica observada coincidió con la de 1988. Sin embargo, existió una distorsión en el año 89, que culminó en un retraso de un mes con respecto a esta gradación temporal migratoria "típica" para los diferentes grupos de talla en el año 1990. Esto llevó a la consideración de una hipótesis de trabajo acerca de la importancia del papel que jugaban las condiciones ambientales marinas y meteorológicas sobre las alteraciones sobre los desplazamientos de esta especie hacia esta área, con lo cual se hacía necesario ahondar en su estudio biológico con vistas a intentar dar una explicación razonable de los mismos, así como un estudio de las

condicionantes ambientales durante el período de muestreo, que ayudaran a entender mejor la dinámica bioecológica del listado en estas aguas. Anomalías en el desplazamiento de la Zona Inter-Tropical de Convergencia (ZITC) hacia el norte en verano y hacia el sur en invierno (Citeau y Demarcq, 1990), o el calentamiento progresivo de la temperatura media del medio podrían generar respuestas migratorias del listado hasta ahora desconocidas y que deben plasmarse en la migración por estratos espacio-temporales que esta especie efectúa en el Atlántico Nororiental.

4.2.- RELACIONES DEL INDICE DE CONDICION.

El índice de condición ha sido utilizado por varios autores (Castro, 1991; Ramos *et al.*, 1991), como medida paramétrica y cuantitativa del estado fisiológico de distintas especies de peces. En lo que se refiere a este trabajo, su uso era justificado en tanto en cuanto era necesario discernir las posibles razones de tipo trófico, reproductivo o ambiental que determinaban la presencia o ausencia de listado en las Canarias.

Este índice de condición es un indicador de los cambios fisiológicos que sufren los peces a lo largo del tiempo. Este coeficiente resultaba de dividir el "peso real" de un individuo, por el "peso teórico" que se debería tener a una longitud total determinada, calculada a partir de la relación longitud total-peso total para el total de la población (ICCAT, 1986).

Se establecieron dos tipos de análisis, el primero, una representación de la variación del IC en el tiempo para machos y hembras por separado (*fig.4.3*). En ella se observa una tendencia estable sin cambios bruscos achacables a una mala alimentación o reproducción (negativo) o a una muy buena alimentación y posterior ganancia en peso (positivo) de este índice en ambos sexos, con una tendencia al aumento en octubre-noviembre y un descenso al final debido a quizás al escaso número de individuos muestreados en esta fase terminal de la temporada. Esta escasa variación podría deberse a un nivel de alimentación óptimo de los ejemplares que arriban al área, además de un nivel de desarrollo gonadal (Índice Gonadosomático) indicativo de reposo sexual (menor gasto energético).

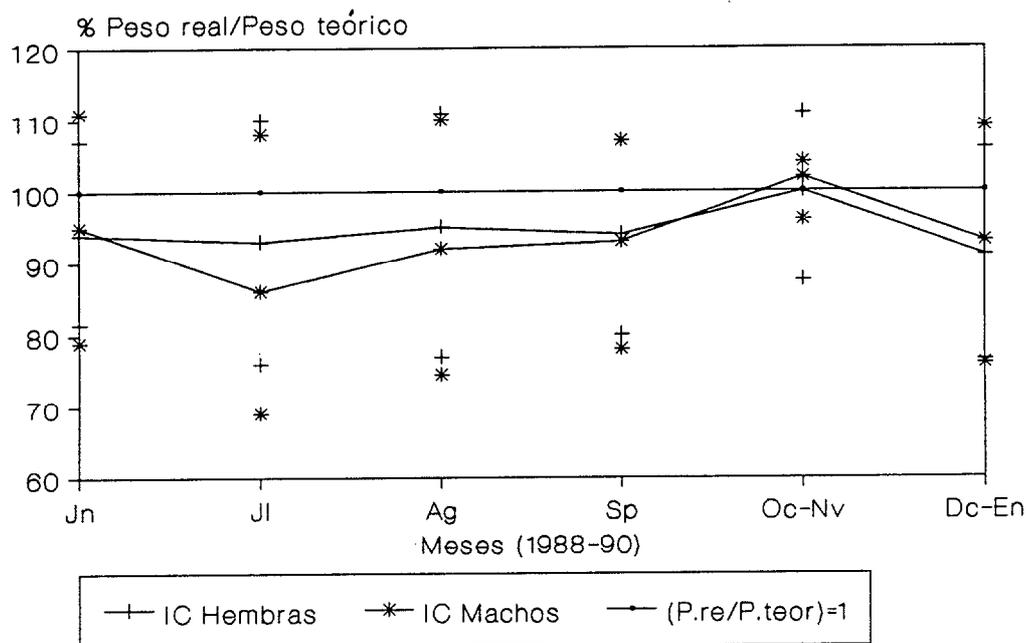


Fig.4.3.-Evolución temporal conjunta de Índice de Condición de machos y hembras de listado en el Archipiélago Canario.

Además, fueron representadas las regresiones "normal-normal" entre ambas variables para ambos sexos y bosquejados por meses, pretendiéndose con ello observar posibles variaciones positivas o negativas del IC en el tiempo con respecto a la tendencia media observada para esta especie en su relación peso/talla (*fig. 4.4a y b*). En este caso concreto, y a la vista de esta figura, se puede observar que si bien las hembras presentan ligeras variaciones en pendiente más marcadas que en el caso de los machos, estas no se pueden considerar como realmente significativas (*Tabla IV.2*), lo cual corrobora los resultados extraídos de la *fig.4.3*, donde la homogeneidad de este índice a través de los meses para ambos sexos es la nota dominante.

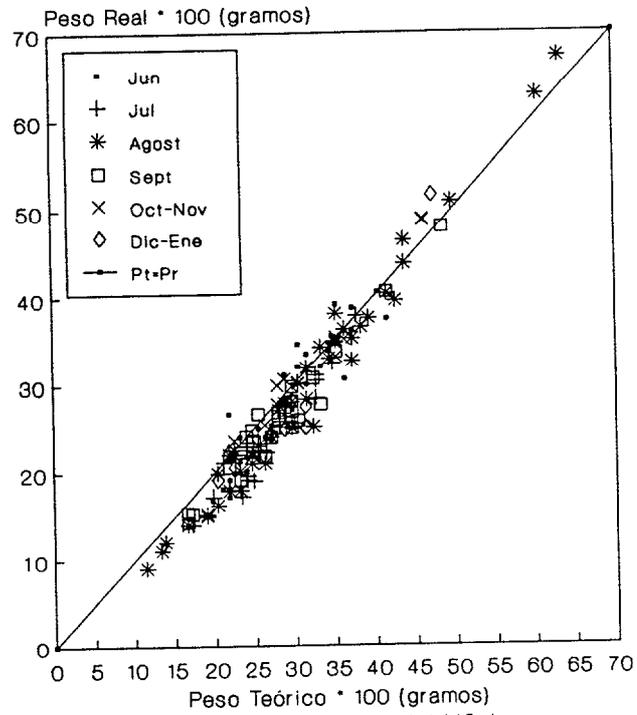


Fig.4.4a.- Evolución temporal del IC de machos de listado en el área canaria. (1988-90).

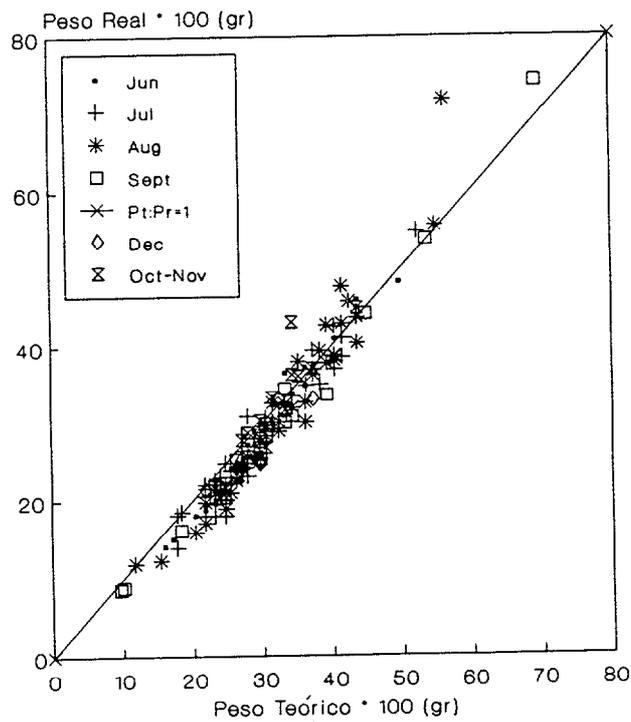


Fig.4.4b.- Variación mensual del IC de hembras de listado (88-90).

Tabla 4.2.- Ecuaciones de regresión de los índices de condición (IC) de machos y hembras de listado en el área de Canarias para el periodo Junio-Enero (88-90).

| Machos | | | |
|---------|-----------------------------------|--------------|-----|
| Mes | Ecuación | R de correl. | n-2 |
| Jn | P.real = -419.0 + 1.11 * (P.teor) | 0.945 | 36 |
| Jl | P.real = -592.9 + 1.11 * (P.teor) | 0.944 | 25 |
| Ags | P.real = -233.8 + 1.01 * (P.teor) | 0.979 | 46 |
| Spt | P.real = -328.7 + 1.05 * (P.teor) | 0.988 | 27 |
| Oct | P.real = -177.9 + 1.06 * (P.teor) | 0.982 | 12 |
| Dic | P.real = -604.9 + 1.14 * (P.teor) | 0.956 | 8 |
| Hembras | | | |
| Jn | P.real = -514.8 + 1.14 * (P.teor) | 0.989 | 33 |
| Jl | P.real = -472.3 + 1.11 * (P.teor) | 0.972 | 40 |
| Ags | P.real = -849.9 + 1.22 * (P.teor) | 0.969 | 42 |
| Spt | P.real = -398.4 + 1.07 * (P.teor) | 0.989 | 23 |
| Oct | P.real = -863.6 + 1.27 * (P.teor) | 0.912 | 12 |
| Dic | P.real = -127.9 + 0.87 * (P.teor) | 0.898 | 10 |

A la vista de los resultados las principales conclusiones de estos aspectos pueden resumirse como sigue:

- a.- La homogeneidad entre machos y hembras a nivel de tallas.
- b.- La homogeneidad de los IC en el tiempo, sin drásticos cambios achacables a una freza cercana o a una mala alimentación.

El contraste estadístico de igualdad de medias y desviaciones para las

distribuciones de tallas demuestran que a nivel de sexos, la población de listado que arriba al Archipiélago Canario es muy homogénea (*fig. 4.4 y Tabla IV.2*). Parecía además existir una gradación espacio-temporal de los distintos grupos de tallas considerados (jóvenes, adultos y longevos), explicable a partir de los distintos requerimientos ambientales así como a la gradación en los niveles marginales de distribución debido quizás a este tipo de requerimientos. Esto implicaba ahondar en las características ambientales imperantes en la zona que explicaran esta gradación, así como un estudio más sopesado de los IGS con vistas a explicar la aparente homogeneidad en los IC; índices por lo demás constantes en el tiempo debido principalmente a una alimentación óptima y quizás (eso será tratado en capítulos posteriores), a estadios de reposo sexual que generaran escasos cambios en este índice. Es por esto que se hacía necesario un estudio complementario de los IGS que ayudaran a explicar la homogeneidad de IC en el tiempo así como de su espectro trófico. El razonamiento consistía en que las variaciones entre el IGS y el IC debían de ser inversas, puesto que un aumento en el IGS debería ir acompañado de una disminución del IC y viceversa. Cabría esperar por tanto que si las distribuciones que se observaron para los IC eran homogéneas en el tiempo, lo mismo ocurriría en los IGS, como será discutido en capítulos posteriores.

4.3.- CRECIMIENTO.

4.3.1.- *Análisis de los otolitos.*

4.3.1.1.- Introducción.

La obtención de distribuciones de edades en peces es uno de los aspectos que ha generado un mayor interés desde que se establecieron los primeros modelos analíticos de crecimiento. En el caso particular de los túnidos y desde hace unas décadas, se vienen estudiando distintos métodos de estimación de edades que tienen como objetivo primordial la obtención de los parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy (L_{inf} , K de crecimiento y t_0).

En el caso particular del listado cabría hacer algunas reflexiones previas a un análisis más detallado de los métodos y resultados de estimación de edades,

que nos ayudará a entender mucho mejor la aparente gran variabilidad en lo que a los resultados obtenidos en distintas áreas del planeta se refiere.

Si se comparan la ecología del listado con la de las otras dos grandes especies de túnidos tropicales (rabil, *Thunnus albacares*, y patudo *Thunnus obesus*), el listado parece ser de maduración más temprana (Cayré, 1981, 1981; Cayré & Farrugio, 1986; Pereira, 1986), con una mortalidad más alta (Bayliff, 1977; Joseph & Calkins, 1969; Murphy & Sakagawa, 1977), y mayor variación en sus poblaciones. Es por ello que esta especie cuenta con menos clases de edad si se la compara con las otras dos especies anteriormente citadas. La disponibilidad y fuerza de cada clase anual experimenta cambios más drásticos y la tasa de productividad definida por el cociente Producción/biomasa es más alta que para otras especies de túnidos (concretamente para el género *Thunnus*).

4.3.1.2.- Resultados y discusión.

Para la resolución del método lineal, se consideró una regresión lineal normal-normal talla/edad y se estimó una K de crecimiento. Sin embargo, se observó que la distribución de edades obtenidas a partir de los otolitos daban una distribución por tallas muy sesgada, con valores de desviación estándar realmente altos (muy dispersos), con un coeficiente de correlación realmente bajo, aunque significativo desde un punto de vista estadístico ($t > 2$ y $p < 0.05$), explicando la variable independiente "edad" los cambios en la variable dependiente "longitud total", sólo en un 14.45 %, poco esclarecedora debido a la gran dispersión (fig.4.5, Tabla IV.3).

Para el segundo método, se intentó ajustar una curva de crecimiento de Von-Bertalanffy, siguiendo el método de Beverton y Holt, en base a la comparación de resultados con el ajuste lineal. Si bien el valor de la K de crecimiento es óptimo (0.1364), especialmente si se considera que el rango de tallas de listado que se presenta en aguas de Canarias se corresponde con individuos adultos que han sobrepasado la fase de crecimiento rápido inicial, los resultados no eran muy significativos sobre todo si consideramos una "r" de correlación en torno a - 0.361 o lo que es lo mismo, la variable "edad" solo

explica el 13 % de la variación en longitud. Además, la obtención de una t_0 de 8.6 años para una L_{inf} de 70 cm, no tenía ningún sentido con lo cual se desechó esta metodología por considerarla poco fiable.

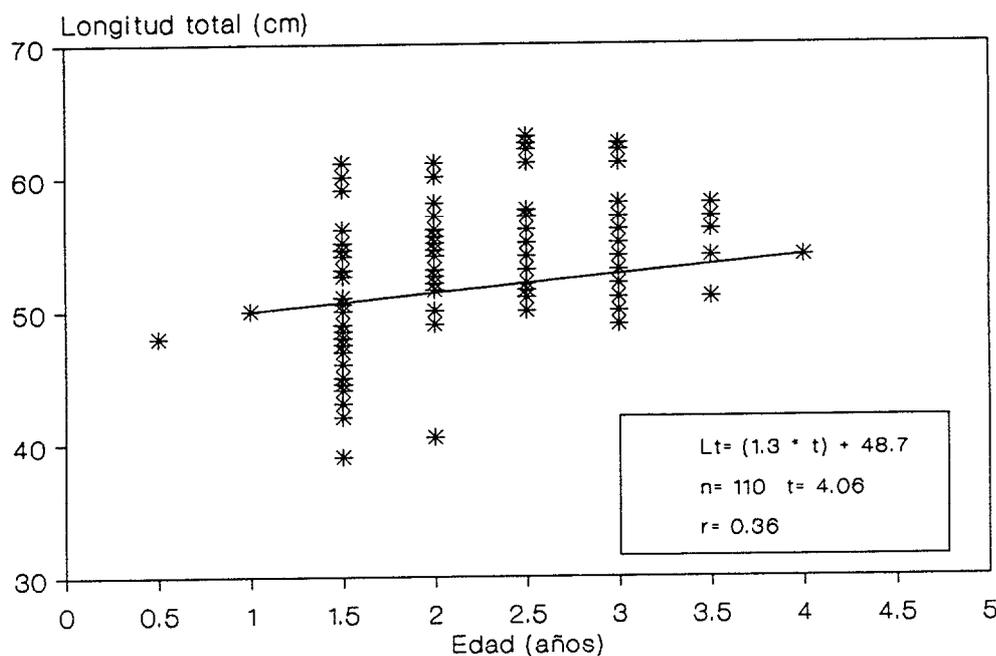


Fig.4.5.- Relación lineal Longitud total -edad obtenida de otolitos de listado capturado en Canarias (88-90).

Esto confirmaba las tesis de otros autores (ICCAT, 1986; Fonteneau & Marcille, 1988) donde se consideraba que las lecturas directas de edades en otolitos para el listado en especial y para los túnidos en general, no servían para la detección de distribuciones de edades (salvo en el caso de lecturas de bandas de crecimiento diarias (Uchiyama y Struhsaker, 1981), con lo cual se debía recurrir a otros métodos de tipo estadístico (progresión modal), marcado, o utilizar otras "partes duras" (vértebras y radios, principalmente), para la obtención de registros de edad.

Otro tratamiento que se aplicó a los otolitos fue el cálculo de la relación logarítmica-logarítmica entre la longitud del otolito y la longitud a la furca basándonos en el trabajo de Pawson (1990), lo cual daría un método indirecto de lectura de edades (teniendo la distribución talla-edad). Esto reportaría unos resultados de gran aplicación en posibles estudios de predación sobre listado

por otras especies.

Tabla 4.3.- Distribución Longitud total-edad calculada a partir de los otolitos de listado del área de Canarias (88-90).

| EDAD | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|-----|-----|----|---|
| TALLA | | | | |
| 40-42 | 54 | | | |
| 42-44 | 36 | | | |
| 44-46 | 71 | | | |
| 46-48 | 54 | 36 | | |
| 48-50 | 267 | 142 | | |
| 50-52 | 179 | 143 | 18 | |
| 52-54 | 214 | 196 | 18 | |
| 54-56 | 161 | 143 | | |
| 56-58 | 36 | 90 | 54 | |
| 58-60 | 72 | | | |
| 60-62 | | 72 | | |
| 62-64 | | | | |
| 64-66 | | | | |

Sin embargo y según Pawson (1990), era necesario un conocimiento profundo de las distribuciones de edades de las distintas clases de tallas. Además y lo que era más grave, aún si se pretendía extrapolarlo a lecturas de edades en túnidos, era necesaria "una estimación certera de la tasa de crecimiento para la especie en cuestión", así como "una cierta consistencia en

la medida de esta tasa", condición excluyente si consideramos el amplio rango de variación de este valor para el listado, no solo en distintas áreas del planeta, sino en la misma zona y para distintos años (fig.4.6, Tabla IV.4).

Tabla 4.4.-Parámetros de crecimiento de Von-Bertalanffy para listado en distintas áreas del planeta y para diferentes metodologías.

| Linf (cm) | K | to (años) | Metodología |
|-----------|-------|-----------|---|
| 102.1 | 0.548 | -0.023 | Crecimiento diario Uchiyama & Struhsaker, 1981 |
| 103.8 | 0.432 | -0.016 | Progresión modal Chi & Yang, 1973 |
| 85.1 | 0.950 | | Progresión modal |
| 88.1 | 0.431 | | Marcado Joseph & Calkins, 1969 |
| 82.3 | 0.770 | | Marcado Rothschild, 1967 |
| 65.5 | 0.940 | | Marcado |
| 79.1 | 0.640 | | Marcado Josse <u>et al</u> , 1979 |
| 74.8 | 0.520 | | Progresión modal Wankowski, 1981 |
| 79.6 | 0.200 | | Análisis de radios Batts, 1972a |
| 80 | 0.320 | | Marcado |
| 80 | 0.600 | | Marcado Bard & Antoine, 1982 |
| 80 | 0.266 | -0.220 | Análisis de radios Este trabajo |

Como puede verse en la *fig. 4.6*, el coeficiente de correlación es relativamente bajo pero significativo (0.665), aunque menor que el obtenido en la relación diámetro del ojo-longitud furca y a su vez menor que el resultante de la relación longitud de la cabeza-longitud furca. De hecho los porcentajes de explicación de una variable sobre la otra son del 45 %, el 61 % y el 85 % para las tres relaciones respectivamente (Ramos y Herrera, 1990). Se han seleccionado las tres relaciones como normal-normal debido a que se ajustaban más que las logarítmica-logarítmica, debido a que la población de listado (38-70 cm), la encontramos en esta área en uno de los rangos de crecimiento lineal considerados por Uchiyama y Struhsaker (1981).

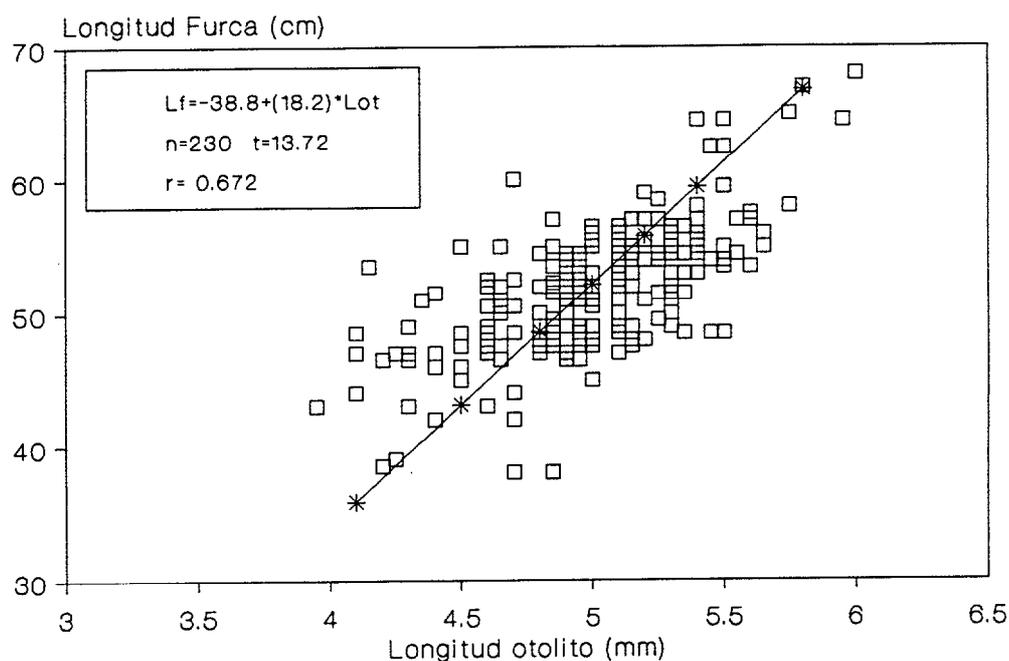


Fig.4.6.- Relación Longitud total-Longitud otolito de listado capturado en Canarias (88-90).

4.3.2.- Análisis de los radios.

4.3.2.1.- Resultados y discusión.

La utilización del modelo de Von-Bertalanffy para la estimación de los parámetros de crecimiento utilizando el primer radio de la primera aleta dorsal, fue realizado aplicando una conversión lineal de la ecuación según el modelo

de Beverton y Holt, con una tasa de cobertura "lecturas válidas /número de radios" en torno al 60 %, ecuación del tipo:

$$\text{Ln} (L_{\text{inf}}-L) = (\text{Ln} L_{\text{inf}} + (K * t_0)) - K * t$$

Se probaron cuatro L_{inf} 70 cm, 80 cm, 90 cm, 100 cm. El coeficiente de correlación aumentaba al aumentar la L_{inf} , disminuyendo la K de la misma forma. Sin embargo, se optó por utilizar una $L_{\text{inf}} = 80$ cm debido a que el rango de tallas considerado en este trabajo como se ha explicado en apartados anteriores, se refiere al intervalo 37 cm - 75 cm, justo en el segundo tramo lineal de crecimiento del modelo diseñado por Uchiyama y Struhsaker (1981) (independientemente de las edades), tramo que culminaba en torno a los 80 cm, con lo cual la elección de una L_{inf} en torno a este valor pareció la más plausible para este trabajo. De hecho, el valor obtenido para K y L_{inf} son razonables si se contrastan con los valores obtenidos por otros autores en distintas áreas. (Tabla.IV.4).

La ecuación que regía el crecimiento de esta especie en el área de Canarias quedaba por tanto tal como sigue:

$$L = 80*(1-\exp^{(-0.266*(t+1.022))})$$

Nótese que la t_0 (-1.022) obtenida no tiene ningún sentido biológico, solo matemático, puesto que no se está considerando el rango de tallas desde el momento del nacimiento hasta la muerte del ejemplar, sino un intervalo muy ceñido en rango de longitudes (37-75 cm), lo cual genera la obtención de un valor en este orden, diferente a los registrados en la *Tabla IV.4*, obtenidos a partir de distintas técnicas de lectura de edades, en distintas áreas del planeta (*fig.4.7* y *Tabla IV.5*).

Tabla 4.4.-Parámetros de crecimiento de Von-Bertalanffy para listado en distintas áreas del planeta y para diferentes metodologías.

| Linf (cm) | K | to (años) | Metodología |
|-----------|-------|-----------|---|
| 102.1 | 0.548 | -0.023 | Crecimiento diario Uchiyama & Struhsaker, 1981 |
| 103.8 | 0.432 | -0.016 | Progresión modal Chi & Yang, 1973 |
| 85.1 | 0.950 | | Progresión modal |
| 88.1 | 0.431 | | Marcado Joseph & Calkins, 1969 |
| 82.3 | 0.770 | | Marcado Rothschild, 1967 |
| 65.5 | 0.940 | | Marcado |
| 79.1 | 0.640 | | Marcado Josse <u>et al</u> , 1979 |
| 74.8 | 0.520 | | Progresión modal Wankowski, 1981 |
| 79.6 | 0.200 | | Análisis de radios Batts, 1972a |
| 80 | 0.320 | | Marcado |
| 80 | 0.600 | | Marcado Bard & Antoine, 1982 |
| 80 | 0.266 | -0.220 | Análisis de radios Este trabajo |

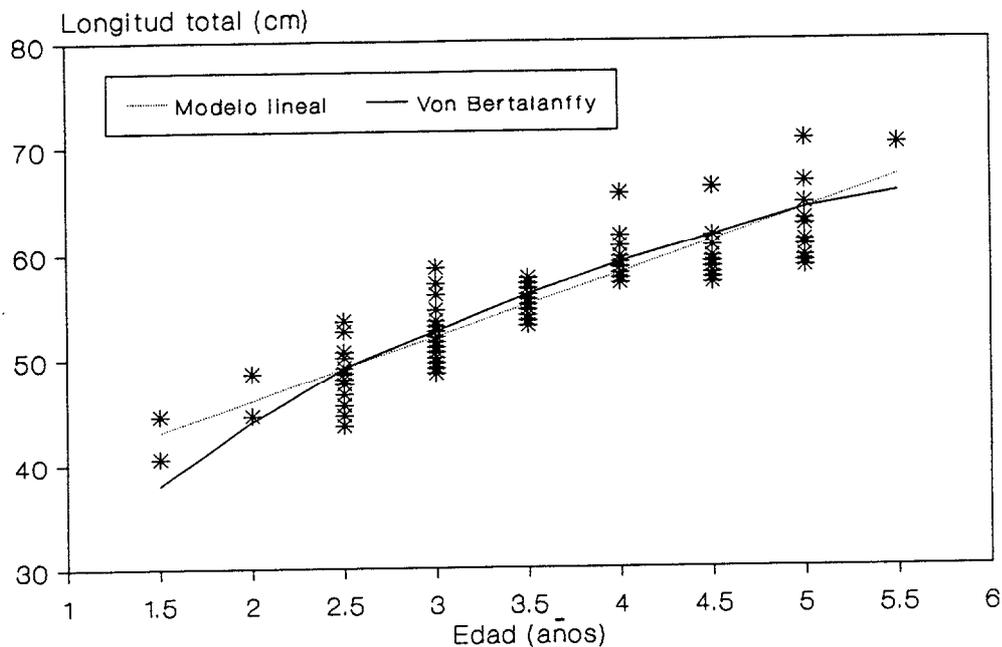


Fig.4.7.- Modelos talla-edad de crecimiento lineal y de Von Bertalanffy para listado capturado en Canarias (1988-90).

También se consideró el crecimiento como lineal, y se aplicó una regresión simple entre ambas variables: Longitud Total-edad. En la *fig 4.7* además del anterior, se representó la curva de Von-Bertalanffy para observar las dos tendencias de crecimiento, observándose un mejor ajuste en el modelo lineal que en el de Von-Bertalanffy; sin embargo, se consideró como más realista este último, puesto que a pesar de encontrarnos en el segundo-tercer tramo de crecimiento lineal, y a pesar de que el coeficiente de correlación es mayor para el ajuste lineal, se consideró que la ecuación no lineal tenía dos ventajas. La primera, el reproducir mejor el crecimiento de un pez en general y, en nuestro caso particular del listado. La segunda, la posibilidad de contraste de resultados con los obtenidos en otras áreas del planeta donde otros autores han desarrollado trabajos similares y obtenido los tres parámetros que definen la ecuación lo cual permite una comparación y discusión de resultados (*Tabla IV.4 y 4.5*).

Tabla 4.5.- Distribución talla-edad de listado del área de Canarias calculadas a partir de análisis del primer radio de la aleta dorsal (1988-90).

| EDAD | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|----|-----|-----|----|----|
| TALLA | | | | | |
| 40-42 | 12 | | | | |
| 42-44 | | 12 | | | |
| 44-46 | 24 | 12 | | | |
| 46-48 | | 72 | | | |
| 48-50 | 12 | 282 | | | |
| 50-52 | | 247 | | | |
| 52-54 | | 259 | 165 | | |
| 54-56 | | 118 | 282 | | |
| 56-58 | | 48 | 223 | 12 | |
| 58-60 | | | 72 | 60 | |
| 60-62 | | | 24 | 72 | |
| 62-64 | | | | 24 | |
| 64-66 | | | 12 | 24 | |
| 66-68 | | | | 12 | |
| 68-70 | | | | 12 | |
| 70-72 | | | | 12 | 12 |

4.3.3.- Conclusiones.

Como conclusiones más significativas cabe destacar:

- Los otolitos no dan una buena estimación de edad, lo cual apoya la utilización de otras "partes duras" para la estimación de edades en esta especie.

- La aplicación del método de Petersen de "Progresión Modal" no tiene sentido en una pesquería tan peculiar como es la de listado en esta área. Las variaciones en tallas de las distintas cohortes son debidas a la migración en estratos temporales distintos, y no al crecimiento, condición sin la cual este modelo no tiene sentido ni aplicabilidad ninguna.

- Los radios por el contrario, dieron los resultados más coherentes, lo cual determina para los valores de K y L_{inf} obtenidos, como factibles y contrastables con los de otros autores. Asimismo, se establece a esta técnica como muy útil para las lecturas de edades en tñidos.

4.4.- REPRODUCCION

4.4.1.- Introducción

La reproducción es un aspecto importante por el cual numerosos grupos de investigación han desarrollado durante la última década intensos estudios orientados hacia un mejor conocimiento de las características biológicas de la puesta de esta especie (Pereira, 1986; Cayré & Farrugio, 1986; Goldberg & Au, 1986), así como de la distribución de sus larvas (Klawe, 1960; Matsuura, 1986; Juárez y Pilar de Frías, 1986). Otros sin embargo, han estado orientados hacia el estudio de sus índices gonadosomáticos en el Océano Atlántico, donde se observó una distribución de estadios gonadales desarrollados en dos sectores, en la franja Occidental (Caribe y SE de Brasil), así como entre los paralelos 10 S y 20 N en el área Oriental.

A partir de la bibliografía consultada se deducen dos áreas de acumulación

de larvas: la primera, entre el 25 S y el 30 N en el Atlántico Occidental, y la segunda mucho más ceñida, entre el 5 S y el 10 N en el Atlántico Oriental. Curiosamente, en ambos casos la distribución de larvas meroplanctónicas estaba muy relacionada con la oscilación espacio-temporal en latitud de la isoterma de 24 C como su límite marginal (Sund *et al.*, 1981; ICCAT, 1986).

Se identificaron por tanto dos tipos de áreas dependiendo de las características oceanográficas y climatológicas anuales: *Un área Ecuatorial*, Golfo de Guinea y Liberia en el Atlántico Oriental, así como las costas del Noroeste de Brasil en el Atlántico Occidental. Aparte existe *un área Subtropical*, principalmente en el Archipiélago de Cabo Verde en el Atlántico Oriental y la costa Sureste de Brasil y Estados Unidos (aguas de Florida).

Con respecto al área del Archipiélago Canario, pocos han sido los trabajos desarrollados en este sentido (Santos-Guerra *et al.*, 1983; Cayré & Farrugio, 1986). Sin embargo y observando las figuras de distribución de áreas de freza y larvas (*capítulo 1, sección 1.4.2*), parece deducirse que esta área juega un papel secundario en la biología reproductiva del listado en el Atlántico Nororiental. De hecho, en los distintos muestreos de larvas y gónadas realizados en esta área, se observó que la gran mayoría de los listados examinados se encontraban en estadios de reposo sexual. Es más, en los distintos muestreos de carácter oceanográfico realizados en el área, no se ha observado la presencia de huevos y larvas de esta especie. A pesar de ello, para la realización de un estudio sobre la bioecología de esta especie en esta área, se hacía necesario el desarrollo de un estudio paralelo de índices reproductivos como el "Índice Gonadosomático" (IGS), que ayudara a explicar las escasas variaciones en los índices de condición, que al mismo tiempo sirvieran de confirmación a las observaciones descritas en capítulos anteriores relativas a la escasa variabilidad de los índices de condición.

4.4.2.- Resultados y discusión.

4.4.2.1.- Relación de sexos.

Para determinar las posibles diferencias en número entre sexos, y a pesar de que a nivel de tallas y edades la distribución para machos y hembras fuera homogénea, se realizó un test "ji cuadrado" de contraste para observar posibles diferencias con respecto al 1 ideal, considerando tres grupos de tallas: Jóvenes (< 48 cm), adultos (49-55 cm) y longevos (> 56 cm) según capítulos anteriores. (Tabla IV.6).

Tabla 4.6.- Sex-ratio para los distintos intervalos de clase de longitudes a la furca de machos y hembras de listado en el área de Canarias (1988-90).

| | Longitud a la Furca (cm) | | |
|-----------|--------------------------|------------|----------|
| | (< 50 cm) | (50-55 cm) | (>50 cm) |
| Machos | 74 | 60 | 18 |
| Hembras | 62 | 66 | 22 |
| Sex-Ratio | 1.19 (*) | 0.91 (*) | 0.82 (*) |

(*) La sex-ratio no es significativamente diferente de 1 según contraste Ji-cuadrado 1,0.05.

Se puede apreciar que la distribución de sexos es muy homogénea para los tres grupos, con lo cual las posibles diferencias observadas para los distintos grupos de edad de esta especie en otras áreas del planeta, no se manifiesta en el área del Archipiélago Canario.

4.4.2.2.- Distribuciones de IGS.

También se procedió al posterior estudio de las posibles diferencias existentes entre los IGS por sexos, así como del nivel de desarrollo gonadal establecido por Orange (1961), y que para esta especie se consideró como crítico o de "freza irreversible" en torno a un IGS > 35. Si se pretendía estudiar las connotaciones que determinaban la aparición de listado en el Archipiélago, quedaba claro que era necesario ahondar un poco más en las distribuciones del IGS como indicador del estadio de desarrollo gonadal que

esta especie presentaba en esta área. De hecho, ya se ha demostrado en capítulos anteriores que la población de listado en el Archipiélago es muy homogénea a nivel de sexos, tallas y edades, y sobre todo, que presenta muy ligeras variaciones en lo que se refiere a indicadores del estado fisiológico del animal, como son los índices de condición (IC).

En la *Tabla IV.7* se adjunta el contraste bilateral aplicado para la determinación de la posible igualdad ó desigualdad de los niveles IGS de machos y hembras de listado en esta área. Se denotan diferencias significativas para todo el rango de tallas excepto en las tallas mayores, quizás debido al pequeño número de individuos muestreado en este intervalo de $Lf > 60$ cm. Esto puede observarse en la *fig. 4.8a* y *4.8b*, donde a una cierta homogeneidad en tallas, según el contraste de igualdad de tallas demostrada en parágrafos anteriores y para una proporción de sexos similar a 1, los diagramas de frecuencias de IGS para ambos sexos eran "significativamente distintos".

Otro problema que se planteaba era la razón por la cual existían diferencias significativas para ambos sexos en lo que se refería a la distribuciones de frecuencias de IGS, diferencias que no fueron observadas en las de talla.

Solo cabían dos hipótesis:

- Una maduración más temprana en hembras que diera lugar a diferencias significativas por sexos para el mismo rango de tallas jóvenes; Cayré y Farrugio (1986), observaron una maduración más temprana en hembras (42 cm) que en machos (45 cm), en un área (Golfo de Guinea), de freza constatada para esta especie en el Atlántico.

- Como base a la segunda hipótesis y considerando que el rango de IGS crítico de irreversibilidad de puesta, establecido por Orange (1961) en torno a > 35 era alcanzado por una fracción muy pequeña de las hembras (resultado similar al observado por Pereira (1986) en aguas de Azores), el nivel de IGS de reposo sexual para ambos sexos presentara valores diferentes.

De esta forma, considerando que la población de listado que arriba al área

está constituida por individuos adultos ya reclutados aguas al sur se puede deducir que el estadio de reposo se encuentra en 10 para las hembras y en < 5 para los machos, por ser estos los valores mínimos de IGS para individuos adultos (> 50 cm).

Tabla 4.7.- Contraste bilateral de igualdad de medias y desviaciones estándar de Longitudes furcales (a) e Indices Gonadosomáticos (b) entre machos y hembras de listado capturado en Canarias (1988-90).

(a) Tallas

| Talla (cm) | n | Z (0.95) | F (0.95) |
|------------|-----|------------------|-------------------|
| 40-45 | 16 | 0.247 < 1.96 | 0.6 (0.21, 3.48) |
| 45-50 | 118 | 0.790 < 1.96 | 0.7 (0.64, 1.51) |
| 50-55 | 126 | 0.507 < 1.96 | 0.8 (0.65, 1.53) |
| 55-60 | 32 | 2.100 > 1.96 (*) | 0.4 (0.42, 2.45) |
| >60 | 6 | 3.343 > 1.96 (*) | 17.6 (0.1, 215.7) |

(*) Diferencias significativas al 95 % de confianza

(b) Indices Gonadosomáticos

| Talla (cm) | n | Z (0.95) | F (0.95) |
|------------|-----|--------------|-------------------|
| 40-45 | 16 | 4.29 > 1.96 | 8.25 (0.2, 3.5) |
| 45-50 | 118 | 11.92 > 1.96 | 2.69 (0.6, 1.5) |
| 50-55 | 126 | 7.40 > 1.96 | 0.85 (0.6, 1.5) |
| 55-60 | 32 | 3.70 > 1.96 | 1.94 (0.4, 2.4) |
| > 60 | 6 | 1.95 > 1.96 | 5.11 (0.1, 215.7) |

(*) Diferencias significativas (95 %)

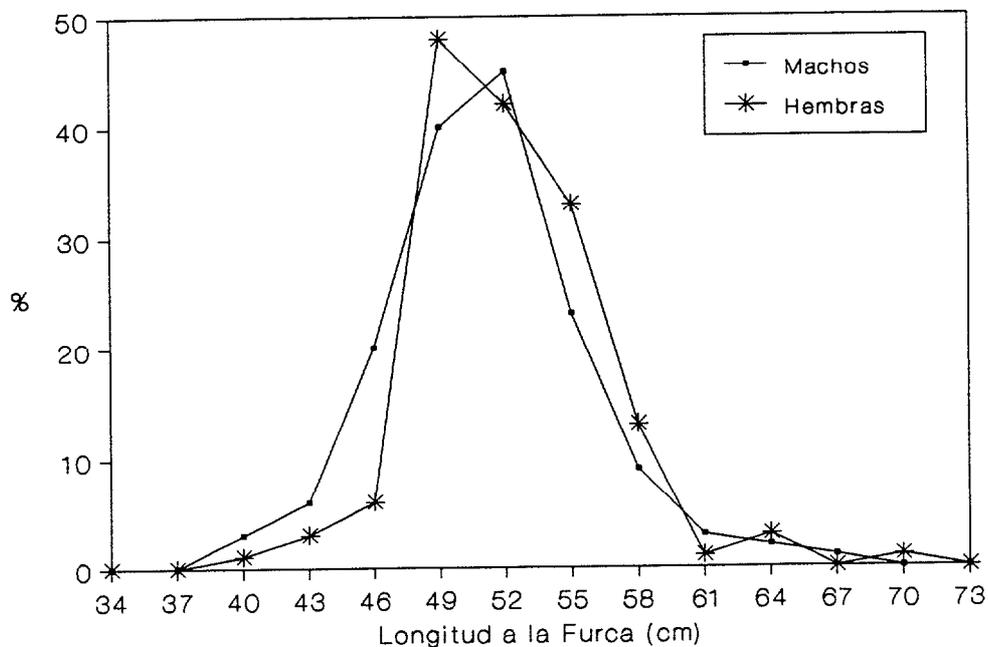


Fig.4.8a.- Distribución de tallas de listado en el área de Canarias (1988-90).

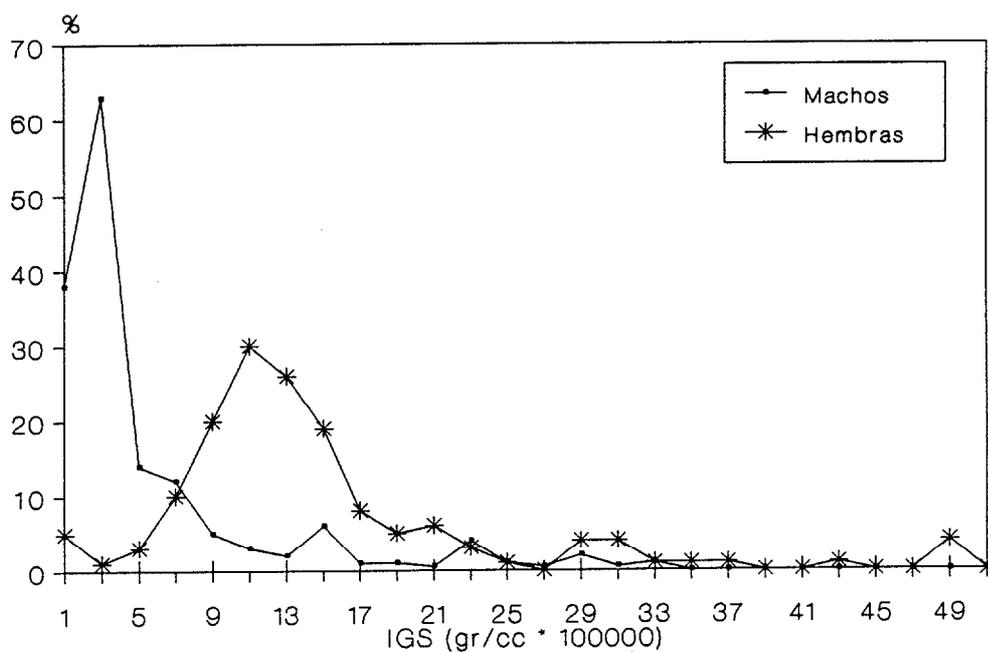


Fig.4.8b.- Índices Gonadosomáticos, de machos y hembras de listado en el área de Canarias. (1988-90).

4.4.2.3.- Variaciones temporales IGS-L.Furca.

También se consideró la variación en el tiempo de las distribuciones de IGS y de longitudes a la furca para ambos sexos (*fig.4.9*).

Se observa una mayor variabilidad de IGS con respecto a los grupos de tallas al principio de la temporada de pesca, entre el periodo junio-agosto, posiblemente asociados a individuos con IGS tendentes al reposo sexual post-freza efectuado en el Golfo de Guinea. La razón fundamental radica en que en los periodos posteriores, septiembre-diciembre, los IGS se encuentran en reposo sexual, con IGS < 20 en hembras y < 5 en machos.

- Hembras.- Existe una gran variabilidad aprincipios de la temporada de pesca, con individuos en distintos estadios de desarrollo sexual, que se manifiesta aun más en verano, donde puede observarse un IGS máximo en torno a 35 o más ("nivel crítico"), asociado a una fracción de población longeva en torno a 60 - 68 cm. Posteriormente (otoño - invierno) existe una tendencia al reposo sexual, con IGS que en ningún caso sobrepasan el límite inferior de 5 salvo una pequeña fracción de individuos en torno a 48 cm (junio-julio).

- Machos.- El caso de los machos es paralelo en el tiempo al de las hembras (variabilidad máxima en primavera- verano y reposo sexual en otoño-invierno) pero con una pequeña salvedad, los estadios de desarrollo se dan con niveles inferiores a los de las hembras, y en ningún caso sobrepasan el nivel crítico de puesta establecido en 35. Al final de temporada, se dá una tendencia al reposo establecido para esta especie en torno a 5.

4.4.3.- Conclusiones.

Parece por tanto cierta la hipótesis planteada en un principio, acerca de que la aparición de esta especie en esta área en determinadas épocas se debe a razones de tipo trófico (concentración de alimento en torno al Archipiélago), ó ambiental, pero en ningún caso reproductivas. Es más, la aparente variabilidad observada a nivel de IGS a principios de temporada de pesca puede estar relacionada con estadios de post-freza para individuos adultos y

longevos. La prueba más coherente es que, para *los adultos* (49-55 cm), grupo de edad objeto de acción extractiva intensa por parte de la flota local que opera en esta área durante la temporada de pesca en proporción a jóvenes y longevos, presentan estadios desarrollados entre primavera y verano, tendiéndose al reposo a final de año. *Los jóvenes* (37-48 cm), presentes en esta pesquería durante el principio de temporada, presentan también estadios de IGS realmente bajos, presumiblemente asociados a niveles de primera madurez muy bajos si los contrastamos con los adultos. Su evolución no puede observarse puesto que "desaparecen de la pesquería" a final de año, presumiblemente hacia el sur. Con respecto a los individuos *longevos* (> 56 cm), que aparece con estadios de desarrollo gonadal elevados, sugerimos la posibilidad de que también se encuentren en estados de post-freza, por presentar niveles altos de IGS, pero tendentes al reposo sexual, puesto que en su aparición en Azores presentan estadios representativos de estos niveles de reposo (Pereira, 1986).

Contrastando estas características con los resultados obtenidos en anteriores secciones de este capítulo, se observa que las migraciones o movimientos hacia el norte de esta especie se caracterizan por efectuarse según un gradiente de tallas en estratos espacio-temporales distintos. Así, primero aparece un grupo de tallas "longevas", que migran más hacia el Norte (aguas de Madeira y Azores), conjuntamente a un grupo "adulto" que soporta gran parte de la acción pesquera en el área, por ser el grupo más estacionario en estas aguas durante gran parte de la temporada de pesca. En verano, y posterior a la marcha del grupo "longevo", aparece en la zona un grupo de individuos "jóvenes" con edades comprendidas entre 1.5 y 3 años, asociado a niveles de IGS bajos, que desaparecen de la pesquería rápidamente, en septiembre. A final de la temporada de pesca, y una vez desaparecido el grupo intermedio ("adultos") entre 3 y 4 años de edad, aparecen nuevamente los individuos "longevos" entre 4 y 6 años de edad o bonitos de invierno, como se les llama en la pesquería canaria, (presumiblemente desde aguas más septentrionales), con niveles de IGS en reposo y en dirección sur. La aparente poca variabilidad en los IC confirmarían una distribución espacio-temporal de IGS en reposo para esta área y además, podría suponer que la alimentación en esta zona, razón principal de su aparición en aguas canarias, debería ser óptima.

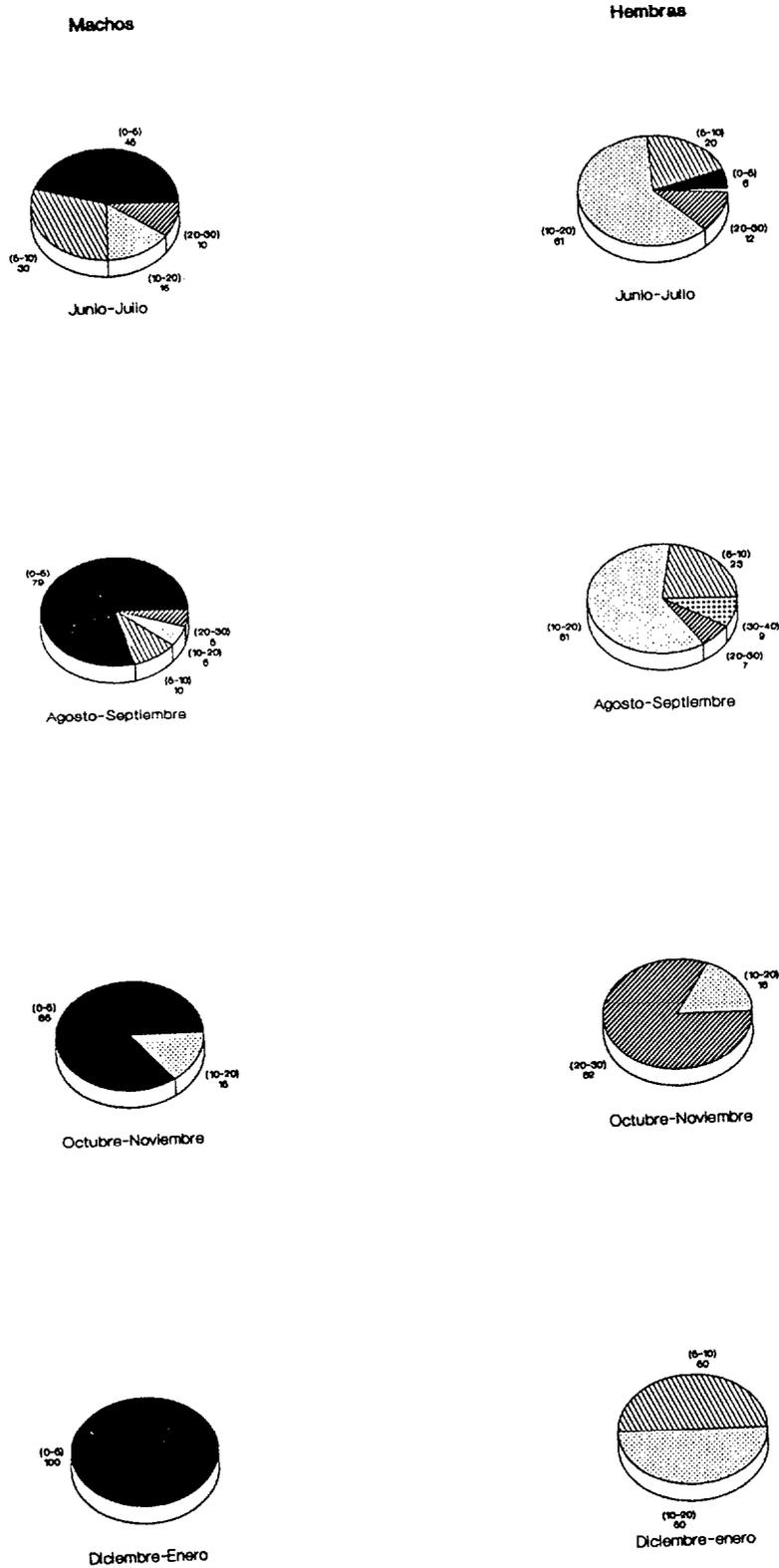


Fig.4.9.- Evolución de los IGS de machos y hembras de listado en el área de Canarias (Junio-Enero 1988-90).

4.5.- ALIMENTACION.

4.5.1.- Introducción.

El comportamiento alimentario de cualquier especie pelágica depende por una parte de la cantidad de alimento disponible en el medio y del comportamiento más o menos selectivo de dicha especie respecto de este. El grado de selección en cierta medida se verá influenciado por la la cantidad de alimento disponible, incluso en aquellas especies denominadas no selectivas u oportunistas.

En el caso concreto de los túnidos, muchos han sido los trabajos efectuados con vistas a conocer mejor el espectro trófico de los individuos adultos de esta especie (Dragovich & Potthoff, 1972; Ankeenbrandt, 1985, 1986; Cayré *et al.*, 1988), de sus larvas (Young & Davis, 1990), así como las principales características de su alimentación en cautividad (Yuen, 1961; Nakamura, 1969). Además se han abordado estudios acerca de las distribuciones de sus larvas y juveniles, calculados indirectamente a partir de los contenidos estomacales de sus predadores (Zavala-Camín y Von Seckendorff, 1980; Zavala-Camín, 1986).

Entre las características principales de la alimentación de listado cabe destacar su carácter de especie *oportunist*a con un bajo grado de selección, inherente a su condición de especie migradora que efectúa grandes desplazamientos relacionados con la búsqueda del alimento (Au, 1986). Este carácter de especie oportunista que habita con gran éxito los tres grandes océanos, genera para esta especie un gran espectro trófico, generalmente representativo de las áreas donde se alimenta (Hotta y Ogawa, 1955; Alverson, 1963; Perrin *et al.*, 1973; Argue *et al.*, 1983). Sin embargo, la abundancia relativa de presas en la dieta de los ejemplares, en ocasiones no es indicador de la abundancia relativa en el medio, las diferentes estrategias antipredadoras adoptadas por las presas (Partridge, 1982), así como el efecto de las diferentes técnicas de pesca utilizadas por el hombre (como ocurre en el área de Canarias con la pesca al cebo vivo), pueden alterar los "bits" de diversidad y abundancia relativa, si se pretende extrapolar a la existente en el medio. Por otra parte existe una determinada capacidad de predación que puede quedar por

debajo de la abundancia real de presas disponibles. Posiblemente la abundancia estimada de caballa *Scomber japonicus*, en aguas de Canarias es muy superior a la capacidad predatora de los Túnidos en general y del listado en particular que arriban a esta área.

En lo que se refiere a su espectro trófico y debido a su amplia área de distribución, el listado presenta un rango trófico muy amplio, principalmente compuesto por moluscos, crustáceos y peces. Entre los principales grupos taxonómicos de peces cabe destacar a los gonostomátidos, carángidos, mictófididos, múlididos, serránidos, engráulidos y escómbridos, así como juveniles y larvas de túnidos dándose en ocasiones casos de canibalismo (Dragovich y Potthoff, 1972) sobre estas clases de edad iniciales. Los grupos principales de crustáceos encontrados fueron decápodos, anomuros, anfípodos, isópodos, copépodos, eufausiáceos, etc.. En lo que se refería a los moluscos, destacan principalmente los cefalópodos, (octópodos y decápodos).

Con respecto a las características de la alimentación de listado, tanto en lo que se refería a los ritmos diarios como a los requerimientos energéticos, Nakamura (1969), realizó un interesante experimento de etología de esta especie en cautividad en aguas de Hawaii. Después de innumerables problemas de tipo técnico consiguió mantener una serie de 13 listados que sobrevivieron 5 meses y que fueron sometidos a toda una serie de experimentos acerca de su etología trófica. Los resultados fueron realmente interesantes, puesto que además de ser el primer experimento en el que se consiguió mantener a esta especie en cautividad durante un largo periodo de tiempo, se logró inferir sobre aspectos relativos a su etología trófica. Se observó que esta especie tiende a alimentarse mucho en las primeras horas del día, presentando además dos máximos de alimentación al mediodía y al atardecer. Asimismo, en experimentos de alimentación "in situ", Yuen (1961), observó que la alimentación aumentaba si se utilizaban métodos de aspersión de agua que dificultaran la visión del barco. Se observó además una cierta tendencia hacia el cebo de pequeño tamaño, quizás debido al menor gasto energético que le suponía su captura y deglución. Se realizaron experimentos con cebo vivo y cebo muerto, observándose que la tendencia era hacia ingerir alimento vivo. Sin embargo y en lo que se refiere a experimentos de tipo bioenergético sobre rabil (*Thunnus albacares* extrapolables al listado, Olson & Boggs (1986),

desarrollaron una serie de estudios conducentes a la investigación de la predación de rabil mediante la utilización de tres métodos de estimación: Evacuación gástrica, concentraciones de cesio y requerimientos, y bioenergética y consumo calórico. Observaron que las especies con un alto contenido en lípidos (como el caso de la caballa *Scomber japonicus*), eran digeridas más lentamente; observaron unos requerimientos en porcentaje de su peso que oscilaba dependiendo de la técnica utilizada, alrededor de un 5,2 % de su peso/día (adultos); estas especies presentaban además unas tasas de renovación (producción/biomasa (I/t)) realmente elevadas, en contraste con una baja eficiencia de conversión y transferencia trófica hacia niveles superiores, caracteres típicos de la ubicación de esta especie en nichos tróficos elevados.

En este trabajo, se estudiaron las relaciones tróficas interespecíficas entre el listado y su presas, considerando que los contenidos estomacales estaban "contagiados" por la tecnología utilizada para su pesca en el área (cebo vivo).

4.5.2.- Resultados y discusión.

A partir de la *fig.3.2* (capítulo de metodología), donde fueron separados los bits de diversidad trófica correspondientes a la caballa predada en condiciones naturales de la ingerida como cebo en el momento de la pesca, se realizó un estudio sobre este grupo en orden a relacionar la ingestión de caballa por unidad de biomasa de listado e inferir en la estimación de la tasa de mortalidad natural de la caballa debida a la predación efectuada por el listado.

El primer punto a tratar fue la obtención de las distribuciones de tallas sobre las que predaba el listado, durante su estancia en aguas canarias (*fig.4.10*); este aspecto fue considerado esencial para entender mejor el rango de predador oportunista del listado, al predar sobre todas las tallas asequibles en sus áreas de distribución y en consonancia con su distribución temporal. Esto fue lo que pudo observarse en la *fig.4.11*, donde se representaron las distribuciones de tallas correspondientes a la caballa encontrada en los estómagos con la observada según el muestreo efectuado por Castro (1991) y Lorenzo (1992) sobre una población de 5000 individuos. Se observaron escasas diferencias nada significativas desde el punto de vista estadístico, así como una

evolución temporal muy similar (fig.4.12) lo cual justificaba el carácter netamente oportunista de esta especie.

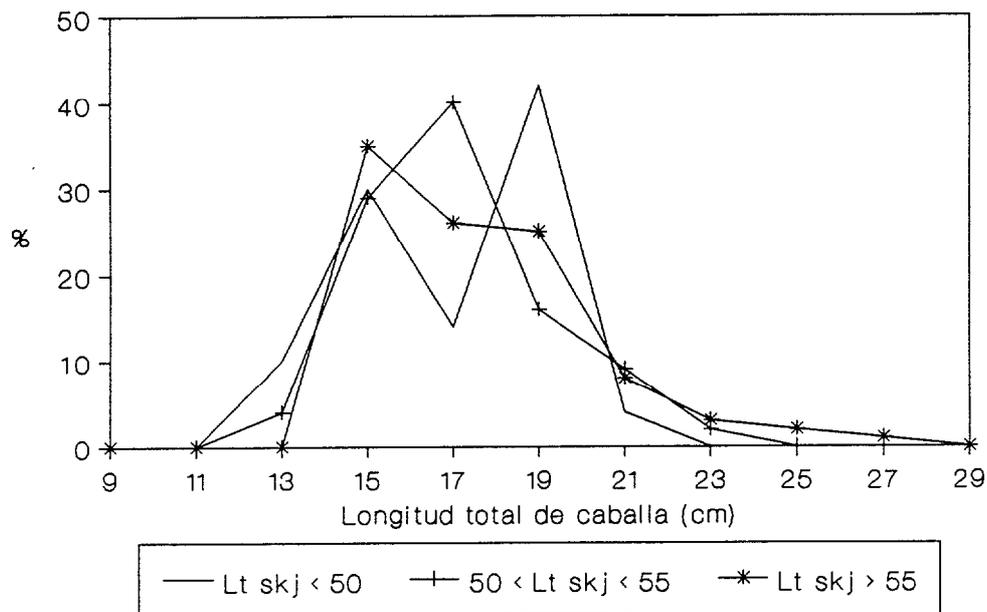


Fig. 4.10.- Distributions de talla de caballa predada por los tres grupos de talla de listado del area.

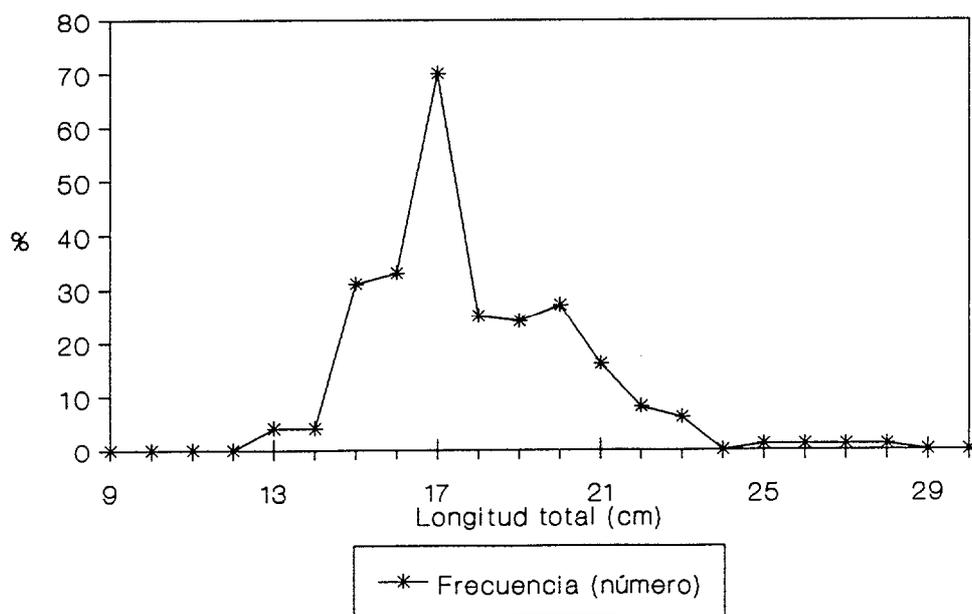


Fig.4.11.- Distribución de Longitudes totales de caballa en el área de Canarias (1988-91).

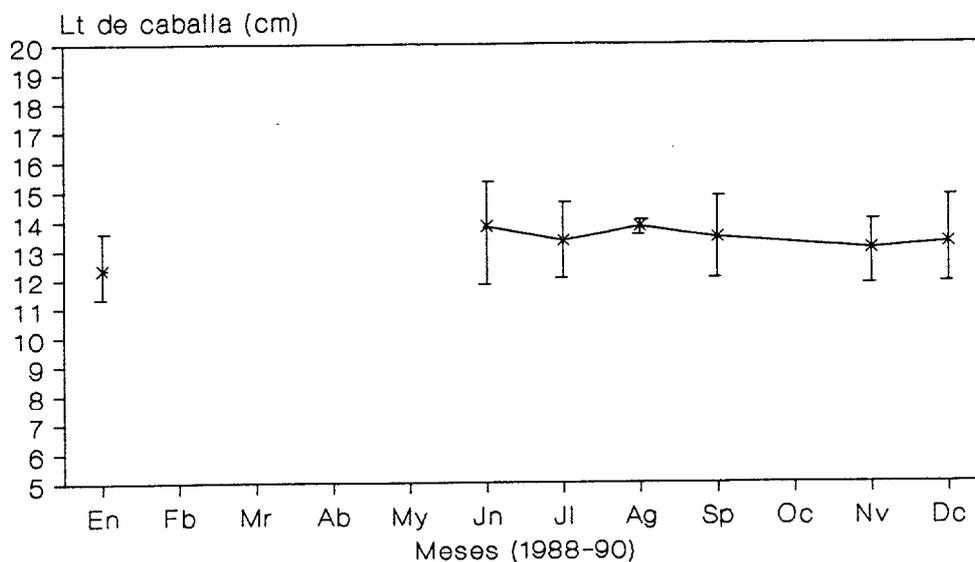


Fig.4.12.- Evolución mensual de la talla de caballa consumida por el listado en el área canaria (n=256).

No se observaron sin embargo, diferencias muy significativas entre la talla media de caballa sobre la que predaban los tres grupos de tallas considerados en esta área para el listado: menores de 50 cm, entre 50 y 55 cm y mayores de 55 cm; si bien la talla media de la caballa predada aumentaba con la de listado, las diferencias eran ínfimas, debido a la escasa variabilidad en talla que la presa presenta en la época de aparición del listado en el área. Ha de hacerse una salvedad: Los individuos longevos de caballa que en ocasiones son capturados en la plataforma con palangres, pero que su máximo de aparición en aguas costeras se verifica en época de freza (invierno), cuando la presencia de túnidos en el área es muy escasa, además de que su rango de tallas (> 30 cm), harían imposible la predación de una especie ligeramente mayor que ella en tamaño; el otro caso es la caballa en estadios larvarios y alevines, que presentan su máximo en invierno, cuando acaba la temporada de pesca de túnidos.

Además se consideraron las correlaciones de la biomasa de caballa capturada en condiciones naturales con el cebo, observándose que a pesar de que los valores eran realmente bajos, los mayores bits de biomasa y abundancia relativa correspondían a la caballa en contraste a los de boga o

guelde, observándose una correlación negativa entre la presencia de caballa y la de cebo. La explicación que se le dió fue que una alta tendencia al cebo, implicaba que el animal debería tener un bajo contenido en alimento natural, de ahí su apetencia por el cebo; y viceversa, la presencia de altos contenidos en caballa en condiciones naturales, implicaría una baja apetencia por el cebo. Esto es importante puesto que cuestiona la eficiencia del tipo de arte de pesca utilizado (cebo vivo). De hecho, existen ocasiones en que la abundancia de listado es realmente elevada pero la pesca es prácticamente nula puesto que el pescado no responde al cebo. En estas situaciones el listado se encuentra inapetente por una alimentación natural reciente.

En lo que se refería a los requerimientos fisiológicos en biomasa, y teniendo en cuenta de capítulos anteriores que los índices de condición (IC), oscilaban muy poco, con lo cual el alimento disponible en esta área se podía considerar como óptimo, se efectuó un cálculo del porcentaje en biomasa requerida por el listado para mantener este aparente nivel óptimo de alimentación manifiesto en las distribuciones de IC. Existían antecedentes como el de Olson & Boggs (1986), de un nivel de transferencia en biomasa del 5.26 % desde los eslabones tróficos inferiores hacia el rabil (especie afín al listado en cuanto a etología trófica). Este nivel fue promediado de tres valores obtenidos a partir de los requerimientos de Cesio, bioenergética, y contenidos estomacales. En lo que se refiere a este trabajo y considerando que la alimentación se hace única y exclusivamente a partir de la caballa, la transferencia en biomasa fue del 4.93 % en peso del predador en el momento del muestreo, con lo cual cabría esperar que fuera superior si se considerara el alimento ingerido el resto del día si no hubieran sido capturados. Si consideramos los escasos, pero presentes niveles de Cefalópodos decápodos, Clupeidos y algunos registros de *Macroramphosus scolopax*, podemos decir que las cifras a las que se llega son del mismo orden de magnitud. Si extrapolamos al recurso caballa, tendremos que de las 38 000 toneladas disponibles anualmente en el área de Canarias (Pastor & Delgado de Molina, 1985), una cierta fracción va a ser ingerida por el listado. El porcentaje oscila debido a la variabilidad espacio-temporal que este túnido presenta, debido esencialmente a las condiciones medioambientales que año tras año, generan diferentes situaciones a las que el listado responde de distinta forma. La transferencia en biomasa utilizada como cebo (boga, guelde y caballa) y

referida al peso del predador, fue de un 0.38 % para la boga, 0.107 para el gualde, y un 2.54 % para la caballa, esto es un 3.03 % en total (fig.4.13).

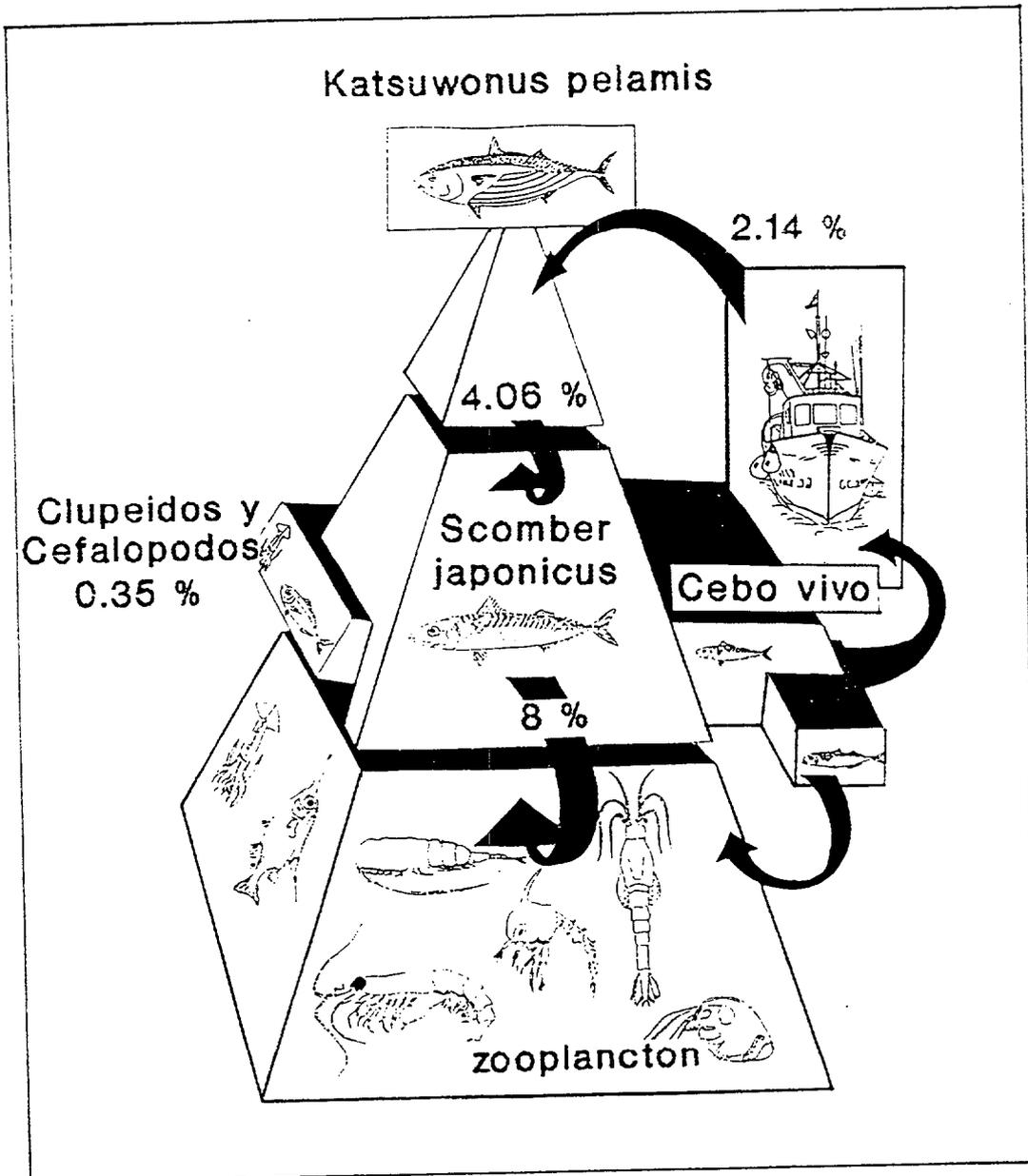


Fig.4.13.- Cadena trófica a nivel sub-mesoescalar. Transferencias en biomasa expresadas en % de P. total del predador.

Además de la transferencia trófica debida a la caballa y al cebo, existían además otro tipo de presas que en biomasa (transferencia en % del peso del predador), suponían sólo un 0.35 % lo cual dice mucho sobre el aspecto monoespecífico de la predación de listado sobre caballa.

5.- RECURSO PESQUERO

5.1.- ESTRATEGIA PESQUERA EN EL ATLANTICO ESTE. ESCALA SINOPTICA.

El listado es una especie que se captura con artes de superficie en todo el Atlántico suponiendo para 1990 una captura global de 136 000 toneladas de las que 116 000 corresponden al Atlántico Este y el resto, 20 000, al Oeste (*fig. 5.0*). Actualmente, el "Comité Permanente de Investigaciones y Estadísticas" (SCRS) de la ICCAT asume la existencia de dos stocks o unidades de gestión independientes en ambos lados del Atlántico. De hecho, las intensas campañas de marcado desarrolladas principalmente en la década de los 80, no han demostrado aún la existencia de algún tipo de migración transoceánica para esta especie al contrario que para otras especies de Túnidos tropicales como el patudo y el rabil.

Esta pesquería tradicionalmente era efectuada por un tipo de flota muy artesanal que actuaba al cebo vivo en los Archipiélagos de la Macaronesia y Golfo de Guinea, así como en la costa angoleña. Sin embargo, el desarrollo de las artes de cerco recibió tal impulso en la segunda mitad del presente siglo, que en 1968 ya superaba los rendimientos obtenidos por la pesquería de cebo. Los nuevos diseños de buques y artes así como el desarrollo tecnológico de sistemas de ecolocación y localización de cardúmenes fue tal, que actualmente los rendimientos del arte de Cerco superan en casi el doble a los efectuados por la flota de cebo. Esta última, se ha mantenido prácticamente al mismo nivel desde sus inicios, con un tipo de unidades y actividades que han cambiado muy poco a lo largo del tiempo. Los rendimientos de la flota de cebo vivo, son debidos principalmente a la flota Ghanéana que abarca más del 60 % de la captura global anual, aunque existen actividades de flota francesa y sobre todo de flota portuguesa y española que centra sus esfuerzos en el área de la Macaronesia (Cabo Verde, Canarias Madeira y Azores) y que pueden ser consideradas como importantes (*figuras 5.0, 5.1, 5.2 y 5.3*).

Con respecto a 1990, las capturas correspondientes a este año son las terceras en importancia de la historia de la pesquería con 116 000 toneladas frente a las 117 000 de 1988 y las 120 000 de 1982. Esto se debe al aumento de esfuerzo de cerqueros españoles que en años anteriores centraban tenían su actividad en el Océano Indico Oriental y que regresan a los caladeros del

Atlántico Este. De hecho las capturas por arte de la pesquería al cebo vivo se mantiene en los mismos niveles que en años anteriores mientras que la de cerco presenta un descenso a lo largo de los años 1982-1989, con una ligera tendencia al alza en el último año.

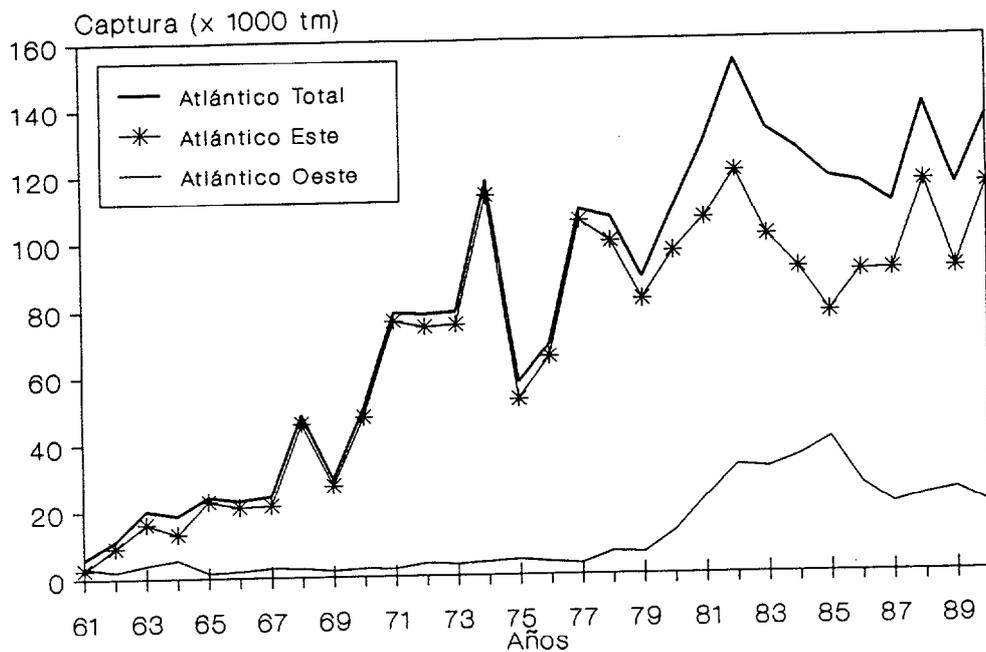


Fig.5.0.- Evolución de la captura global de listado para el periodo 1961-1990 en el Océano Atlántico.

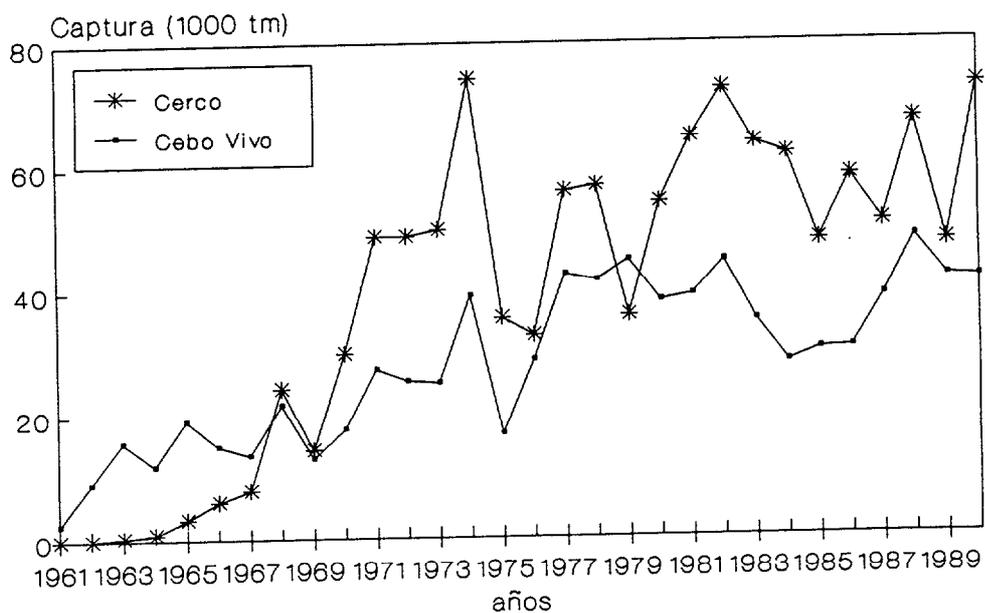


Fig.5.1.- Capturas de cerco y cebo vivo en el Atlántico Este durante el periodo 1961-1990.

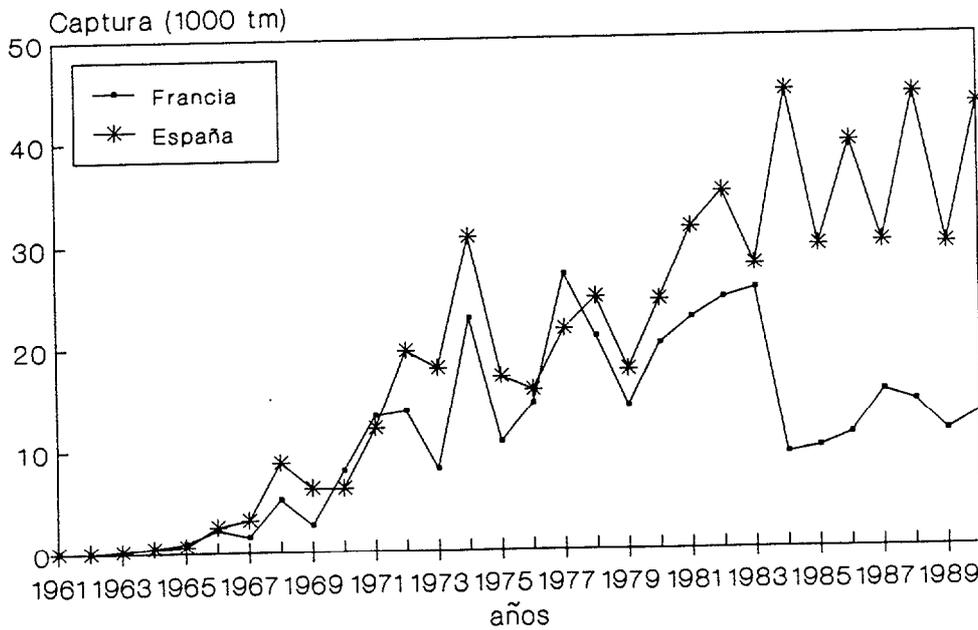


Fig.5.2.- Capturas de cerco de las flotas española y francesa que operan en el Atlántico Este (1961-90).

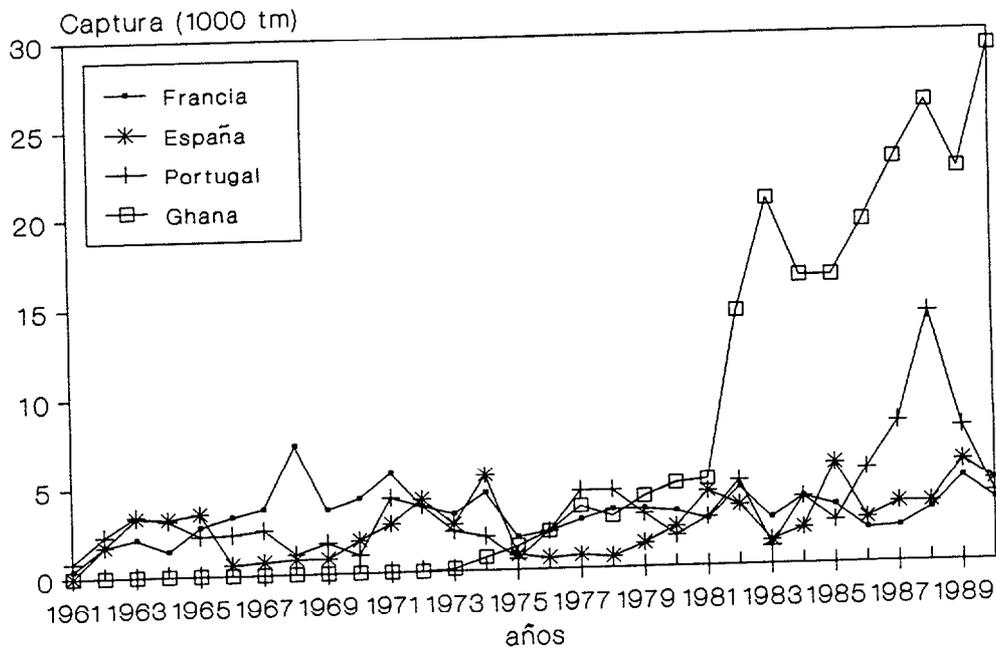


Fig.5.3.- Capturas de cebo vivo para las flotas española, francesa, portuguesa y ghaneana para el periodo 1961-90.

En lo que se refiere al esfuerzo pesquero y debido a la dificultad de obtener una medida fiable que normalice las distintas modalidades de pesca (cebo vivo y cerco), en las organizaciones internacionales como la ICCAT

(Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico) se ha optado por la capacidad de transporte como medida estándar válida para ambos tipos de actividades (cebo vivo y cerco). Este estimador de esfuerzo presenta problemas puesto que no da una medida fiable del aumento de "esfuerzo efectivo" efectuado por la utilización de sistemas de localización tales como el radar de aves, pero es la única medida de esfuerzo que se puede utilizar a gran escala. Ver *fig.5.4*.

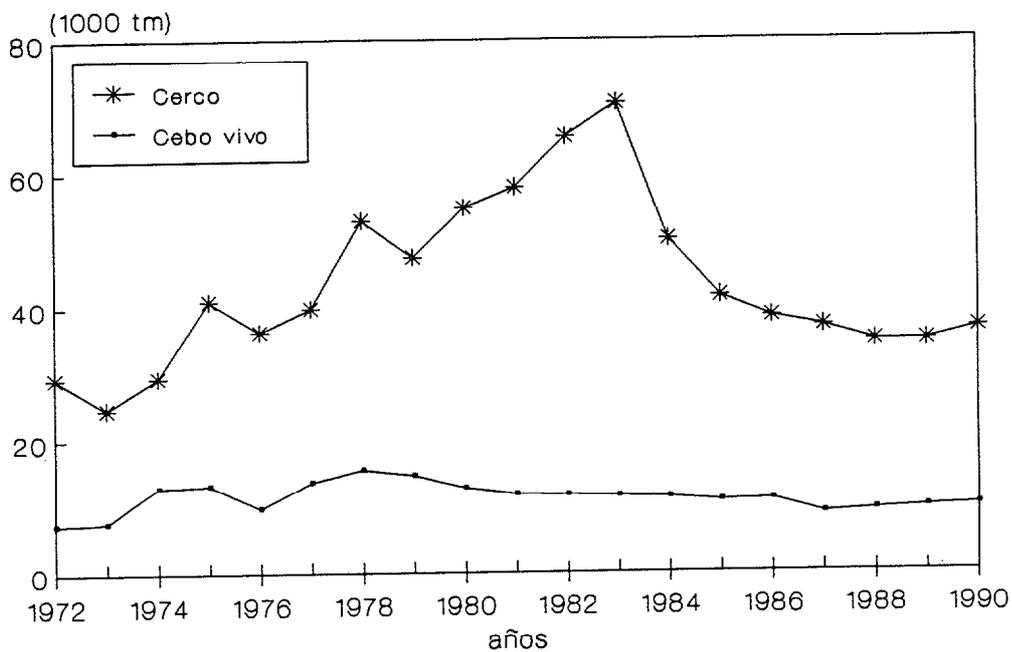


Fig.5.4.- Evolución de la capacidad de transporte para la flota de cerco y cebo vivo del Atlántico Este.

La máxima capacidad de transporte se alcanza en 1983 (81 000 toneladas), disminuyendo paulatinamente hasta 1988 (43 800 toneladas) debido al traslado de parte de la flota cerquera francesa y española hacia el Indico Oriental. A partir de 1988 se observa un ligero incremento hasta llegar a los niveles de 1990 en torno a 46 500 toneladas. Este aumento se debe al regreso paulatino de algunas unidades desde este océano como se ha discutido en párrafos anteriores.

Al representar conjuntamente los valores de captura frente a esfuerzo para ambos tipos de flota (*fig.5.5*), se pueden deducir los distintos niveles de rendimiento para ambas artes. La flota de cebo vivo, con un nivel de esfuerzo menor en capacidad de transporte, posee un rendimiento de captura también

menor que para el caso de la flota de cerco, esto es, un mayor esfuerzo genera un mayor rendimiento, con lo cual cabría esperar que este stock se encuentre en régimen óptimo de explotación aparente, sin resentimientos a los aumentos desmedidos de los niveles de esfuerzo mantenidos durante esta década.

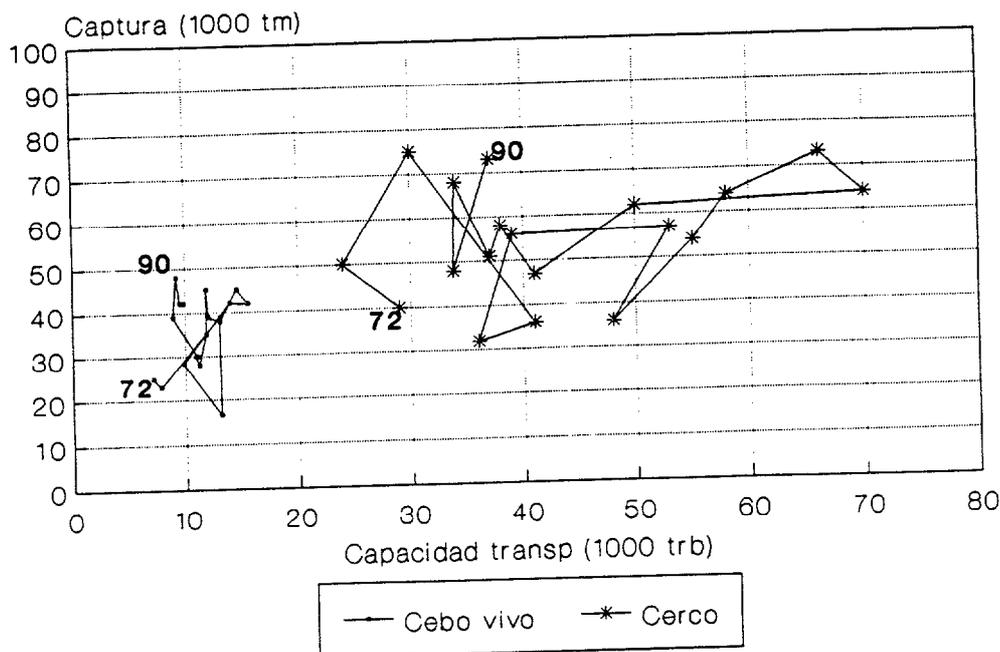


Fig.5.5.- Evolución de las tendencias de captura / capacidad de transporte para las flotas de cerco y cebo vivo 1972-90.

En el caso particular de este trabajo y en referencia al stock del Atlántico Este, la última evaluación detallada de biomasa y régimen de explotación al que estabasometido, fue realizada en 1984 por el Grupo de Trabajo de Túnidos Tropicales de la ICCAT en el seno del "Programa Año Internacional del Listado" (ICCAT, 1986). Los resultados de esta evaluación mostraban una situación de subexplotación del stock. Si se tiene en cuenta que esta se realizó cuando esta pesquería estaba sometida a los mayores niveles de esfuerzo pesquero (1983), es de esperar que con la reducción progresiva de la capacidad de transporte, el régimen de subexplotación será más asumible en el estado actual en el que la pesquería sufre un 43 % menos de capacidad de transporte que en 1983. Sin embargo, esta reducción de esfuerzo no ha ido acompañada de una reducción lineal de "esfuerzo efectivo". La utilización de nuevos sistemas como los radares de aves o sistemas de ecolocación como la sonda y el sonar de barrido lateral implican un aumento del esfuerzo efectivo que es muy difícil de evaluar. A esto hay que añadir los DAF (Dispositivos de Agregación Flotantes), acrónimo castellano de FAD ("Floating Aggregation

Devices"), asociados a los cuales se ha obtenido el 60 % de la captura de atún tropical (listado, patudo y rabil) durante este año.

Asimismo, se ha observado que la captura de túnidos efectuada con artes de cerco en ninguna manera atenta a las poblaciones de cetáceos (interacción arte-túnidos-cetáceos odontocetos) como en el caso del Pacífico donde se ha evaluado que el 60 % de la pesquería de cerco esta asociada a grupos mixtos de delfines y túnidos. En el caso atlántico, el SCRS de ICCAT ha estado trabajando de forma intensiva en las últimas sesiones celebradas en Madrid (1989, 90 y 91) observándose que solo un porcentaje muy pequeño de la captura global esta asociada a la presencia de cetáceos.

5.2.- ESTRATEGIA PESQUERA ATUNERA EN EL ARCHIPIELAGO CANARIO. ANALISIS MESOESCALAR.

5.2.1.- Introducción.

Las actividades de pesca atunera en general y de listado en particular en el Archipiélago Canario datan de hace siglos, pero no fue hasta la segunda mitad del presente cuando comenzó a desarrollarse de forma industrial. Sin embargo, este tipo de pesquería se podría clasificar como puramente artesanal, puesto que si bien la infraestructura y el volumen de capturas han aumentado, la actividad "per se" en lo que a tecnología pesquera se refiere no ha cambiado sustancialmente. El desarrollo más importante se dió en el comienzo del último cuarto de este siglo, pasándose desde 303 barcos en 1974 a 482 en 1987. Este aumento en el número de unidades no ha ido acompañado de un aumento lineal de esfuerzo medido como capacidad de transporte. Durante el mismo periodo, la capacidad de transporte se ha duplicado desde 3745 a 6351 TRB, lo que determina un incremento del poder de pesca debido a que a un aumento de un 27 % en el número de unidades operantes le ha correspondido un aumento del 90 % en el TRB (menos unidades con mayor capacidad de transporte).

5.2.2.- Resultados y discusión.

Una vez introducido el panorama pesquero canario a grandes rasgos, se hacía necesario el procesamiento y discusión de la información obtenida según la metodología descrita en capítulos precedentes.

5.2.2.1.- Pesquería.

Las zonas de actividad de la flota artesanal canaria está ceñida a dos tipos de áreas. La primera, las aguas costeras del Archipiélago (13-19 W, 27-30 N) siendo los núcleos más importantes de actividad los ceñidos a las plataformas insulares dispuestas al suroeste de cada isla (*fig 5.6*). Se observa que existe una variación de las localizaciones de esfuerzo así como de los rendimientos desde las islas más occidentales hacia las orientales, siendo la CPUE (excepto en el mes de agosto) muy similar. Esta deriva mesoescalar zonal mensual de rendimientos desde el Oeste (Palma, Hierro) hacia Gran Canaria y posteriormente hacia el Este (Lanzarote), merecerá atención aparte en el *capítulo 6* debido a que esta asociada a las variaciones mesoescalares zonales mensuales de las condiciones oceanográficas características de esta área (calentamiento progresivo oeste-este).

En ocasiones y si las condiciones meteorológicas y oceanográficas lo permiten, pueden hacer incursiones hacia otras zonas de alta productividad pesquera como "el banquete" situado al oeste de Fuerteventura.

El segundo tipo de flota, de mayores dimensiones, y poder de pesca (> 50 TRB) puede aventurarse hacia aguas mucho más al sur siendo la ventana operativa mucho más amplia que en el caso anterior (15-30 N, 13-19 W) (*fig. 5.7*). Existen cuatro núcleos de actividad centrados en Senegal en el 15 N, Cabo Blanco en el 20 N (que en rendimientos y actividad es el más productivo), la costa sahariana en el 25 N que presenta altos rendimientos en agosto y septiembre, y las aguas más orientales del Archipiélago cercano a la plataforma africana (este de Lanzarote).

5.- RECURSO PESQUERO

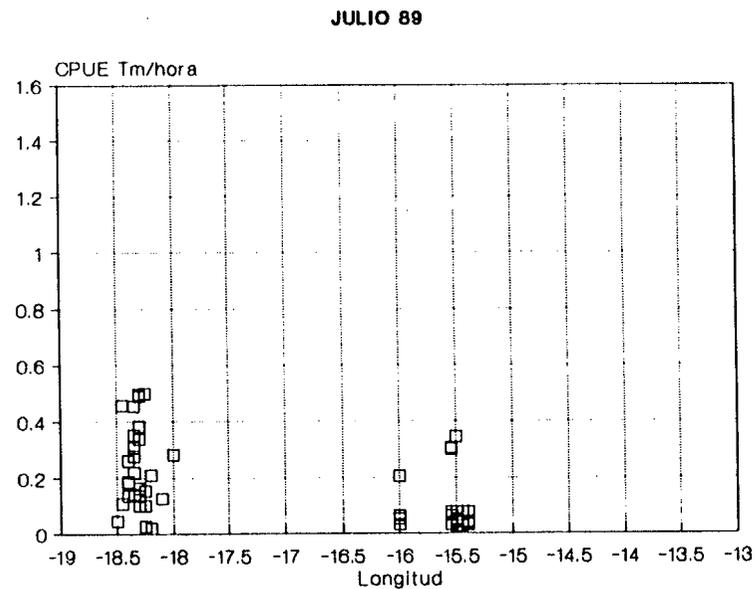
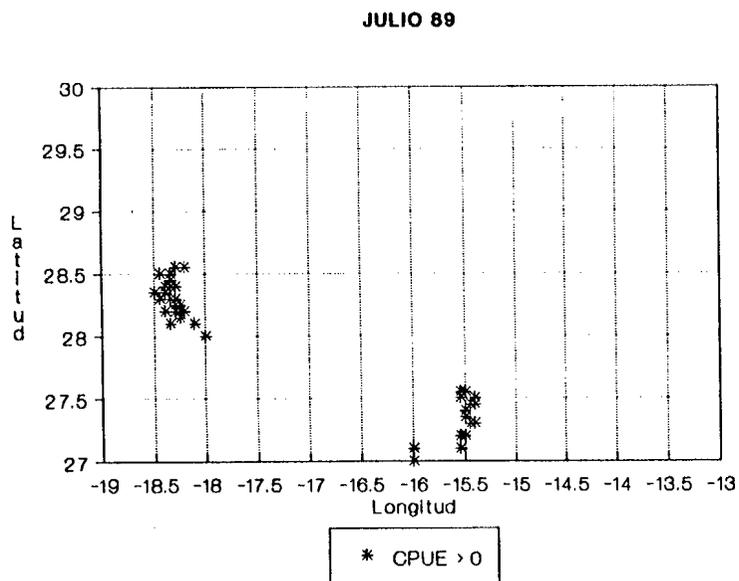
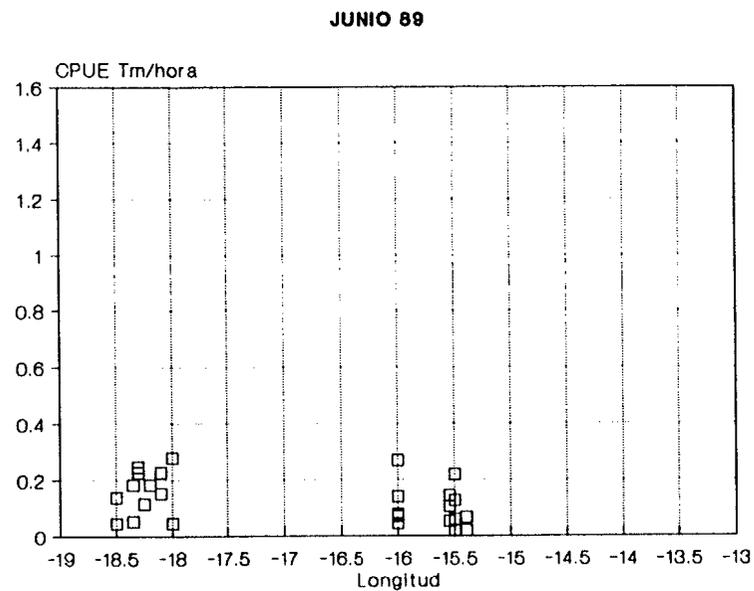
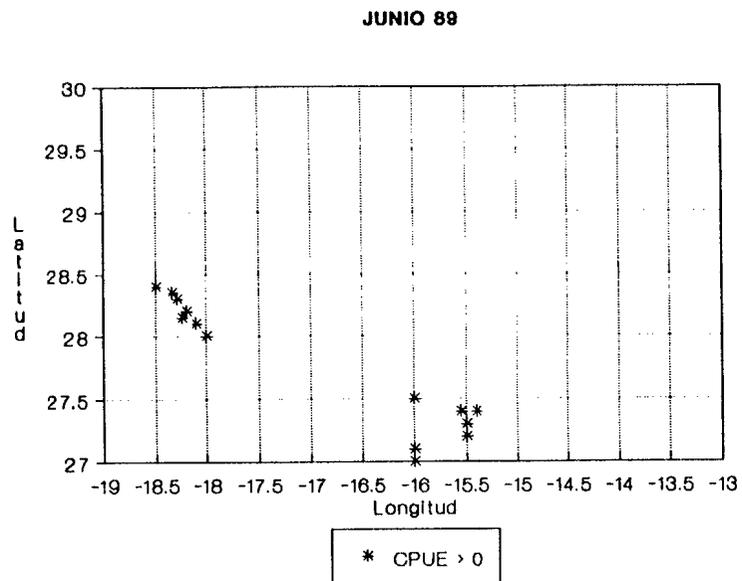
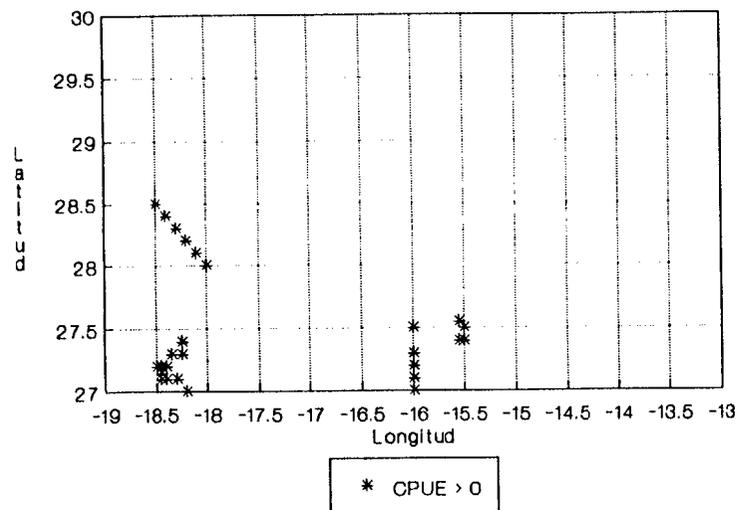
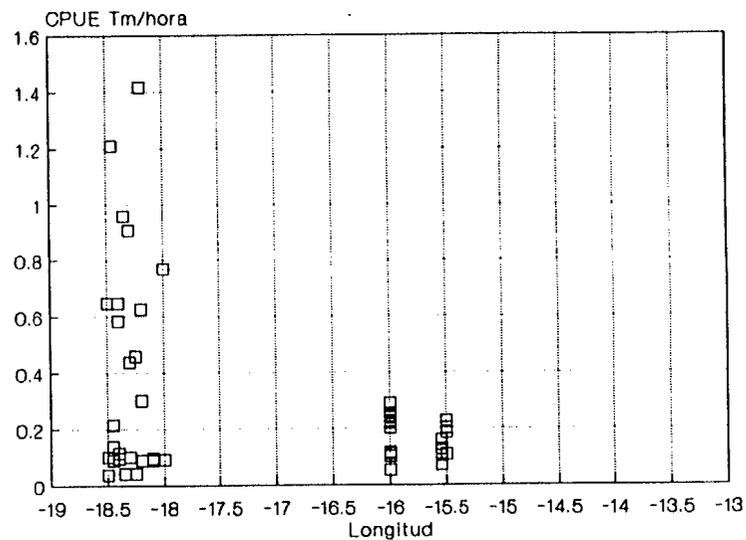


Fig.5.6.- Evolución mensual de los números de captura y de CPUE para la flota pesquera.

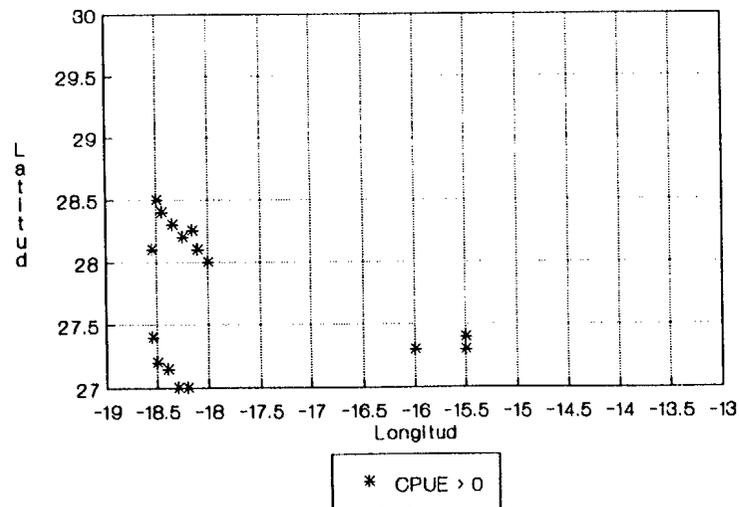
AGOSTO 89



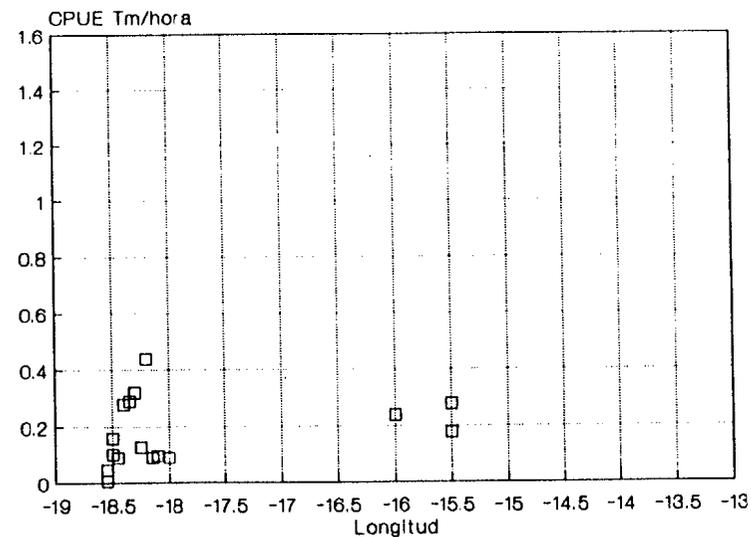
AGOSTO 89



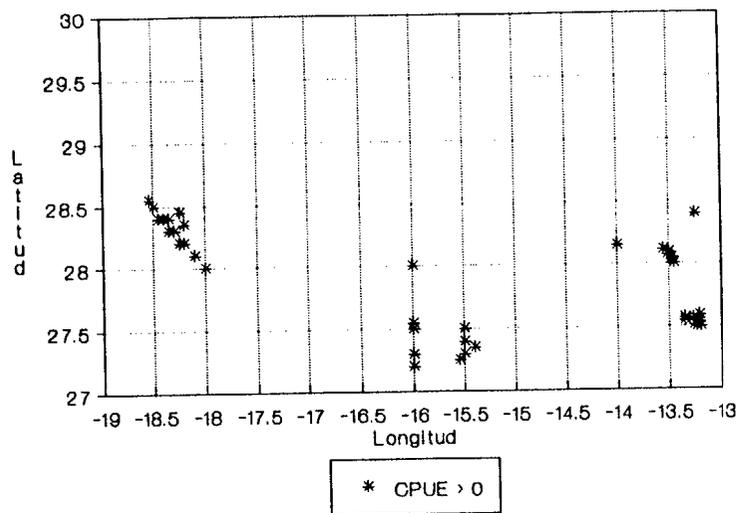
SEPTIEMBRE 89



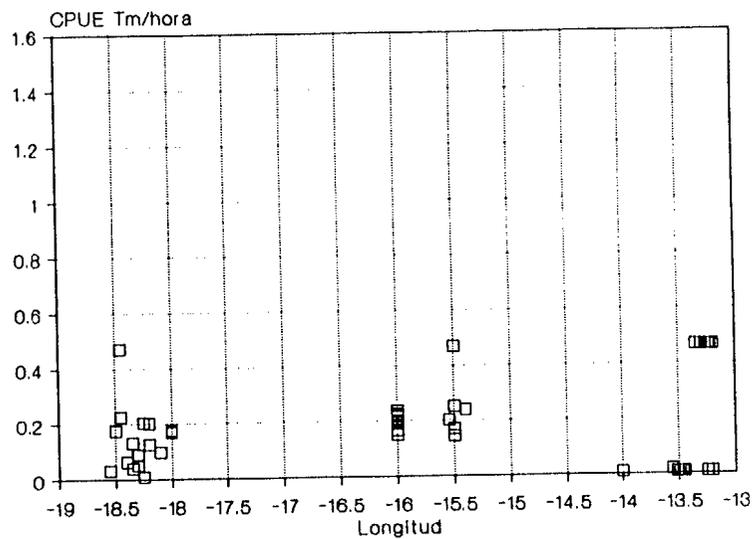
SEPTIEMBRE 89



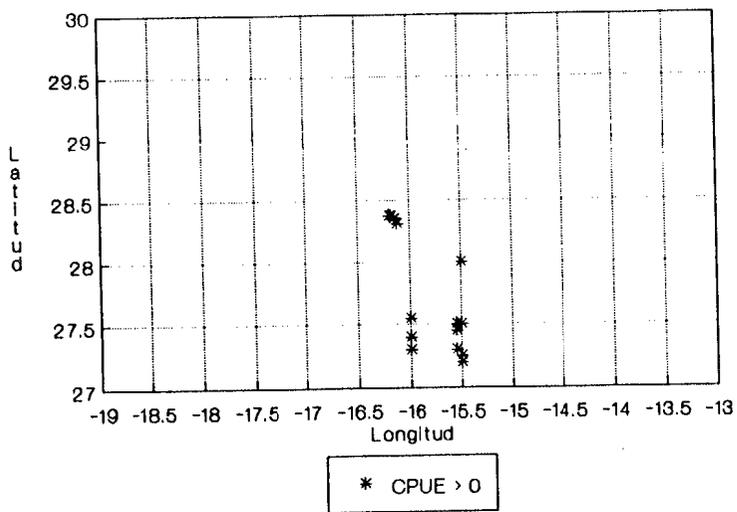
OCTUBRE 89



OCTUBRE 89



NOVIEMBRE 89



NOVIEMBRE 89

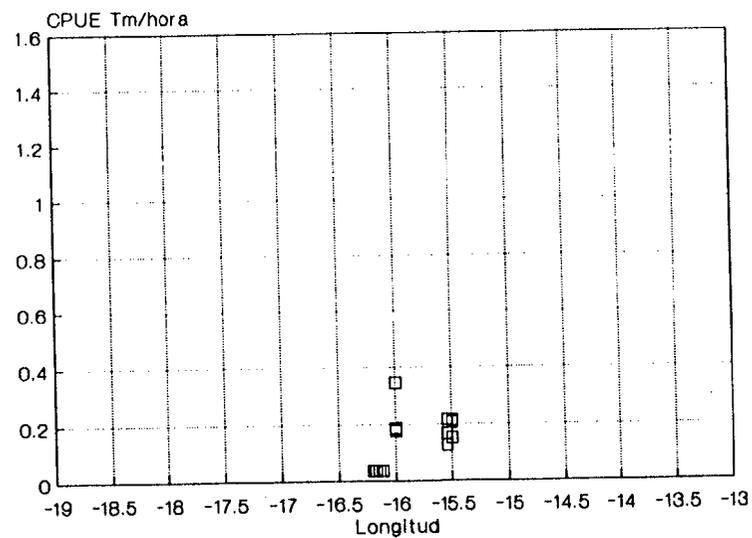


Fig.5.6.- (Continuacion)

5.- RECURSO PESQUERO

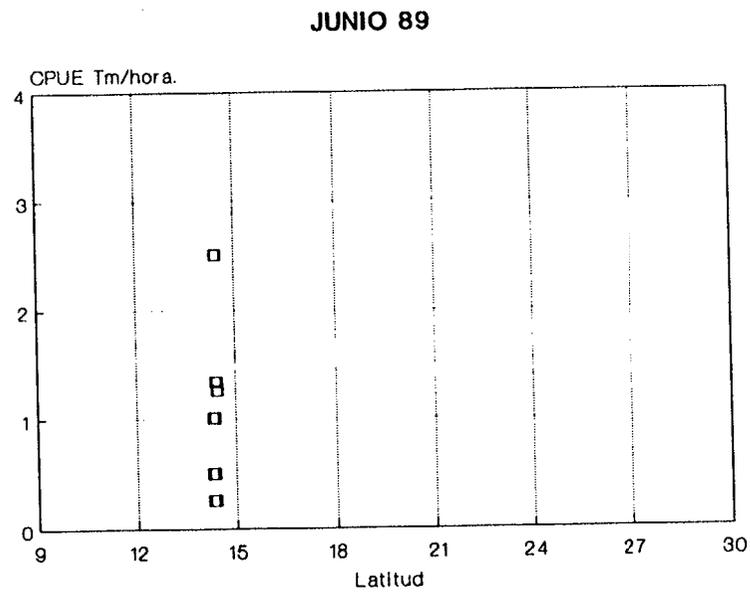
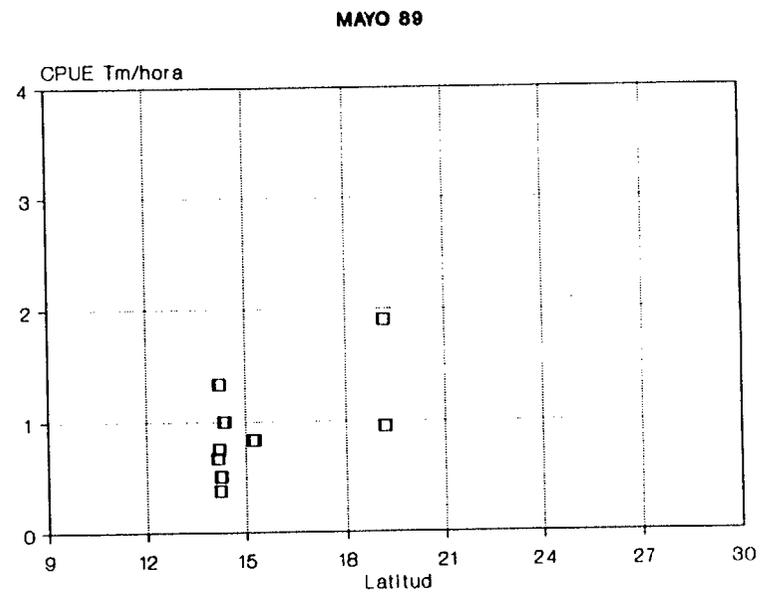
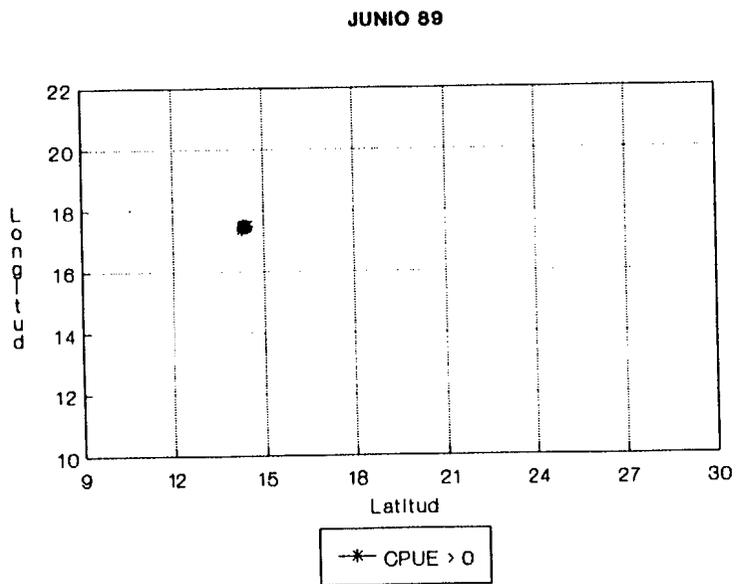
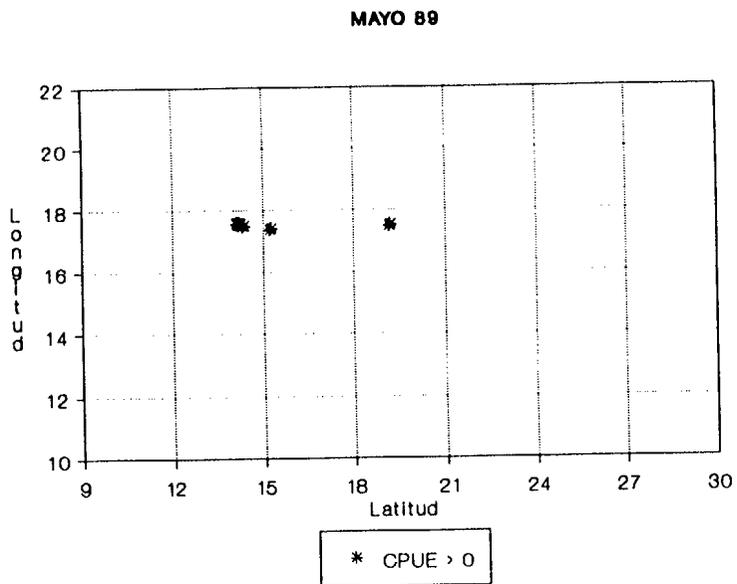


Fig.5.7.- Evolución mensual de los núcleos de captura y de CPUE para la flota activa canaria a nivel sinóptico (1989).

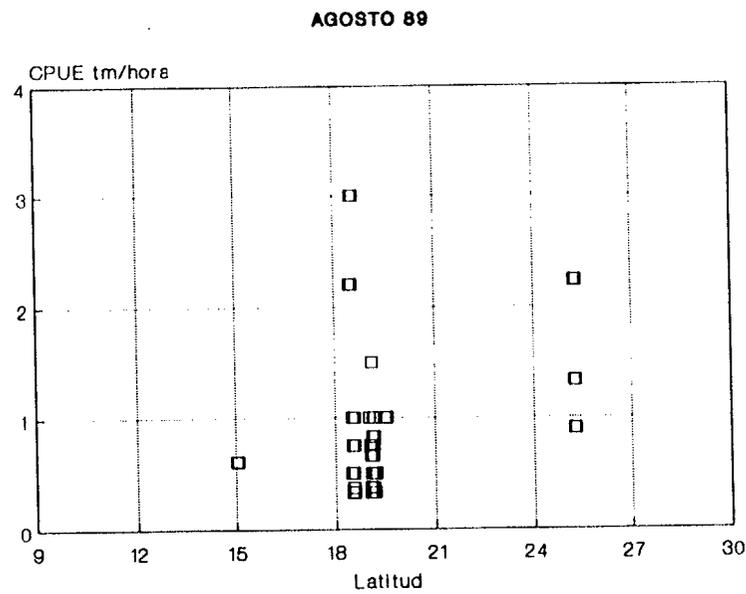
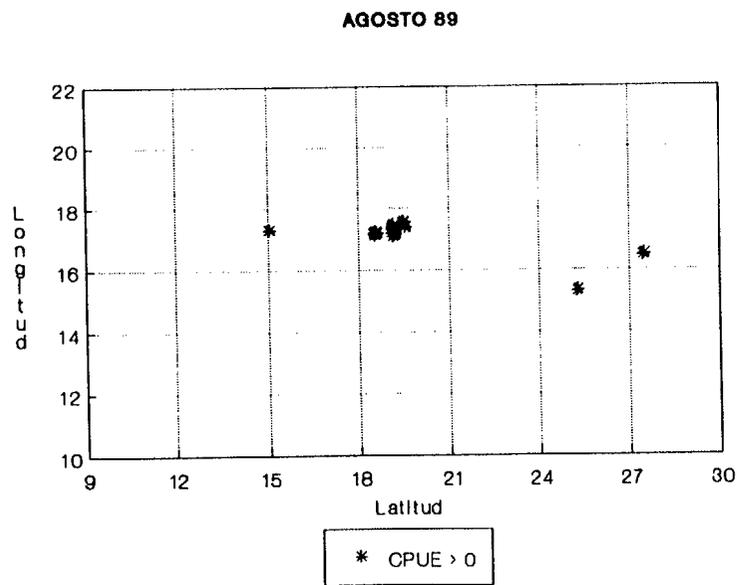
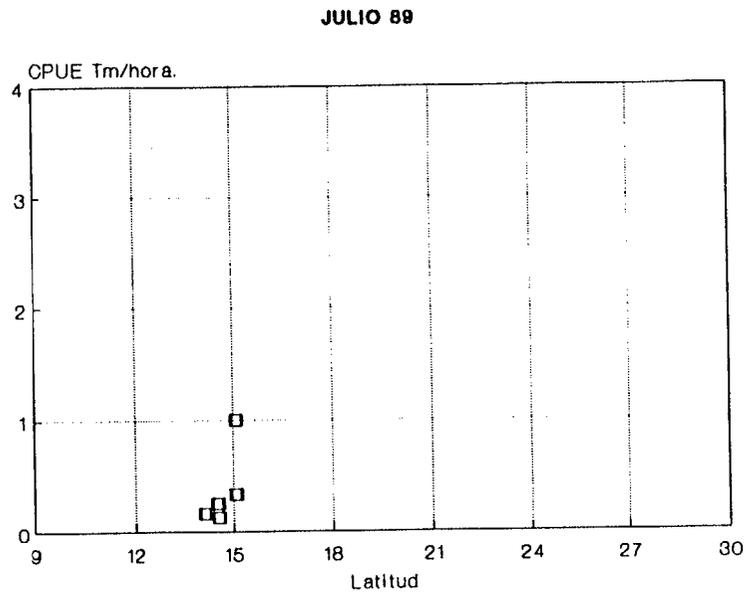
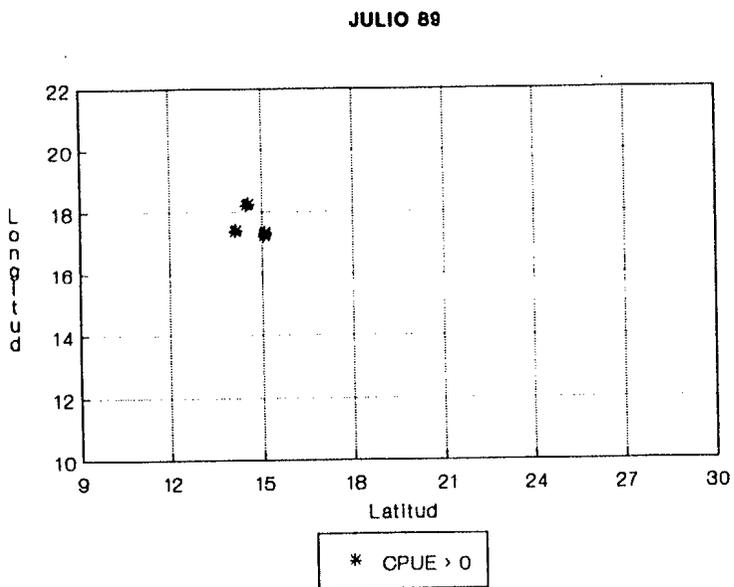
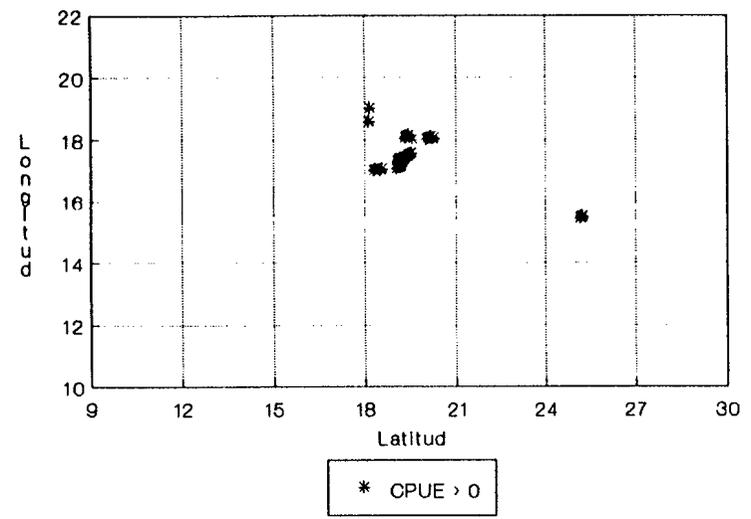
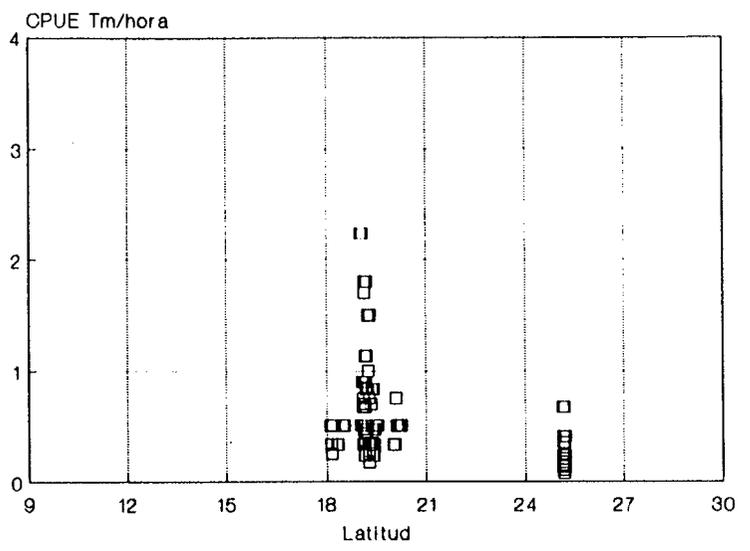


Fig.5.7.- (Continuación)

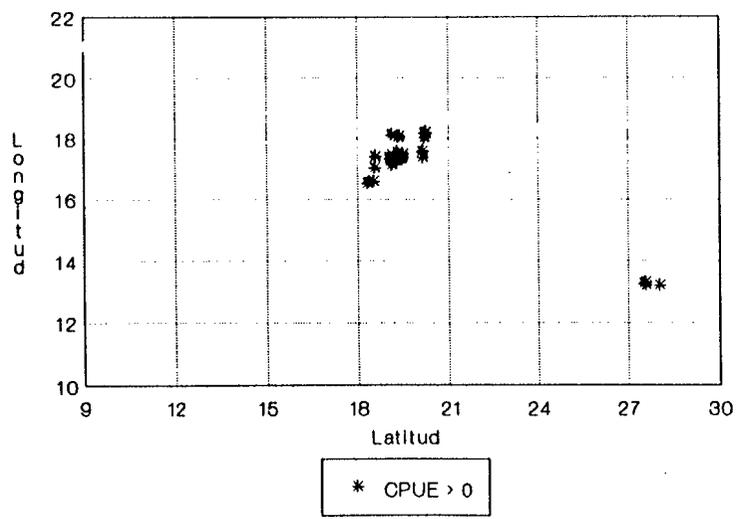
SEPTIEMBRE 89



SEPTIEMBRE 89



OCTUBRE 1989



OCTUBRE 1989

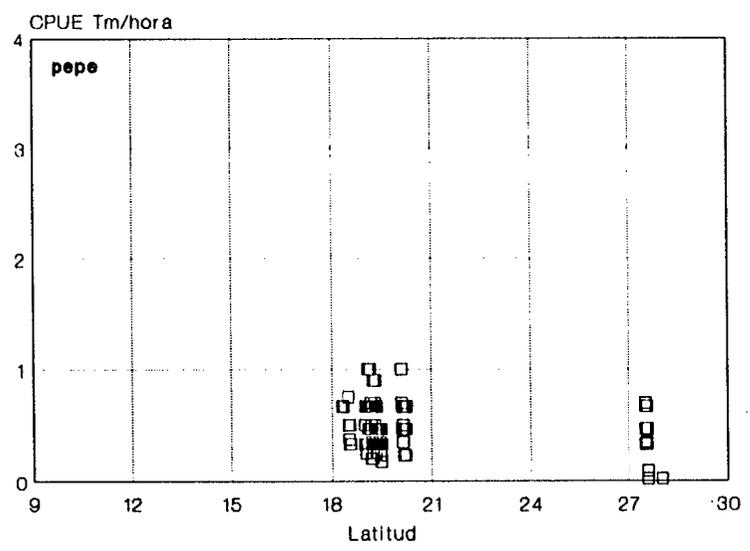


Fig.5.7.- (Continuación)

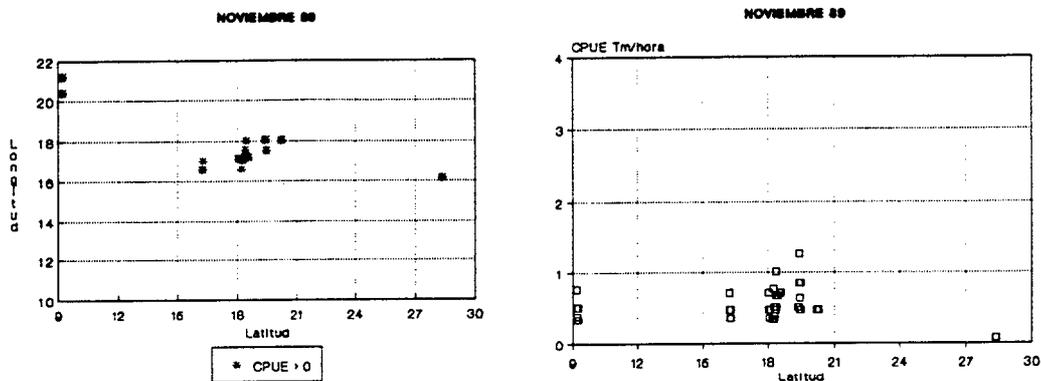


Fig.5.7.- (Continuación)

5.2.2.2.- Artes de pesca.

La pesquería se efectúa al "cebo vivo" (caña, sedal y anzuelo), o a liña (sedal y anzuelo) para túnidos de profundidad. El cebo que se utiliza es de dimensiones entre 6 y 15 cm dependiendo de la especie a pescar. Se suele utilizar caballa (*Scomber japonicus*), guelde blanco (*Atherina presbyter*), boga (*Boops boops*), sardina (*Sardinella aurita*) y trompetero (*Macroramphosus scolopax*). Este cebo se captura en horas de madrugada con un arte de cerco de reducidas dimensiones (traña), o con una "guelder" o "pandorga". Una vez capturado se mantiene en unos depósitos de cebo de varios metros cúbicos dispuestos a popa donde el agua circula permanentemente. Ya en los caladeros, los pescadores se dedican a cebar al atún, regando la superficie con un sistema de aspersión dispuesto a lo largo de la borda operativa. Este sistema de aspersión y cebado tiene un cuádruple efecto:

- Primero, impedir que el túnido vea el barco.

- Segundo, simular la perturbación generada por un cardumen de atunes alimentándose, actuando como un factor de atracción y concentración en torno al barco.

- Tercero, "disparar" la voracidad y el frenesí por el alimento de estas especies, utilizando cebo en un rango de tallas hacia el que el túnido siente una gran afinidad.

- Cuarto, evitar que el pez vea el anzuelo.

En resumen, se genera un "círculo sinaposemático positivo" (Partridge, 1982), que afecta a los sistemas nerviosos central y periférico del túnido. Esto trae como consecuencia la generación artificial de un "escenario" que de alguna manera aumenta la tasa de competencia interespecífica entre el predador (el hombre) y la presa (el túnido), que culmina en un comportamiento del pez entre instintivo y selectivo que irremisiblemente le llevará a su perdición.

5.2.2.3.- Capturas.

En lo que se refiere a las capturas efectuadas en este lapso de tiempo y en el Archipiélago, es evidente un descenso prolongado de la captura de especies templadas (atún rojo, *Thunnus thynnus* y atún blanco, *Thunnus alalunga*) hasta los niveles más bajos de la historia de la pesquería. Asimismo, y en la década de los 80, se observa un desarrollo de la pesquería de rabil *Thunnus albacares*, y listado *Katsuwonus pelamis*, así como una mantenimiento sin tendencia aparente de la pesquería de patudo *Thunnus obesus* (figuras 5.8 y 5.9).

Este aumento de las capturas de atún tropical en detrimento de las especies de aguas templadas también ha sido observado en los archipiélagos más septentrionales de la Macaronesia (Madeira y Azores), durante la última parte de la última década. Hay argumentos muy factibles discutidos en el "Subcomité de Medio Ambiente" de la ICCAT, que sugieren la posibilidad de que el aumento progresivo de la temperatura de la zona ecuatorial debido al calentamiento climático, genere anomalías en la traslación isotérmica hacia el norte en primavera debido al desplazamiento de la Zona Intertropical de

Convergencia (ZITC). Estas anomalías son mucho más manifiestas en las zonas marginales (Madeira y Azores), determinando este aumento de Túnidos tropicales hacia el norte en detrimento de las especies templadas.

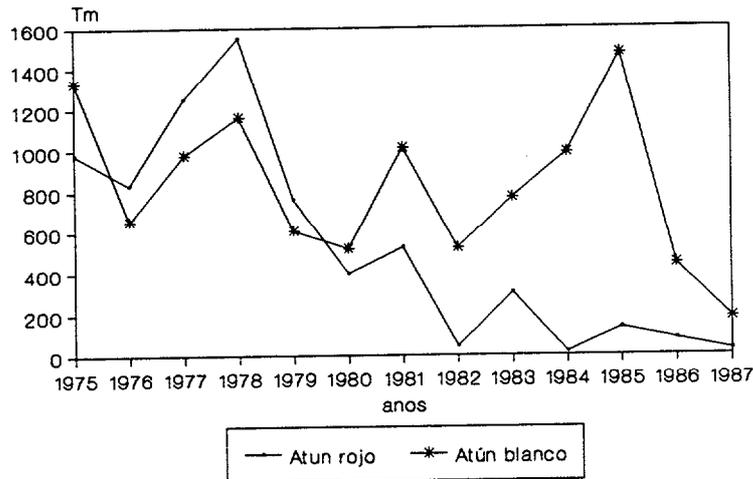


Fig 5.8.- Evolución de capturas de la flota canaria de especies templadas (atun y albacora) en el periodo 1975-87.

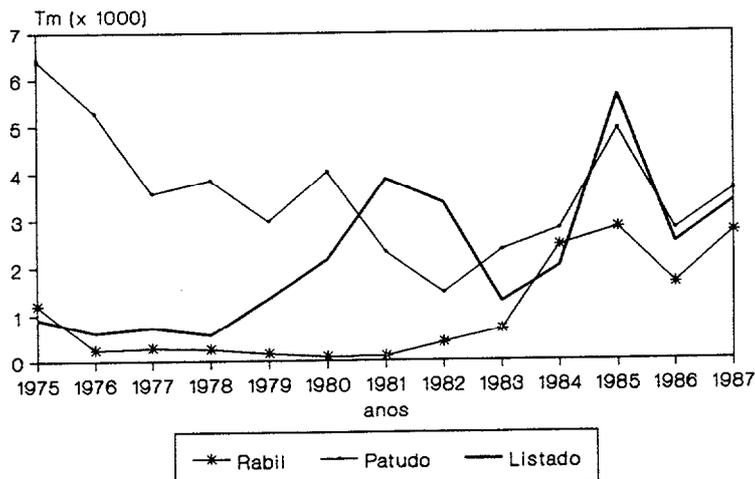


Fig 5.9.- Evolución de capturas de la flota canaria de especies tropicales (rabil, patudo y listado) (1975-87).

5.2.2.4.- Esfuerzo.

En el caso de la flota canaria, se distinguirá entre la "flota pasiva" (< 50 trb) y la "flota activa" (> 50 trb), de carácter más industrial con "mareas" o salidas que duran ocho días y que centran sus actividades entre los paralelos 15-30 N y 13-19 W. Suelen congelar o mantener en frío hasta su llegada a Puerto.

En lo que respecta a la flota pasiva, del total de barcos que operan en el Archipiélago (482 en 1987), un 93.4 % presentan un tonelaje menor de 50 trb. Operan "al fresco", esto es, salidas entre 7 y 14 horas correspondientes a una jornada diaria. El producto de la pesca es vendido directamente en Puerto, o estibado para su posterior venta en las cámaras de congelación o en "planchas" donde se mantiene frío o congelado dependiendo de la estrategia del mercado y de la disponibilidad de infraestructura de la Cofradía correspondiente.

5.2.2.5.- Estrategia pesquera local.

Se han descrito las estrategias pesqueras a escala sinóptica en el Atlántico oriental y a mesoescala en el Archipiélago canario consideradas en su globalidad (flotas activa y pasiva conjuntamente). Sin embargo, se hacia necesario ahondar aún más en las actividades realizadas por la Flota atunera canaria tanto activa como pasiva, puesto que las estrategias de pesca en áreas, estaciones y rendimientos eran bien distintas. Para ello se seleccionaron como se describió en la metodología los registros correspondientes a las distintas cofradías de las Islas, así como los pertenecientes a la "Asociación Provincial de Armadores de Buques atuneros" con sede en Tenerife y que operaron en 1989 entre el 15-30 N y el 13-19 W (flota activa) y los correspondientes a las Cofradías de La Palma, Hierro y Gran Canaria como típicamente representativos de la flota atunera artesanal pasiva.

La temporada de pesca comienza en Primavera, localizándose los mayores rendimientos entre el 10 y el 20 en latitud N (Costa de Senegal y Cabo Blanco). En verano, el máximo latitudinal de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se da entre el 25 y 30 N (Canarias), aunque existen rendimientos

elevados en el 20 (Cabo Blanco). En otoño, la distribución CPUE es bimodal, con dos máximos entre el 20-25 (Costa Sahariana) y entre el 5-10 N (*fig. 5.10*).

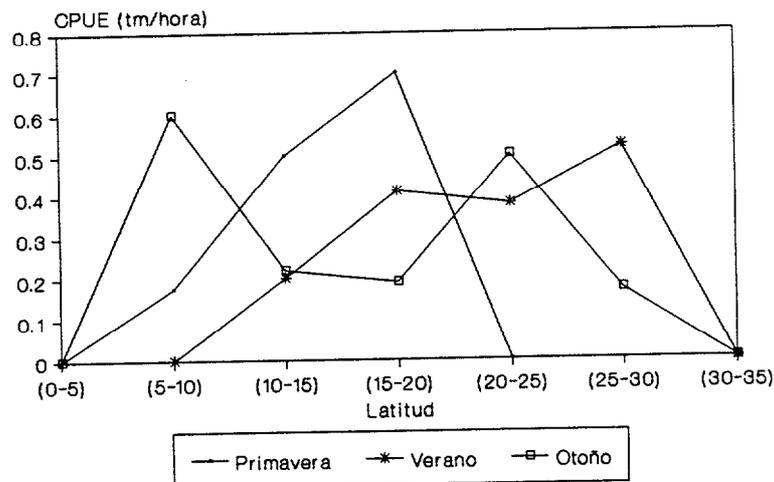


Fig 5.10.- Comparación de la CPUE por latitud y estación anual para la flota canaria.

Si se considera la ruta migratoria del listado expuesta en capítulos anteriores, se observará que de alguna manera, los rendimientos de pesca son acordes con los movimientos estacionales sinópticos de esta especie hacia el norte en primavera y hacia el sur a finales de otoño. Es este movimiento masivo el que explica la traslación espacio-temporal de los mayores registros de pesca en el mismo sentido.

Sin embargo, los rendimientos CPUE son bien diferentes para ambos tipos de flota (*fig.5.11*). La flota activa presenta sus mayores rendimientos CPUE a comienzos de la temporada de pesca cuando el listado se encuentra aguas más al sur del Archipiélago (Mayo y Junio) y la flota pasiva que opera en esta área comienza su temporada de pesca. Existe un máximo en agosto asociado a la presencia masiva de listado en toda la franja de estudio considerada, de tal forma que tanto en la zona sur de la ventana espacial utilizada (Cabo Blanco) como en la zona del Archipiélago, la presencia de listado suministra buenas pescas. Ya a finales de verano y comienzos de

otoño (septiembre y octubre), los rendimientos de ambas flotas se equiparan, debido a que la distribución masiva de listado se encuentra más al Norte, para aumentar al final del otoño, debido al regreso de los cardúmenes de listado hacia el sur desde los Archipiélagos Macaronésicos más septentrionales, dando lugar a la "pesquería de atún de invierno" como la denominan los pescadores locales.

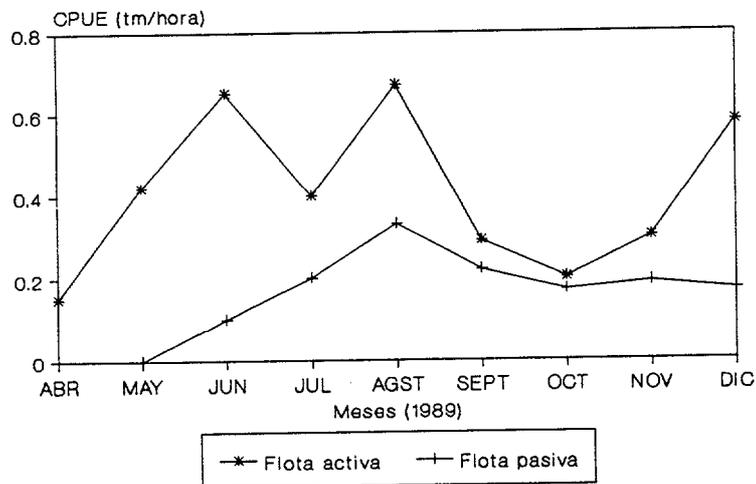


Fig 5.11.- Comparación de rendimientos CPUE de las flotas activa y pasiva canaria por meses (1989).

Si se considera el poder de pesca de ambas flotas, cabe plantearse que a pesar de que la flota activa genera un mayor esfuerzo pesquero en horas de mar, los rendimientos CPUE son mayores debido a su mayor capacidad de almacenamiento a bordo, su mayor potencia y eslora así como un mayor número de operarios. En la *fig. 5.11*, se comparan los rendimientos para ambas flotas, observándose que la flota pasiva presenta CPUE entre 0-0.5 tm/hora y la activa presenta sus máximos entre 0.5 y 1 tm/hora, esto es el doble.

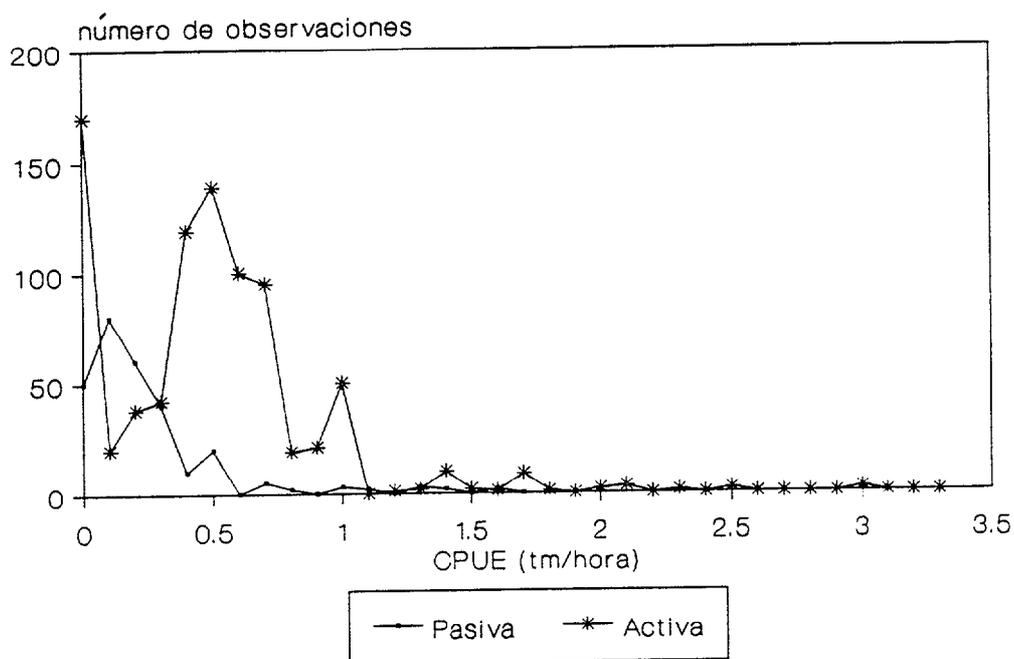


Fig.5.12.- Contraste de frecuencias CPUE para las flotas activa (> 50 trb) y pasiva (< 50 trb) canarias.

**6.- RELACION LISTADO-MEDIO AMBIENTE EN
EL AREA CANARIA.**

6.1.- INTRODUCCION.

Como se ha expuesto anteriormente, los túnidos en general y entre ellos el listado, presentan mecanismos de termorregulación tendentes a la conservación del calor interno. Esta característica, si bien los coloca en uno de los nichos evolutivos más avanzados dentro de los peces osteictios, determina en gran medida una marcada sensibilidad a los cambios ambientales. Es por ello que se hacía necesaria la implementación del estudio biológico con las fluctuaciones de las características ambientales, con vistas a entender de forma global la dinámica bioecológica de esta especie en esta área. Con este objetivo, se introducen una serie de consideraciones previas acerca de las características climatológicas y oceanográficas que determinan la dinámica del área de estudio.

6.2.- CLIMATOLOGIA.

El Atlántico Noreste se caracteriza por la presencia de un centro de altas presiones centrado en Azores, además de un centro de bajas presiones generado por el exceso de absorción de calor detectado en la Zona Intertropical de Convergencia (ZITC), que no coincide con el Ecuador terrestre sino que se desplaza meridional y estacionalmente entre el 5 y el 10 de latitud Norte. Esta situación determina la circulación geostrofica del viento (< 1000 metros) en la franja Noreste de este Océano, resultando un transporte advectivo desde las altas hacia las bajas presiones. A su llegada al Ecuador Térmico, se desplaza a su vez hacia el Oeste por efecto de la rotación de la tierra (Fuerza de Coriolis). A este viento se le denomina Viento Alisio, y juega un papel fundamental en la dinámica oceanográfica del área de estudio. Sin embargo la presencia de una masa de tierra correspondiente a la vertiente Noroeste del Continente Africano así como su escasa capacidad calorífica, determinan movimientos estacionales meridionales a escala sinóptica de la ZITC, entre los paralelos 5 y 10 N. Este desplazamiento intensifica los gradientes de vorticidad geostrofica, entre los núcleos de altas y bajas presiones intensificando (verano), o relajando (invierno) la intensidad del Alisio de componente N-NE en la franja de plataforma entre Ghir (31 N) y Cabo Blanco (20 N).

6.3.- CIRCULACION OCEANICA.

6.3.1.- *Circulación Superficial.*

El sistema de circulación superficial en la parte oriental del Atlántico, se caracteriza por la presencia de la Corriente de Canarias que fluye paralela a la costa Africana a través del Archipiélago Canario hasta Cabo Blanco (20 N), desde donde se adentra en el océano hacia el suroeste. La prolongación ecuatorial de esta corriente se traduce en la generación de la Corriente Ecuatorial Norte (CEN), que fluye hacia el oeste paralela al Ecuador. Además y como resultado del déficit hídrico generado por el transporte de masa en dirección este-oeste en ambos hemisferios, aparece la Contracorriente Ecuatorial Norte (CCEN) que fluye entre el 4 y el 8 N y que se prolonga en la corriente de Guinea, que bordea la costa africana entre el 5 y el 20 N hasta el fondo de la Bahía de Biafra (*fig. 6.1*).

6.4.- CARACTERISTICAS OCEANOGRAFICAS DEL AREA DE ESTUDIO (15-30 N, 10-20 W).

6.4.1.- *Afloramiento.*

- Introducción.

Las oscilaciones estacionales meridionales sinópticas de la Zona Intertropical de Convergencia (ZITC) generan como se ha descrito anteriormente pulsos de viento alisio que fluye paralelo la franja Noroeste Continente Africano. Esta situación determina transportes de masa normales a la costa y la generación de una componente advectiva vertical de agua subsuperficial fría y muy rica en nutrientes, con valores que sobrepasan hasta veinte veces los de un área como la constituida por el Archipiélago y aguas adyacentes (Nykjaer, 1988; Hernández-Guerra, 1990). Bajo estas situaciones los flujos de energía y materia hacia los niveles tróficos superiores son muy intensos y caracterizados por altos *bits* de abundancia relativa y bajos *bits* de diversidad ecológica, existiendo excedentes de energía y materia que fluyen en las áreas frontera (oxígeno a la atmósfera y materia orgánica particulada en los

frentes). En el caso que nos ocupa, los pulsos de afloramiento si bien se extienden a lo largo de la franja costera que presenta una plataforma continental amplia, existen áreas concretas (Ghir y Cabo Blanco), donde estos pueden ser especialmente intensos en lo que a su área de acción se refiere.

Si se considera la ruta migratoria del listado en el Atlántico Oriental (especialmente el área entre el 15-35 N), se observará que de alguna manera los pulsos de afloramiento por su localización geográfica deberían indefectiblemente tener alguna influencia sobre los movimientos de listado en toda esta área. De hecho, las zonas frontales afectan en dos sentidos a los túcidos, a nivel biótico y a nivel abiótico. A nivel biótico existen dos tipos de componentes que pueden afectar; los pulsos de producción primaria y la consiguiente acumulación de materia orgánica particulada en superficie, determinan un efecto sinérgico entre eslabones tróficos en el que el túcido en su eslabón superior participa. Los pulsos de producción secundaria que crecen a expensas de la producción primaria desencadenan transferencias de biomasa muy grandes hacia la producción terciaria, especialmente pelágicos medianos (Clupeidos, Engraulidos y Escómbridos) (Dragovich & Potthoff, 1972; Postel, 1985; Bakun & Parrish, 1982; Laurs *et al.*, 1984; Castro, 1991), hacen a esta área una de las más productivas del planeta. Esta disponibilidad de alimento debe influir en la acumulación de bancos de túcidos asociados. Sin embargo, existe un segundo aspecto más sutil que el anterior y que viene determinado por la respuesta sinaposemática del listado o de un túcido en general ante un cuerpo de mar turbio. Los niveles de turbidez que un predador óptico como el listado soporta no sobrepasan zonas fóticas inferiores a 15 metros; esto es, valores de clorofila superiores a 0.8 mg/metro cúbico, que en las áreas de afloramiento pueden ser muy superiores (hasta 20 mg/metro cúbico) (Nakamura, 1969; Evans *et al.*, 1981; Sund *et al.*, 1981; Laurs *et al.*, 1984; Nykjaer, 1988; Hernández-Guerra, 1990).

Además existen otras componentes de tipo abiótico que determinan situaciones en las áreas frontales a las que el túcido debe responder. Los pulsos de oxígeno generados por la actividad fotosintética superficial, al ser trasvasados hacia la zona afótica es sometida a una acción de remineralización por parte de la actividad heterotrófica bacteriana, que genera mínimos de oxígeno muy intensos asociados al límite frontal de la profundidad de

compensación. Este punto, marca el límite de la zona fótica donde la actividad fotosintética productora de oxígeno dá paso a la actividad heterotrófica consumidora del mismo. Estos mínimos de oxígeno relativamente someros (100 metros) limitan la distribución de los cardúmenes de túnidos en profundidad, puestos que estos necesitan requerimientos de oxígeno superiores a 3.5 ml/l, además de estar relacionados con temperaturas frías de la columna de agua (Dizon, 1977; Dizon *et al.*, 1977; Dizon *et al.*, 1978; Evans *et al.*, 1981).

Si además se considera la temperatura de las aguas afloradas frías y los mecanismos de termorregulación que los túnidos presentan y que ya han sido descritos en capítulos anteriores, la evolución de esta especie en aguas de estas características serían muy escasas, especialmente en las especies tropicales como el caso del rabil y listado, que presentan sistemas de termorregulación pasivos entre la temperatura corporal y la del medio circundante que en aguas afloradas sería más determinante (Blackburn, 1965; Dizon *et al.*, 1978; Laurs & Lynn, 1977; Laurs *et al.*, 1984; Uda, 1973).

Las áreas frontales entre dos masas de agua de distintas características paramétricas también determinan situaciones de vorticidad nula entre dos áreas de vorticidades positiva y negativa que presentan interacciones de tipo interfásico (choque termohalino) entre ellas, con las consiguientes entradas-salidas de materia y energía.

Los túnidos, responderían a estas situaciones ubicándose en las áreas de vorticidad negativa, térmicamente más óptimas a sus requerimientos fisiológicos y etológicos de termorregulación. Aquí encuentran termoclinas relativamente profundas, niveles de oxígeno relativamente elevados y no condicionantes y niveles de turbidez asociada a su condición de agua estable, por debajo de 0.8 mg de clorofila/metro cúbico. Sin embargo, la necesidad de alimento que un túnido requiere debido a su alta tasa metabólica, determina una tendencia de esta especie a aumentar la tasa de competencia interespecífica con sus presas. Las áreas de vorticidad nula hacia donde deriva el plancton "in sensu stricto" generado en las aguas afloradas, hacen que los pelágicos medianos (sardina, caballa, chicharro, etc.) se acumulen en grandes densidades acordes con la alta disponibilidad de alimento en el mismo sentido. Esto hace

que estas zonas frontales determinen a su vez grandes densidades de túnidos, predadores de estas especies (Stretta, 1977; Evans *et al.*, 1981; Laurs & Lynn, 1977; Laurs *et al.*, 1984; Sund *et al.*, 1981). Se hacía necesario por tanto relacionar la dinámica migratoria del listado en esta área, con los fenómenos oceanográficos observados en la zona a distintas escalas espacio- temporales (sinóptica, mesoescalar y submesoescalar). La situaciones frontales o en un sentido más amplio, la distribución de las áreas de vorticidad nula así como su variación espacio-temporal, indefectiblemente determinan una respuesta de listado convergente o divergente dependiendo de las características de la masa de agua.

6.4.2.- Area de Canarias.

- Introducción.

El Archipiélago Canario se caracteriza por estar localizado en la zona más oriental de los que conforman la Macaronesia, entre el 28-30 N y 13-19 W. Su ubicación determina dos situaciones que de alguna manera deben afectar a los cardúmenes de listado que arriban al área canaria. La primera, la interacción entre los pulsos de producción primaria y secundaria generados en la costa sahariana y Ghir (aguas más septentrionales). Esta situación y la consiguiente estructura frontal generada entre las aguas frías y con altos niveles de nitratos y producción primaria en la zona fótica y las mal llamadas "aguas oligotróficas" "pobres" y más estratificadas que la circundan, acumularían concentraciones de túnidos que aprovechen las fuertes convergencias de energía y materia hacia los niveles tróficos superiores (pelágicos medianos principalmente), en áreas donde la estabilidad y las condiciones físicas para los requerimientos fisiológicos de listado sean las más óptimas.

Por otro lado, la presencia del Archipiélago Canario condiciona interacciones entre el flujo normal y geostrófico de la Corriente de Canarias y del viento Alisio que sopla desde el NE paralelo a la costa africana. Estos obstáculos naturales presentan una estructura batimétrica que culmina en la formación de interacciones no lineales "quasi-geostróficas" sub-mesoescalares periódicas (O: 10-99 Km y 1-4 semanas) de gran interés. Esta interacción no

lineal meteorológica y oceanográfica por Isla (Efecto de Masa de Isla), generan situaciones que si bien responden a un mismo efecto causal, su manifestación es distinta. Los núcleos de producción primaria asociados a la entrada de nitratos hacia la zona fótica, deben generar transferencias de energía y materia hacia los niveles tróficos superiores, pulsos que convergen hacia los pelágicos medianos que conforman la dieta de listado en esta área. Se hacía necesario implementar por tanto, el estudio biológico y ambiental a escala sinóptica con uno más preciso de la dinámica del recurso en el Archipiélago (escala mesoescalar, O: 100-999 km y meses). Además, era preciso ahondar hacia los movimientos sub-mesoescalares (O: 10-99 km, semana) insulares de listado asociados a los núcleos y distribución de pelágicos medianos así como a las estructuras oceanográficas generadas.

- Soporte Físico.

La estructura física de las masas de agua que circundan el Archipiélago presentan oscilaciones espacio-temporales asociadas a las condiciones climatológicas que se dan estacionalmente. El Mar es un fluido geofísico donde el concepto de ergodicidad y el de aleatoriedad son asumibles a ciertas escalas pero no definitivos. A su vez, los tónidos reaccionan de forma instintiva o selectiva ante distintos estímulos de un medio como el marino donde los pulsos paramétricos (temperatura, salinidad y densidad) del volumen que ocupa en un lapso de tiempo determinado, están sometidos a distintas interacciones "no lineales" de materia y energía (efecto sinérgico de interacción). Sin embargo, es posible crear escenarios térmicos típicos que de alguna manera las representen pensando siempre en la temperatura como marcador ambiental de los posibles cambios en la estructura de fluido (Stretta, 1990, 1991; Petit, 1991).

La temperatura a nivel mesoescalar (O: 100-999 km y meses) cambia en un rango entre 17 y 24 grados (*fig. 6.2*). A comienzos de la primavera y con el calentamiento meridional estacional sinóptico generado por el desplazamiento de la Zona Inter-Tropical de Convergencia (ZITC) hacia el Norte, la columna de agua comienza a estratificarse dando lugar al desarrollo de una producción primaria que crece a expensas de los pulsos de nitratos que arriban a la zona

fótica (entre 70-90 metros, González-Ramos, 1989), como resultado de la mezcla a la que la columna de agua estuvo sometida en invierno con números de Richardson mínimos. Los valores entre los que oscilan los pulsos de nitratos en esta área están en el rango de 0.14-4.76 micromolar dependiendo del tipo de área (oceánica o costera) (Braun *et al.*, 1986; Arístegui *et al.*, 1989).

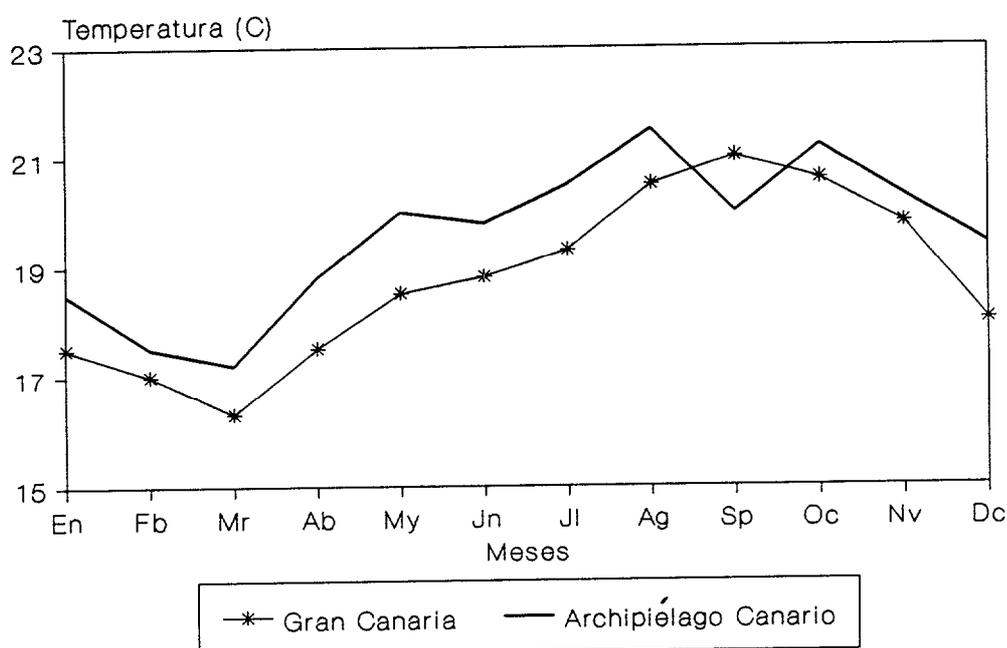


Fig.6.2.- Evolución de la temperatura promedio superficial en el Archipiélago y Gran Canaria (varios autores, 73-90).

Sin embargo, se ha discutido que existe un gradiente térmico negativo desde el oeste hacia el este, asociado a la situación frontal del afloramiento, lo cual determina gradientes zonales (Longitud) de la temperatura entre las distintas Islas que conforman en Archipiélago. La situación más normal es un calentamiento progresivo a comienzos de verano (mayo-junio-julio) y otoño (octubre y noviembre) desde el Oeste hacia el Este, con traslaciones zonales isotérmicas a modo de pliegues y repliegues (Nykjaer, 1988; Hernández-Guerra, 1990) que llevan aparejado un trasvase de estabilidad (mínima vorticidad) a la columna de agua (Ramos *et al.*, 1991; Ramos y Sangrá, 1992). Esta situación de estabilidad progresiva a mesoescala, genera altos valores de producción primaria nueva, con la consiguiente transferencia de energía y materia hacia los nichos tróficos superiores. El micro y el mesozooplankton

responden con un lapso de retardo temporal que no sobrepasa el mes (Hernández-León, 1986; 1988a y b; González-Ramos, 1989; Gómez, 1991; Torres, 1991; Arístegui, 1990). Es por esto que si bien el sistema es relativamente productivo, las acumulaciones de clorofila como se discutirá después no son elevadas (0.16 - 0.6 miligramos/metro cúbico) puesto que el pastaje se hace efectivo en un lapso de tiempo muy corto.

Sin embargo, a nivel sub-mesoescalar (0:10-99 km, semana) los flujos turbulentos asociados a la dinámica normal de la Corriente de Canarias, generan una situación oceanográfica de gran interés: el Efecto de Masa de Isla. Este efecto presenta variaciones paramétricas de la estructura columnar del fluido, culminando en situaciones de tipo baroclino que pueden ser modelizadas. La intensificación del gradiente térmico en la horizontal y de las variaciones de divergencia a profundidad, pueden culminar en situaciones de tipo baroclino donde la vorticidad relativa determina interacciones no lineales entre capas. La manifestación submesoescalar de este fenómeno determina giros de tipo ciclónico y anticiclónico a ambos lados de la isla sometida al flujo. Si además se considera la estructura batimétrica de los canales entre Islas, el flujo quedaría intensificado en algunas zonas con local una serie temporal de la variación de vorticidad nos determinaría una asimetría entre las oscilaciones de vorticidad positiva (giro ciclónico) y las de vorticidad negativa (giro anticiclónico). Una de las manifestaciones de esta asimetría puede ser una ampliación del área y tiempo de acción del giro de carácter ciclónico como se ha modelizado en Gran Canaria (Sangrá, 1991; Ramos *et al.*, 1991; Ramos y Sangrá, 1992). Esta ampliación del área determina elevaciones de las superficies isotérmicas asociadas al enfriamiento superficial, con la consiguiente difusión turbulenta de nitratos hacia la zona fótica y su posterior utilización por parte de la producción primaria (principalmente el picoplancton). Sin embargo queda por dilucidar si los pulsos temporales de vorticidad positiva generan difusiones turbulentas de nutrientes resultados de la remineralización de la materia orgánica por parte de la actividad heterotrófica. Sin embargo, se hace necesario el desarrollo de estudios de marcado con Nitrógeno 15 como estimación de la producción nueva para confirmarlo, así como ampliar los estudios sobre la teledetección de pigmentos de tipo clorofílico mediante sensores remotos en el mismo sentido (Nykjaer, 1988; Hernández-Guerra, 1990).

En un caso o en otro, existen tambien giros de carácter anticiclónico al sureste de las islas que generan hundimientos de la termoclina. Estas áreas o giros anticiclónicos presentan una situación simétrica a la anterior y a profundidad de carácter acumulante puesto que el transporte de masa neto asociado no es nulo, y en dirección normal al centro, al contrario que en el caso anterior (dirección normal y hacia fuera). Castro (1991) sugiere la posibilidad de que estas estructuras acumulen ictioplancton de las comunidades de algunos peces pelágicos del área (caballa principalmente).

Entre ambas situaciones, se generan áreas de vorticidad nula a sotavento de la isla asociados al "Efecto Fohn" (Islas más cumbrosas) con una estratificación muy marcada a profundidad y vorticidad nula. Estos "pasillos" o "estelas" de agua caliente presentan significativas acumulaciones de biomasa primaria y secundaria, así como las mayores pesquerías de pelágicos medianos (caballa principalmente) (Hernández-León, 1988a,b; Arístegui *et al.*, 1989; Nykjaer, 1988; Hernández-Guerra *et al.*, 1989; Hernández-Guerra, 1990; Castro, 1991).

6.5.- RELACIONES MEDIO AMBIENTE-LISTADO EN EL AREA CANARIA.

6.5.1.- Introducción.

Las zonas de distribución del listado (zona epipelágica tropical), se podrían considerar pobres en alimento (Kitchell *et al.*, 1978). Es más, este autor haciendo una evaluación de la cantidad de presas de atún en general en el área del Pacífico, observo que la concentración de micronecton no sobrepasaba las 2.5 ppb, concentración por otro lado insuficiente para mantener la biomasa de túnidos. Esta situación aparentemente paradójica era explicable bajo la consideración de que primero, el alimento se acumulaba en manchas o núcleos y segundo, la especial capacidad que tienen estos peces para localizarlo. Fueron posteriormente Sund *et al.* (1981), los que argumentaron que: "para los túnidos entre ellos especialmente el listado, resulta vital el desplazarse hacia zonas de relativa riqueza, en las que se agruparán sobre concen-

traciones de alimento allí donde la temperatura es favorable a sus requerimientos fisiológicos de especies "termoconservantes". Puede ser esta característica especial la que determina la pauta de desplazamiento del listado en el océano y en el caso particular del Atlántico Nororiental a través de la Macaronesia hacia el norte (Cabo Verde-Canarias-Madeira-Azores).

Como se ha mostrado, el listado es una especie netamente migratoria que soporta una importante pesquería en el Atlántico Oriental, desde Angola hasta Azores. Los individuos reclutados (> 35 cm), con edades entre 1.5 y 6 años, se mueven hacia el norte a principios de primavera según estratos temporales de tallas distintos regresando hacia el sur en invierno, época donde se verifica el máximo de reproducción en el Golfo de Guinea y áreas adyacentes (*fig. 2.3*). Aparecen en las aguas canarias a mediados de primavera, siendo los sectores suroestes de las Islas los que soportan el 90 % del total del Archipiélago. Esta acumulación puede estar muy relacionada con la presencia de un efecto de masa de isla que genera la acumulación de alimento (pelágicos medianos) en el mismo sentido (Castro, 1991) y no con la ubicación de zonas de freza y acumulación de larvas por no detectarse reproducción en el área, (IGS en reposo sexual absoluto). Sin embargo, la presencia de alimento durante todo el año, así como la generación de una zona frontal entre el área del Afloramiento del Noroeste africano y el área de Canarias, debieran sugerir una acumulación de listado en aquellas zonas donde se cumpla que su disponibilidad de alimento es alta y que las condiciones ambientales (principalmente temperatura) lo permitan.

Se sugiere en este capítulo, que es posible estudiar los desplazamientos del listado a tres niveles espacio - temporales que necesitan ser estudiados y comprendidos en su totalidad. El primer nivel, se correspondería con una escala sinóptica ((O) 1000 km entre el 15-30 N y el 10-20 W), que incluiría movimientos estacionales meridionales, cubriendo un área caracterizada por la presencia del Archipiélago de Cabo Verde, el Afloramiento del Noroeste africano y el área de Canarias. El segundo nivel se correspondería con variaciones zonales mensuales ((O) 100 km entre el 28-30 N y el 13-19 W), que se relaciona con la dinámica asociada al Archipiélago Canario. Por último un tercer nivel sub-mesoescalar ((O) 10 km entre el 27-28 N y 15-16 W) relacionado con variaciones ambientales semanales de la dinámica oceanográfica de una Isla y

del Efecto de Masa que genera.

6.5.2.- Resultados.

En el *capítulo 4* que versa sobre la biología de listado en esta área se ha deducido que el área canaria no es un área de reproducción de listado, puesto que si bien se observaron diferencias significativas de niveles de IGS para ambos sexos y para el mismo rango de tallas, estos se presentaban siempre en niveles de reposo sexual según la escala establecida por Orange (1961), confirmada posteriormente por Cayre & Laloé (1986). Esto confirma las tesis de anteriores autores (Santos Guerra *et al.*, 1983; Cayre & Farrugio, 1986; Pereira, 1986), de que deben existir otras razones principalmente de tipo trófico y ambiental para la presencia de individuos adultos de listado en esta área. De hecho y sobre un análisis de contenidos estomacales de listado capturado al cebo vivo en las Islas, se ha demostrado su carácter netamente oportunista. El listado, se alimenta de los pelágicos medianos más abundantes, además de mantener niveles de índices de condición óptimos, lo cual sugiere una buena alimentación. Sin embargo, ha de considerarse que la abundancia de alimento no puede ser el único factor que determina su presencia en esta área. Basta con considerar que la caballa es la especie pelágica mediana que soporta la mayor actividad pesquera del Archipiélago, siendo su actividad prácticamente permanente durante todo el año sin cambios estacionales de importancia, solamente aquellos debidos a la presencia de individuos longevos (> 35 cm) y juveniles (< 12 cm) en invierno, cuando verifican la freza en esta área (Pastor & Delgado de Molina, 1985; Castro, 1991). En otras palabras, parece ser que la disponibilidad de alimento existe durante todo el año y sin embargo, la aparición de listado se dá entre los meses de mayo-noviembre principalmente. Es por esto que se hacía necesaria la implementación con otros estudios ambientales que ayudaran a explicar las variaciones estacionales que sufre esta pesquería en esta área, puesto que la alimentación "per se" no era suficiente argumento para explicar estas variaciones.

Como se ha discutido en la introducción, el estudio fue separado a tres niveles escala espacio-temporales distintos con vistas a obtener las posibles

variaciones de la distribución de listado en el mismo sentido.

6.5.2.1.- Relaciones a Escala Sinóptica (15-30 N, 10-20 W).

En la *fig. 6.3* (desde la *a* hasta la *r*), se representa una serie temporal de registros de CPUE de la flota canaria que opera en el NE africano (15-30 N, 10-20 W) para el año 1989, con imágenes de baja resolución (4 x 4 km) de la temperatura superficial del mar. Esta serie cubre desde abril hasta diciembre de este año 1989, esto es, el periodo de pesca de listado en el área de estudio.

El primer resultado que se puede observar es una oscilación meridional estacional de la temperatura superficial del mar desde abril hasta diciembre. Desde el comienzo de la primavera hasta finales de agosto (*fig 6.3 a* hasta la *i*), se observa un desplazamiento progresivo del frente de Azores hacia el norte desde el 35 N hasta el 45 N, asociado a un calentamiento de la temperatura superficial en el mismo sentido. Este calentamiento superficial de la masa de agua está relacionado con el desplazamiento latitudinal estacional y meridional de la ZITC como ha sido postulado por Citeau & Demarcq (1990), en la *fig. 6.4*. En esta figura, se observa el desplazamiento latitudinal de la ZITC desde el Ecuador en pleno invierno (febrero-marzo) hasta el paralelo 10 N en verano (agosto), donde alcanza su máximo. Sin embargo, ha de puntualizarse que el calentamiento no es homogéneo en longitud. De hecho, existen pulsos de afloramiento intenso en el área de Cabo Blanco (20 N-18 W) para los meses de mayo, junio y agosto, (*fig 6.3 d, e, f, g. e i*). Estos pulsos de afloramiento están relacionados con la intensificación del gradiente isobárico entre el Anticiclón de Azores y la ZITC, que a su vez genera una intensificación del viento alisio paralelo a la costa y un transporte de masa mar adentro y perpendicular a la línea de costa. Este pulso de afloramiento generan un gradiente térmico negativo desde el W hacia el este a la altura del paralelo 20 N (Cabo Blanco), determinando una situación frontal a la que los túnidos deben responder debido a su afinidad hacia este tipo de estructuras (Laurs & Lynn, 1977; Evans *et al.*, 1981; Sund *et al.*, 1981; Stretta & Petit, 1989) (*fig. 6.3 a - i; fig. 6.4*).

Fig.6.3.(a-r).- Evolución sinóptica de la temperatura superficial en el Atlántico Nororiental obtenida del sensor AVHRR de los satélites NOAA 9 y 11.

Las cruces representan registros de CPUE:

- * Blanco: CPUE=0
- * Violeta: $0 < \text{CPUE} < 0.8 \text{ tm/hora}$
- * Azul CPUE $> 0.8 \text{ tm/hora}$

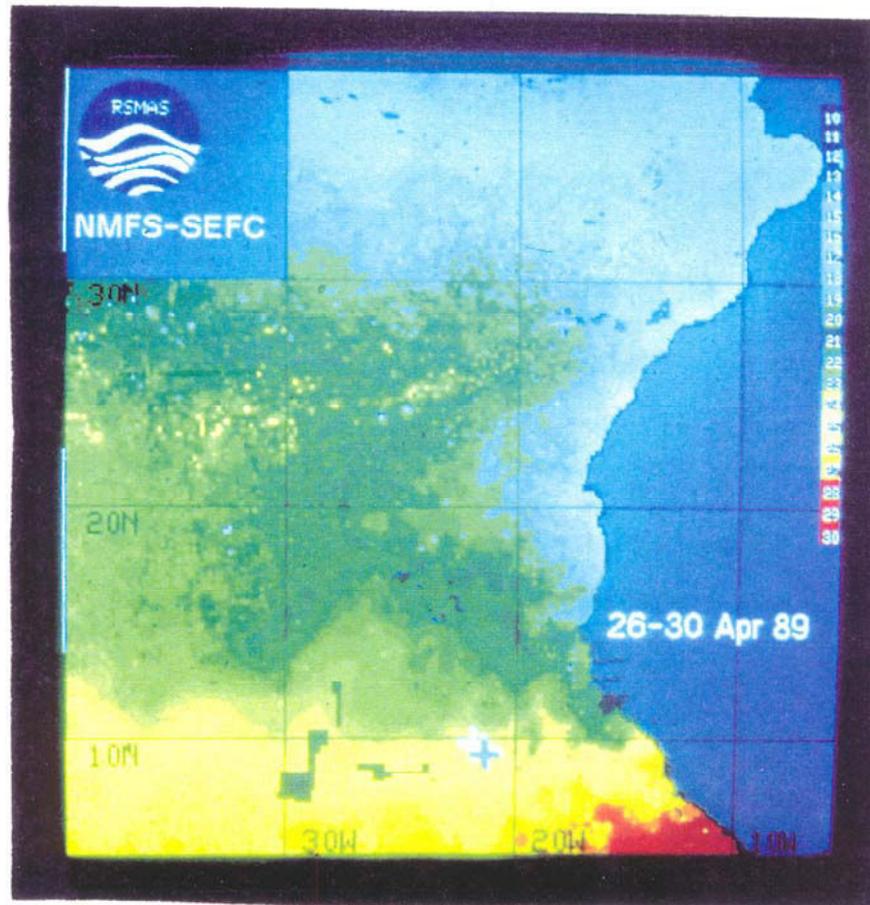


Fig 6.3a

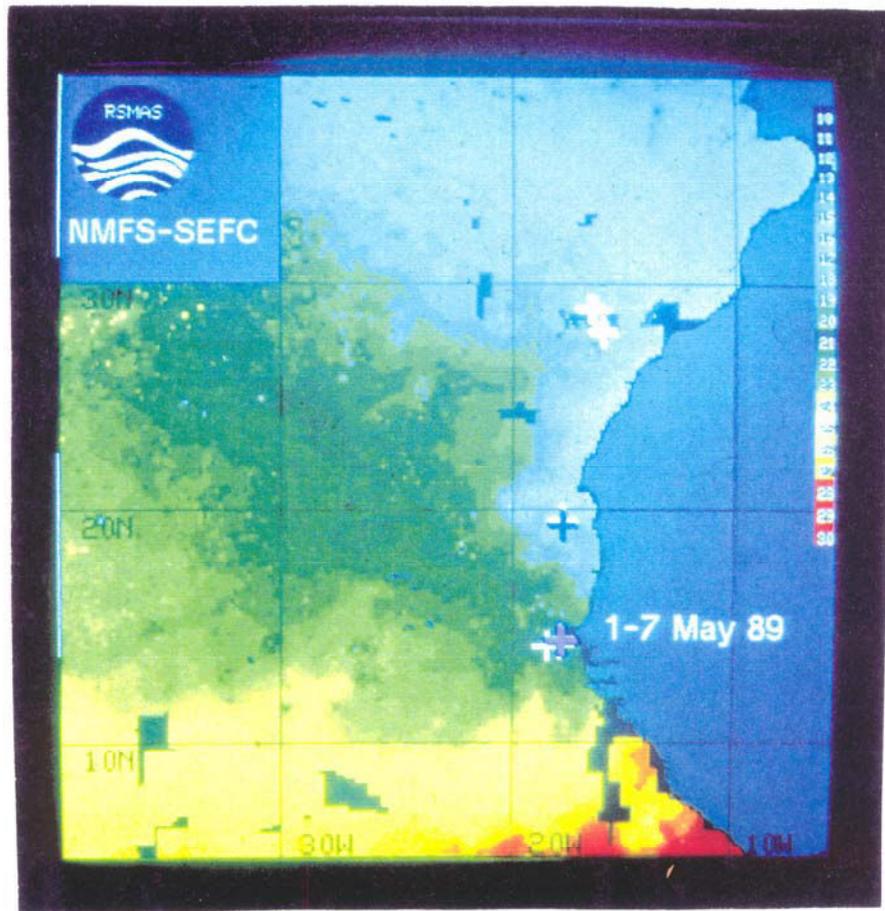


Fig 6.3b

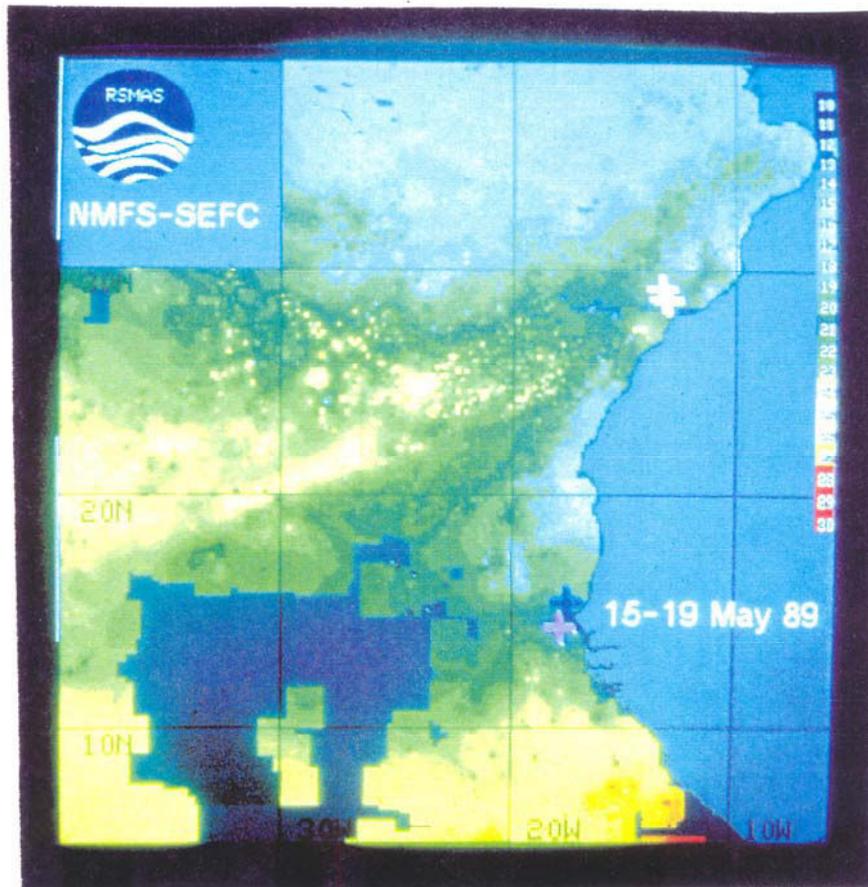


Fig 6.3c

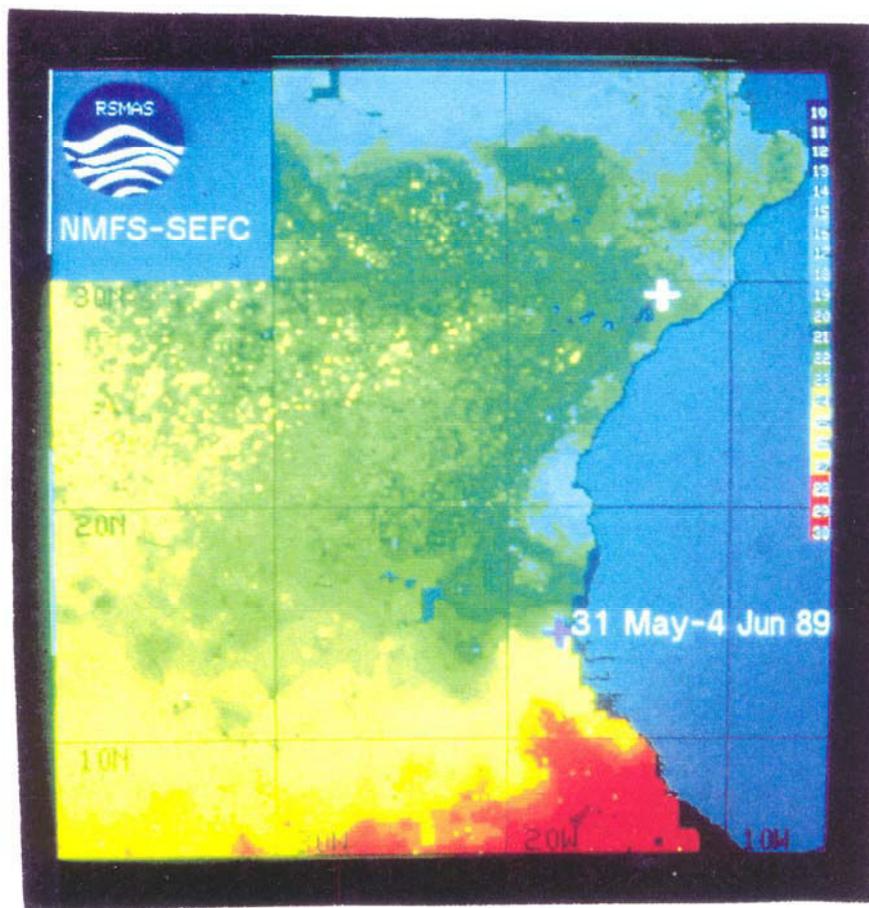


Fig 6.3d

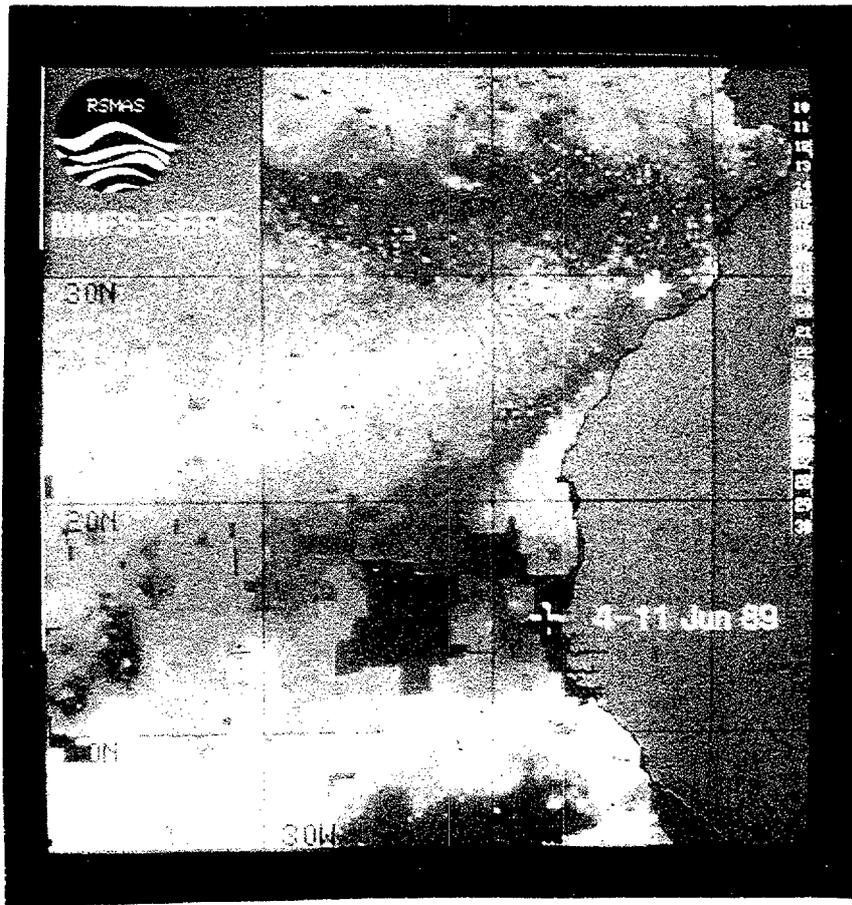


Fig 6.3e

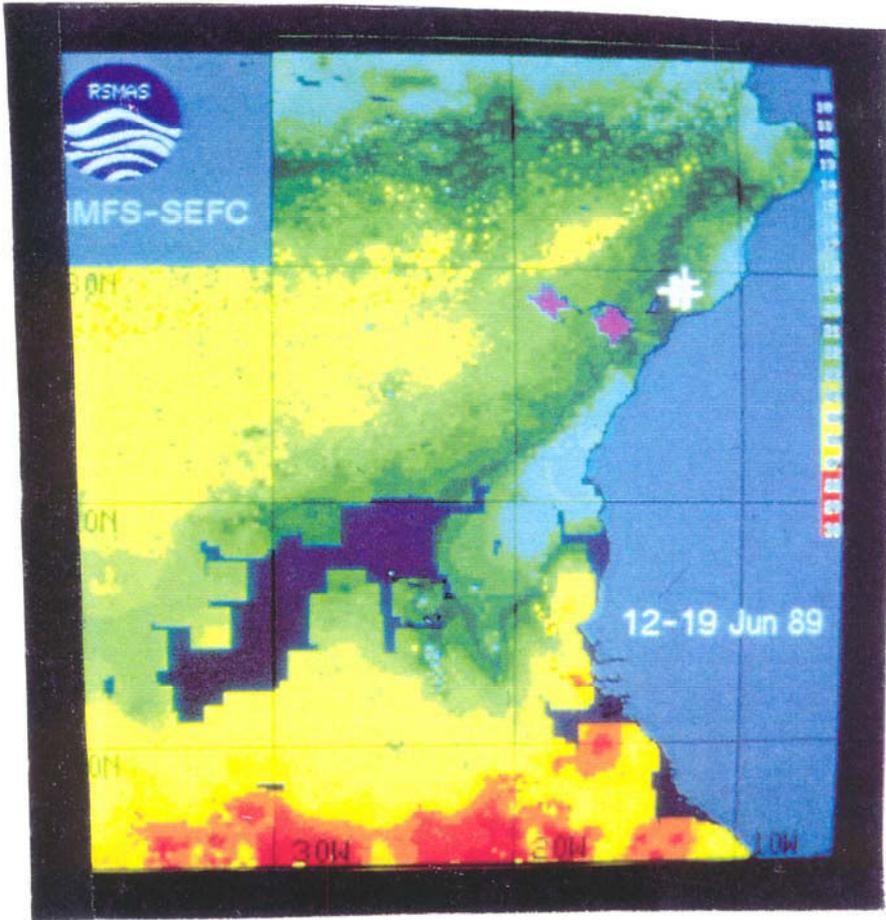


Fig 6.3f

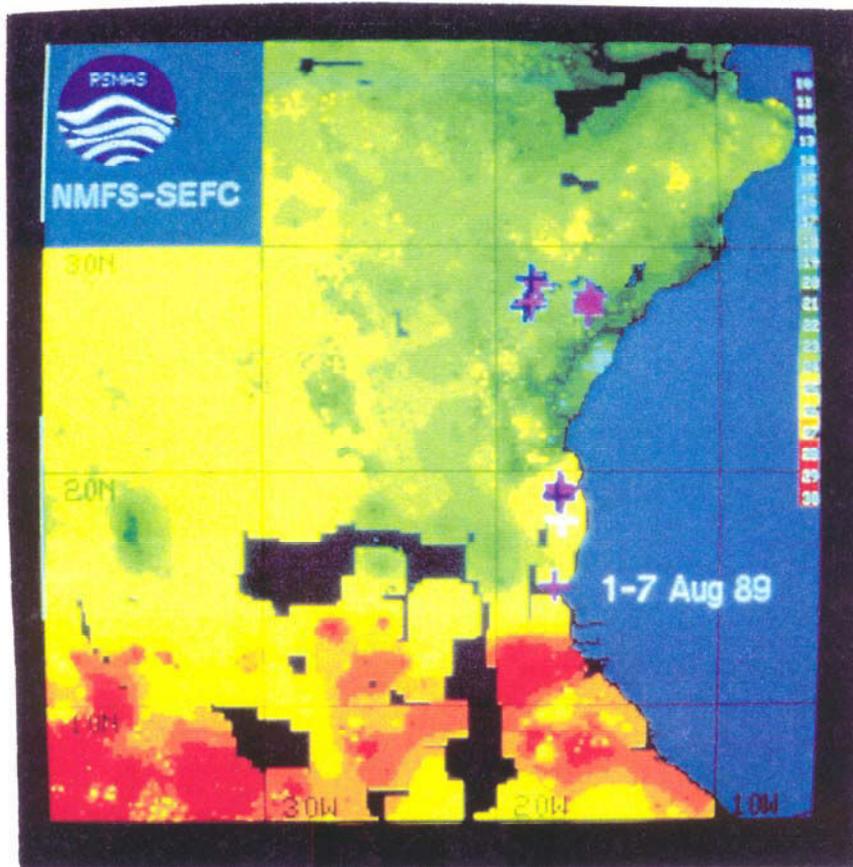


Fig 6.3g

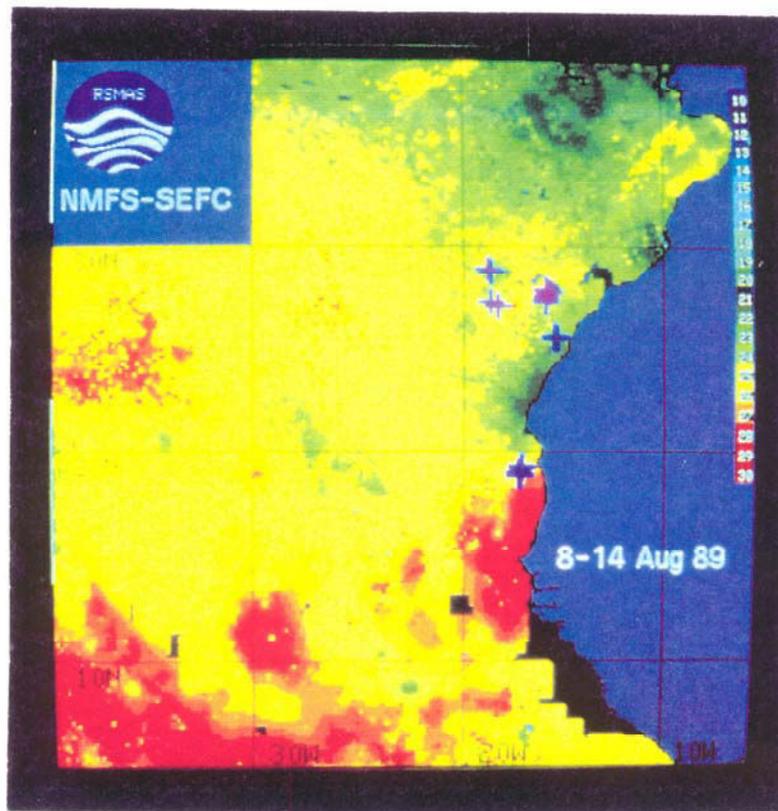


Fig 6.3h

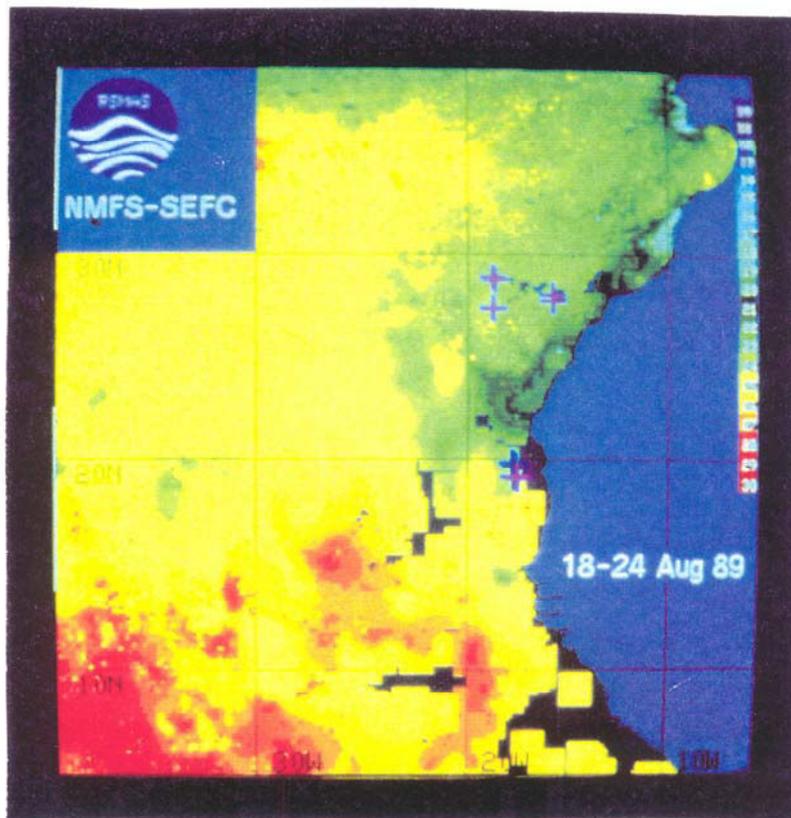


Fig 6.3f

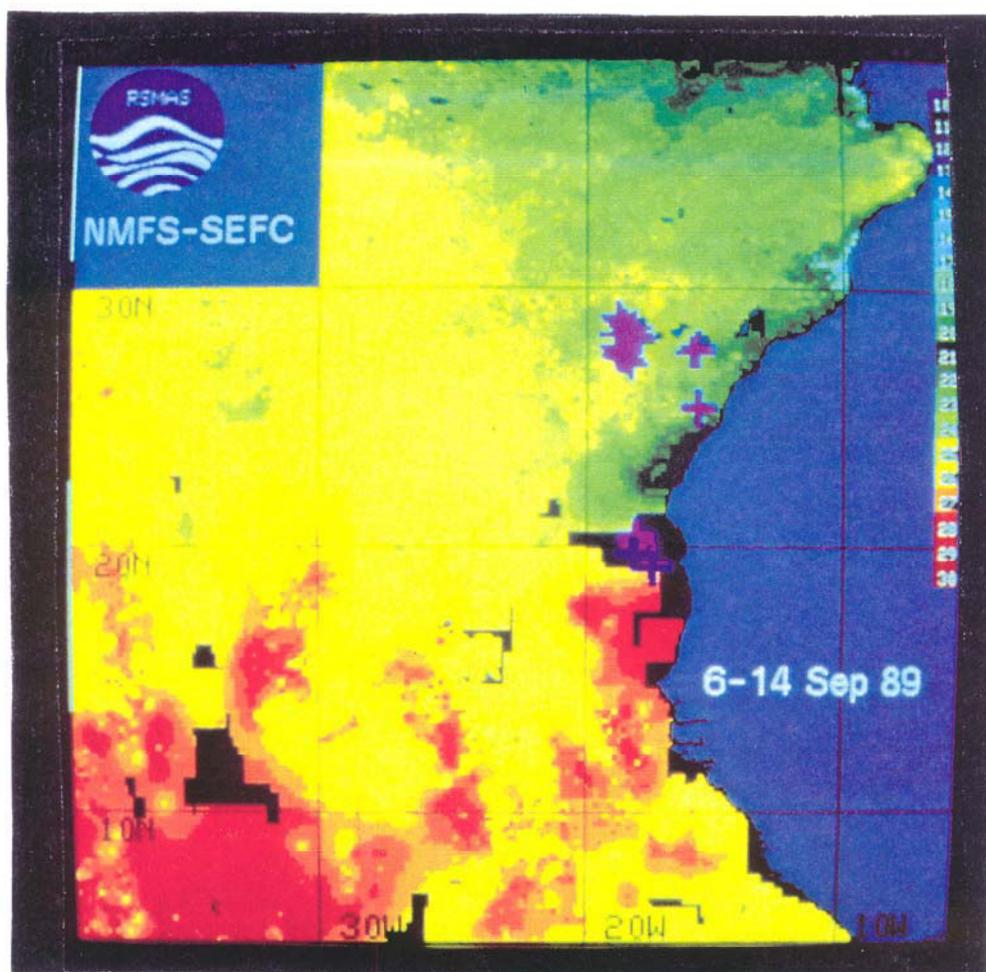


Fig 6.3j

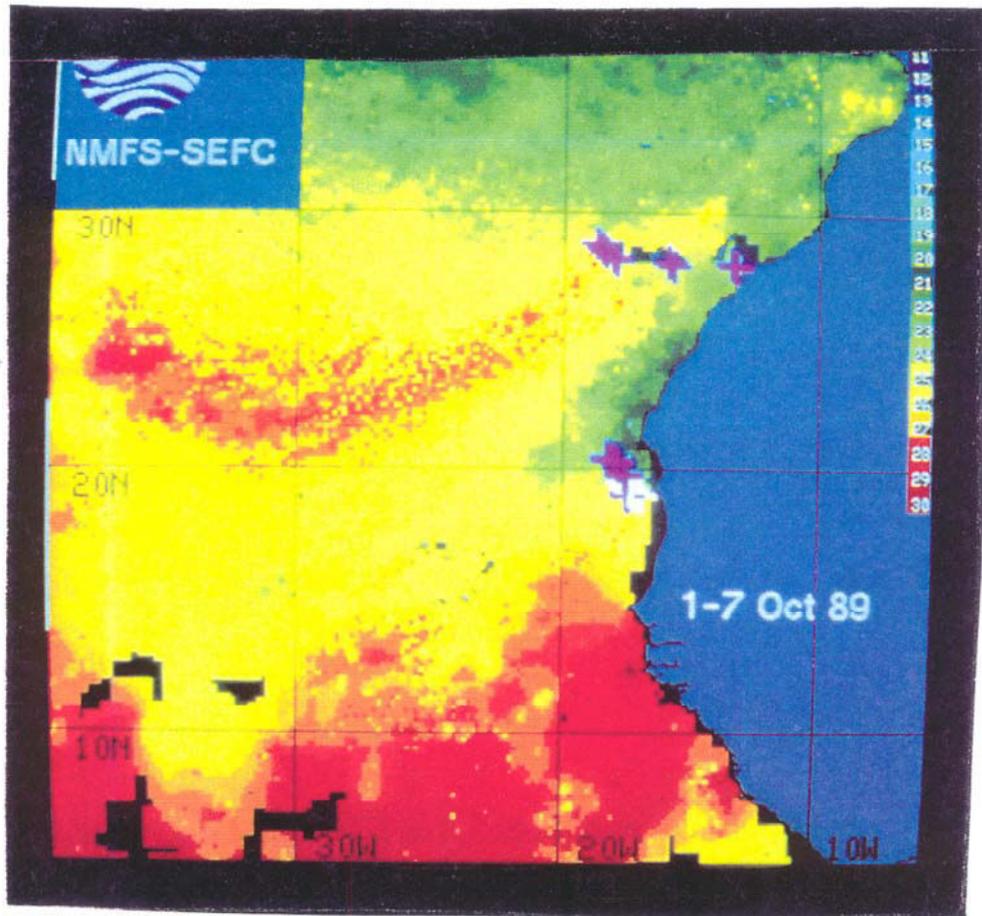


Fig 6.3k

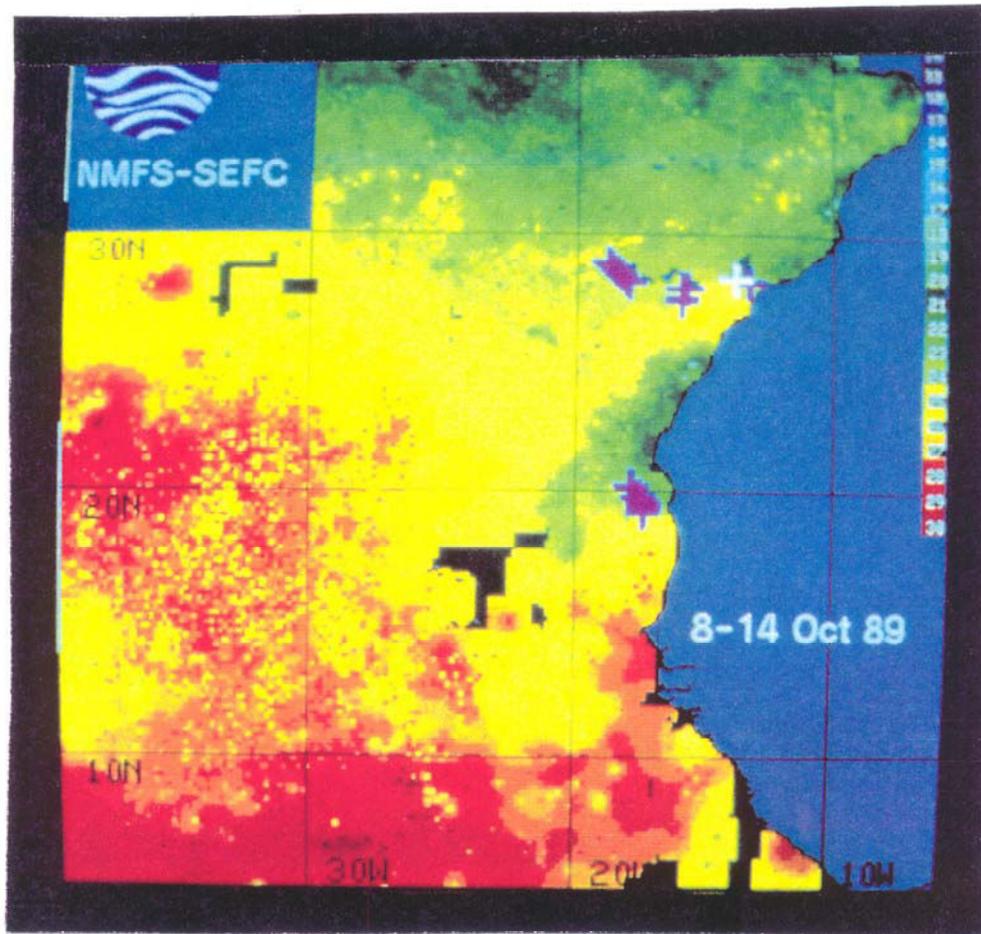


Fig 6.3l

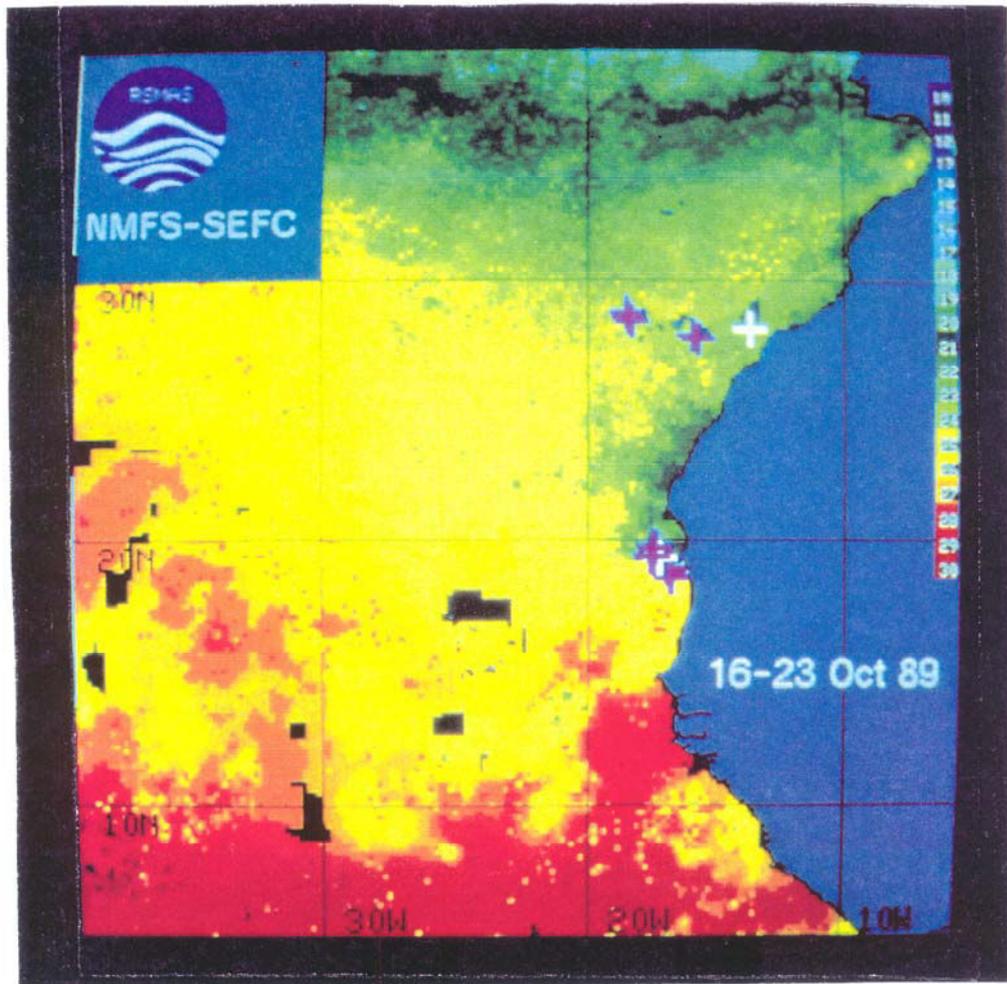


Fig 6.3m

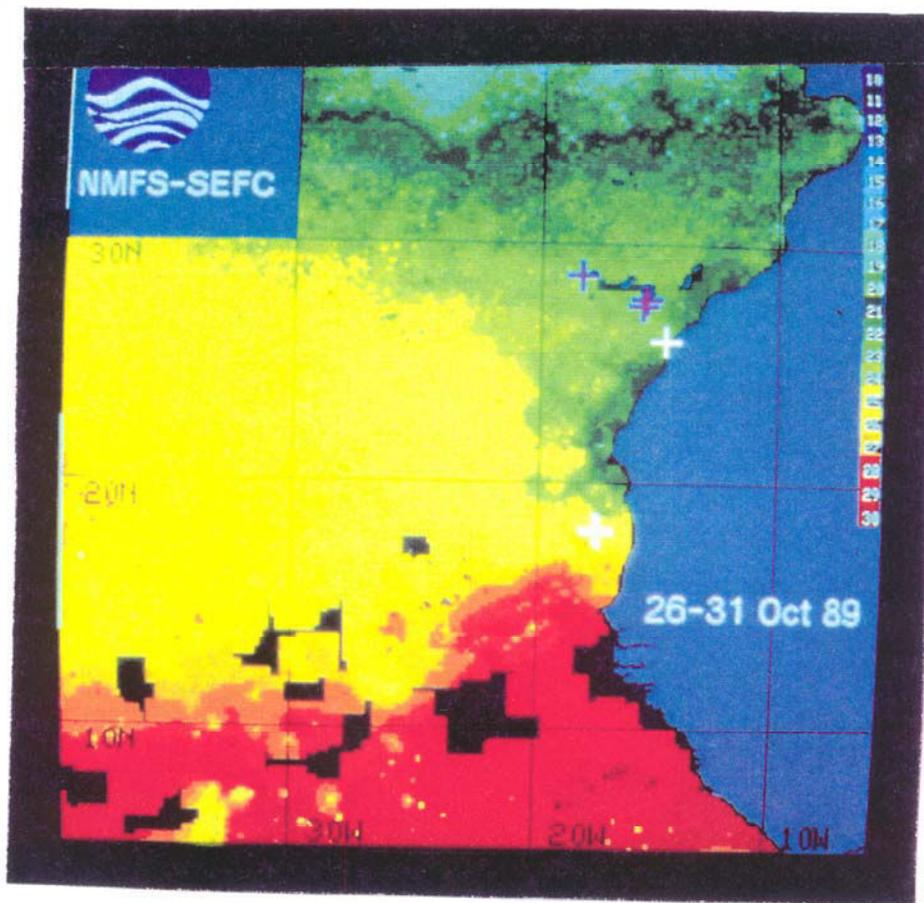


Fig 6.3n

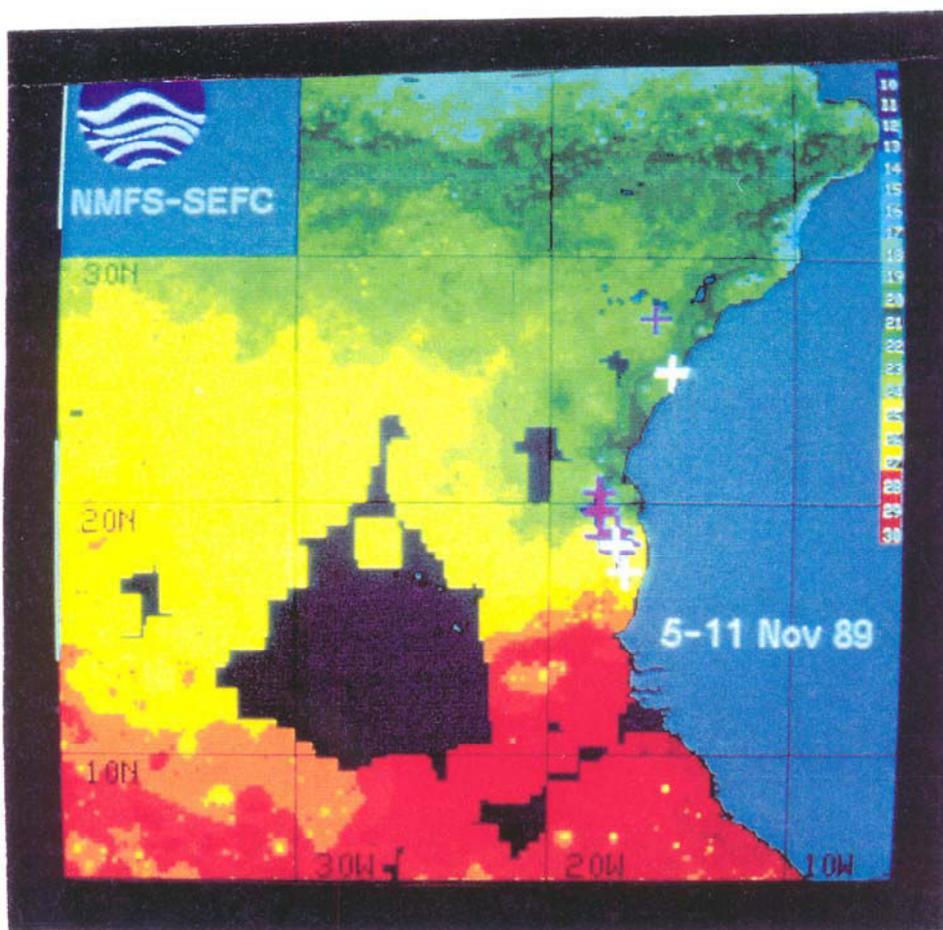


Fig 6.3ñ

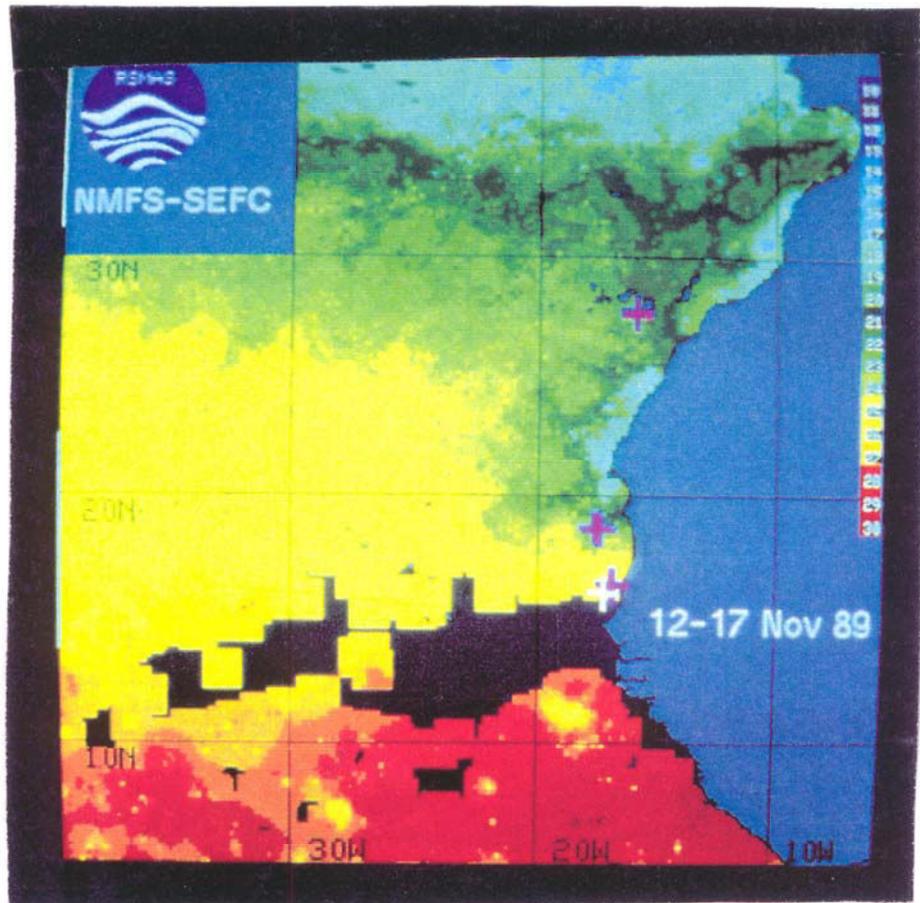


Fig 6.30

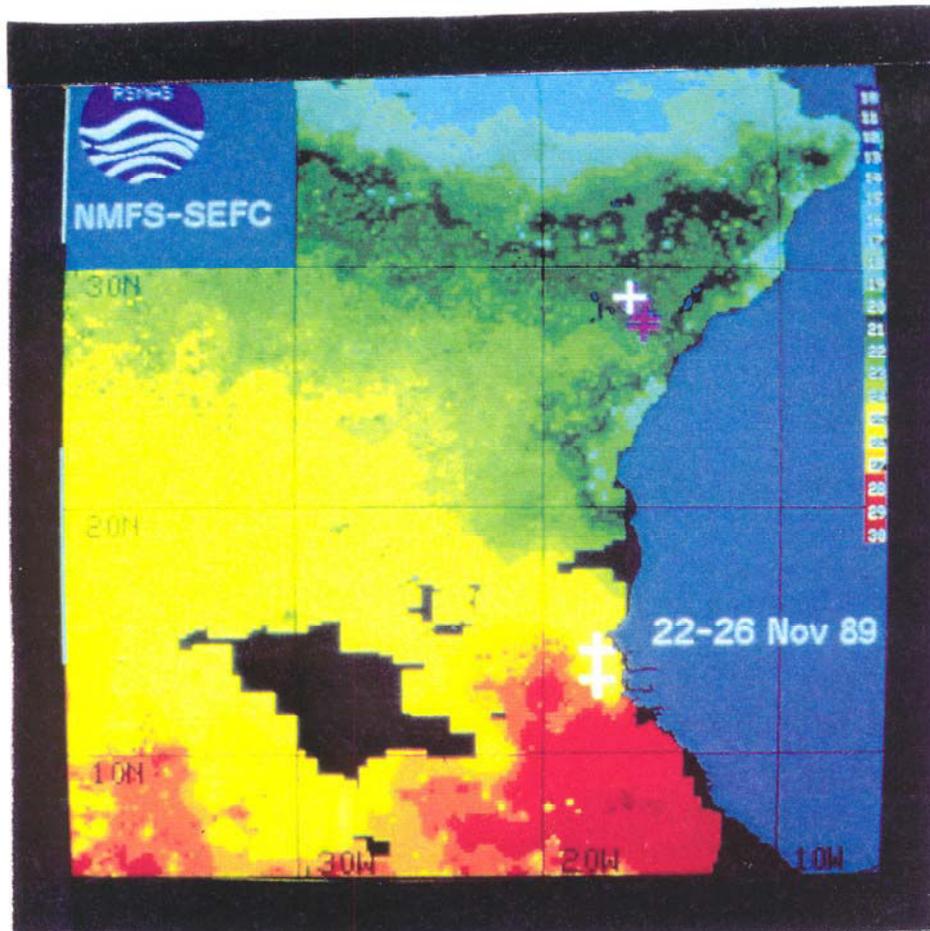


Fig 6.3p

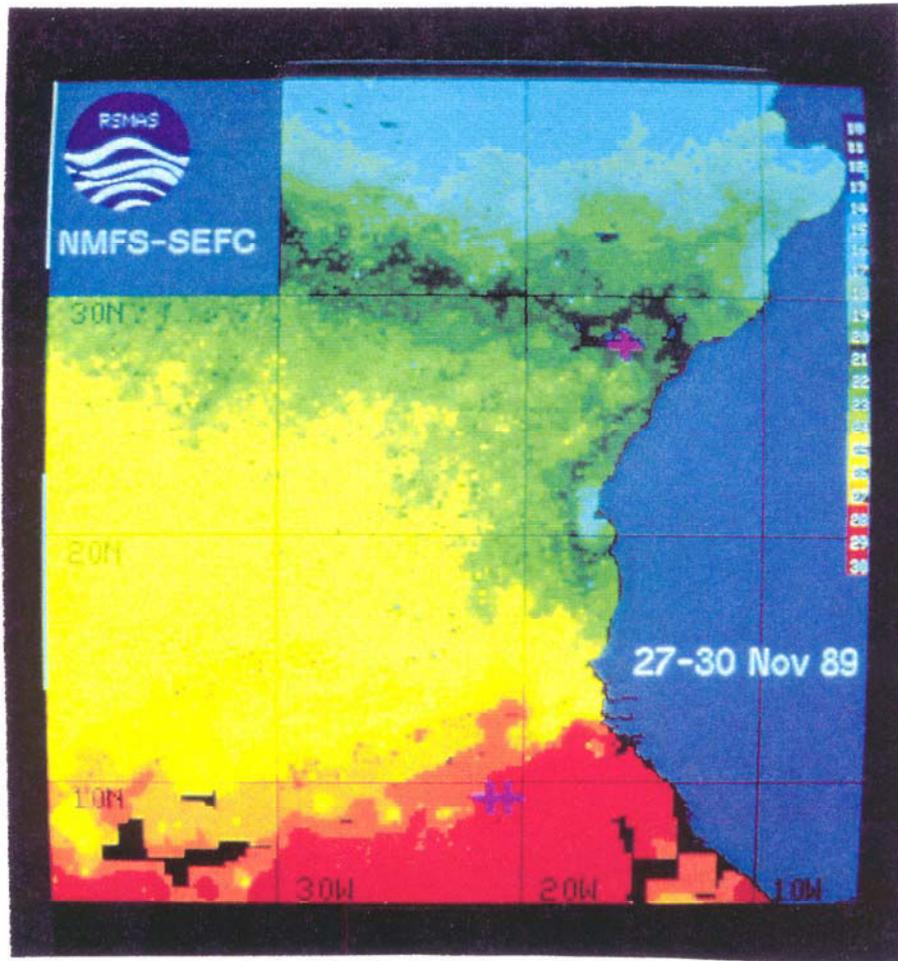


Fig 6.3q

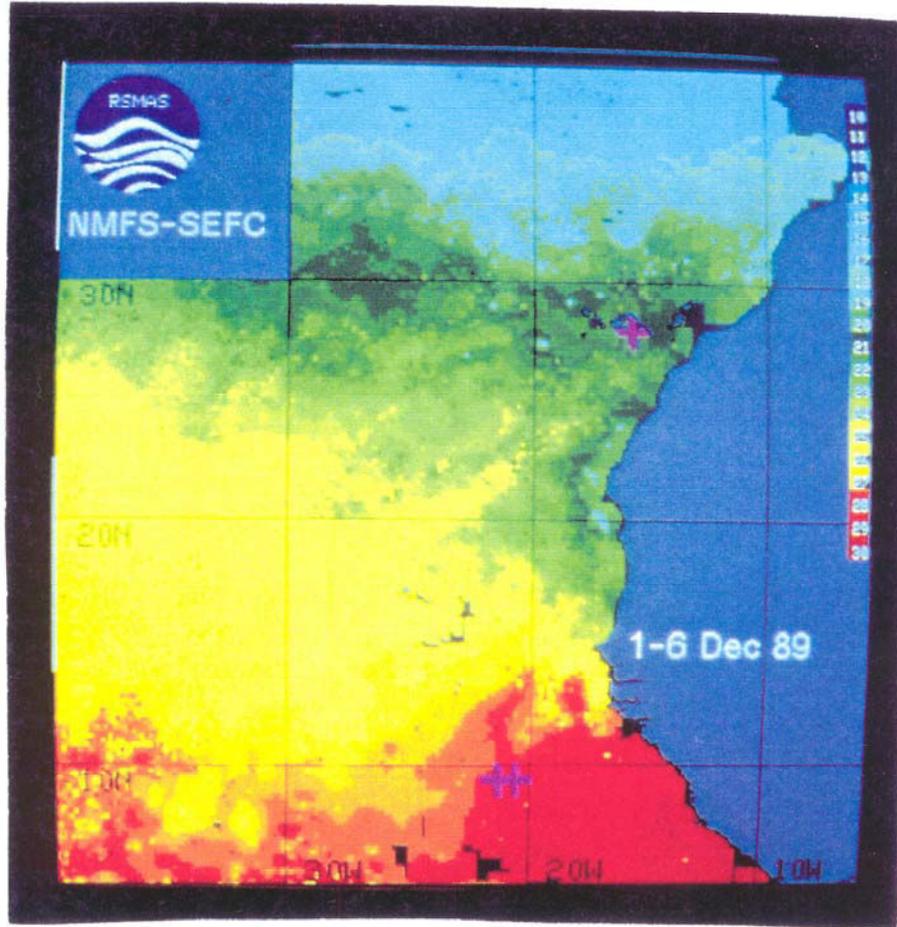


Fig 6.3r

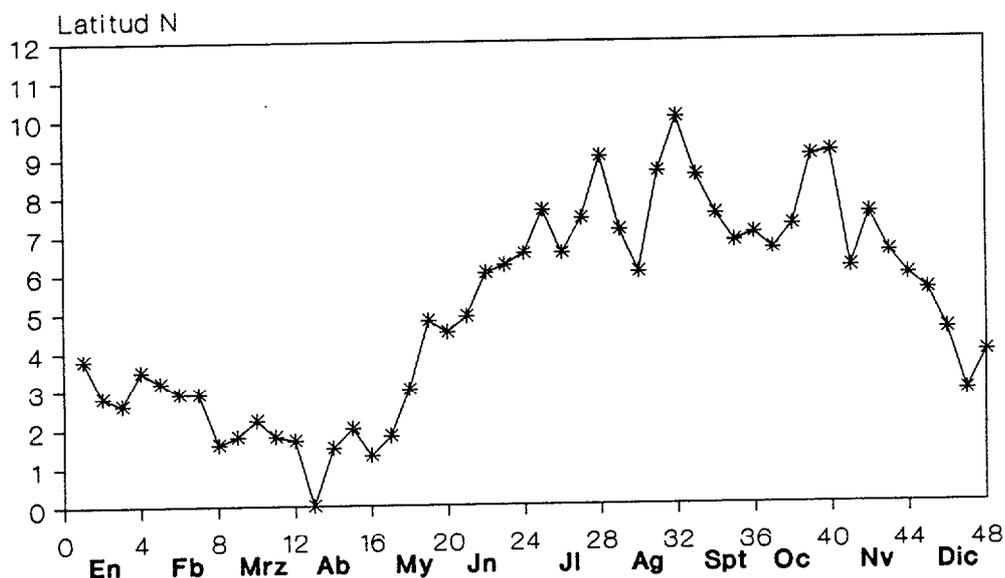


Fig.6.4.- Desplazamiento estacional meridional de la Zona Inter-Tropical de Convergencia en 1989 (Citeau y Denmarq, 90)

Desde septiembre hasta diciembre la situación se invierte. De hecho, se genera un desplazamiento estacional meridional del frente de Azores en sentido contrario (norte -> sur), que cubre desde el paralelo 45 N hasta el 35, asociado con el desplazamiento de la ZITC observado por Citeau & Demarcq, 1990) en el mismo sentido, hacia el sur (*fig 6.3 j,k,l,m,n,ñ,o,p,q y r*).

Con respecto a la respuesta de listado asociada a esta dinámica, al representar los núcleos de captura/esfuerzo de la flota española que opera en esta área, se observa la disposición de estos registros en la primera parte de la temporada de pesca (abril-agosto), asociados a las fluctuaciones pulsativas frontales, principalmente en Cabo Blanco, donde se registran núcleos permanentes de captura en el area frontal. Esta situación puede observarse en las *fig. 6.3 (d,e,f,g,e i)*, donde existen fuertes pulsos de Afloramiento, principalmente en el área de Cabo Blanco. Además, aunque de forma más estacional y anecdótica, existen núcleos de captura asociados a la dinámica frontal en el paralelo 25 N (*fig 6.3 h y j*), correspondientes al mes de agosto y principios de septiembre, con un intervalo intermedio (*fig 6.3 i*), en el que el afloramiento se intensifica y no se generan núcleos de captura. Al representar los rendimientos de captura (CPUE) por latitud y por estación

climática se observa de forma clara un desplazamiento hacia el norte en primavera-verano, y hacia el sur en otoño, asociada con los desplazamientos hacia el norte o sur de la ZITC (*fig. 5.10*), así como al calentamiento progresivo de la temperatura superficial en el mismo sentido.

Por tanto el resultado más importante a escala sinóptica es la respuesta del listado en el mismo sentido y dirección a las variaciones estacionales meridionales de la temperatura superficial del mar, asociada al desplazamiento en el mismo sentido de la ZITC.

6.5.2.2.- Relaciones a mesoescala (27-30 N, 13-19 W).

A nivel mesoescalar, se observa una variación mensual zonal de la temperatura superficial del mar, con un gradiente longitudinal negativo desde el oeste (18 W, islas de la Palma y Hierro), hacia el este (15 y 14 W, islas de Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote), como puede verse en la *fig. 6.3* (a,b,c,d,e,f y g). Ya se ha discutido en las características oceanográficas del área, que este calentamiento progresivo es una fenomenología periódica típica del Archipiélago Canario (Nykjaer, 1988; Hernández- Guerra, 1990) (*fig. 6.3 a* hasta la *r*). Su origen se debe a que el desplazamiento estacional meridional en latitud de la ZITC no es homogéneo en longitud. La intensificación del gradiente isobárico entre los núcleos de altas presiones centrados en Azores y las bajas presiones (ZITC), determina la intensificación de los vientos alisios de componente N - NE y como resultado directo la intensificación de los pulsos de afloramiento de Cabo Blanco (*fig 6.3 d,e,f,g h e i*). Como consecuencia, se genera una dinámica frontal que determina un gradiente longitudinal negativo de la temperatura desde el oeste hacia el este del paralelo 20. Este gradiente agua caliente-agua fría es por tanto el principal causante del desplazamiento no homogéneo de la ZITC hacia el norte, así como de la presencia de una lengua térmica a la altura del Archipiélago que entra desde las islas más occidentales (Palma y Hierro) hacia las más orientales (Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote). Esta lengua térmica sin embargo, no debe ser interpretada como un movimiento advectivo de la masa de agua en el mismo sentido. De hecho, la Corriente de Canarias fluye desde el NE hacia el SW con lo cual este efecto sólo es determinante en lo que se refiere a la temperatura y en cierta forma y directamente relacionada con ésta, a las

características físicas biotópicas del fluido en cuestión. Para detectar las posibles influencias que esta "deriva térmica" ejercía sobre los cardúmenes de listado en el área, se recurrió a las series de datos históricas de captura y esfuerzo por isla y por mes con vistas a observar posibles cambios espacio-temporales en su distribución. De esta forma y utilizando al serie de datos de captura aportada por el programa desarrollado por Santos-Guerra *et al.*, 1983; González-Ramos (1989) superpuso los registros de captura por Islas con el desplazamiento mensual y zonal de las isothermas superficiales. González-Ramos (*opt.cit.*) encontró que en los meses de mayo, junio y julio, los registros de captura seguían una dinámica oeste-este en el mismo sentido que la isoterma superficial de 23 grados, dentro del rango óptimo de requerimiento fisiológico de esta especie según los resultados de Stretta & Slepoukha (1986). Al representar para este año los registros de captura por isla y por mes, se observa un desplazamiento modal desde el oeste hacia el este. Este desplazamiento necesitaba ser contrastado con las series de datos y resultados correspondientes a años posteriores, con vistas a observar si esta era la tónica habitual de el comportamiento del listado en relación a las estructuras mesoescales mensuales observadas en el área. Para ello se seleccionaron dos islas, Palma (28,45 N, 18 W) y Gran Canaria (28 N, 15,30 W), por ser las que mejor cobertura de información presentaban tanto en lo que se refería a registros de captura, como de esfuerzo diario para una serie de datos que cubría desde 1985 hasta 1989. Además, su disposición geográfica para el estudio de este aspecto era muy ventajosa debido al decalaje en latitud de dos grados y medio entre ellas. Sin embargo, cuando las informaciones procedentes de las distintas cofradías de pescadores lo permitían, se utilizaban también registros correspondientes a otras islas.

En la *fig.6.5* se representan los registros de CPUE mensuales por isla para el periodo 1983-89. Los máximos correspondientes a la isla más oriental (La Palma) se dan a comienzos de la temporada de pesca, mientras que los de la isla de Gran Canaria se dan posteriormente.

6.- RELACION LISTADO - MEDIO AMBIENTE EN EL AREA

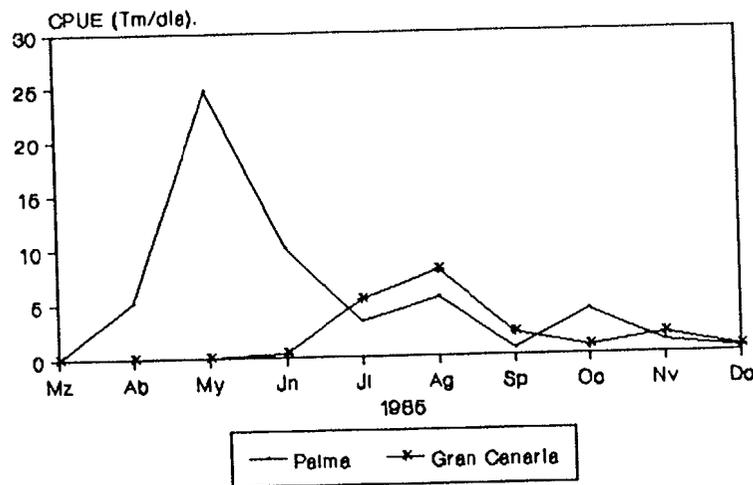
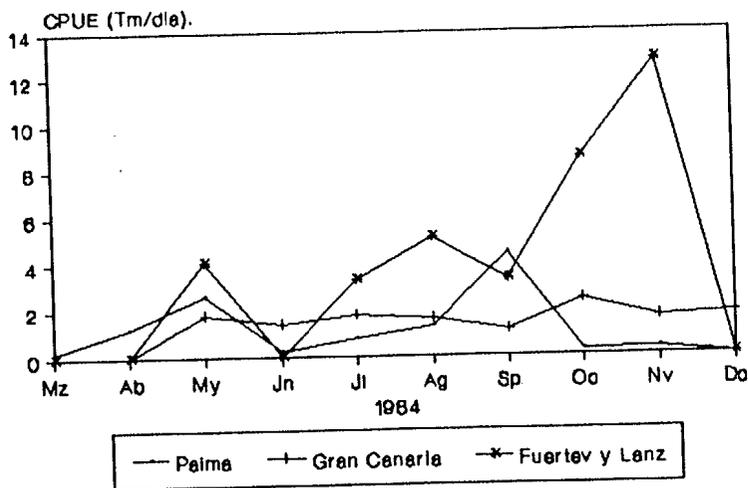
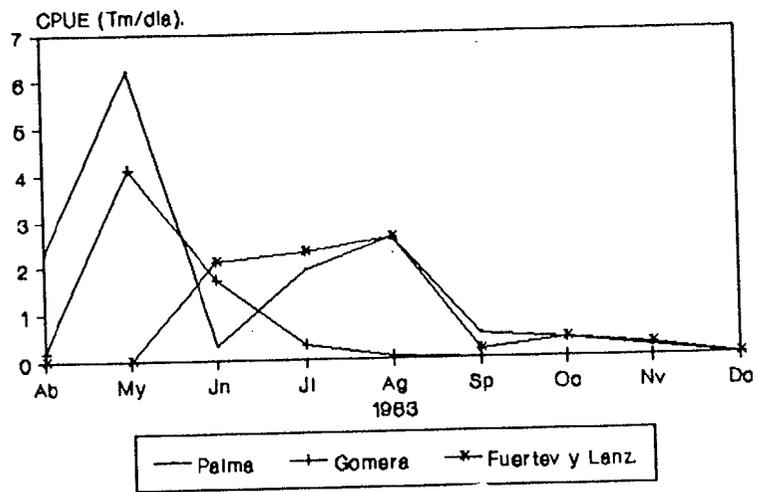
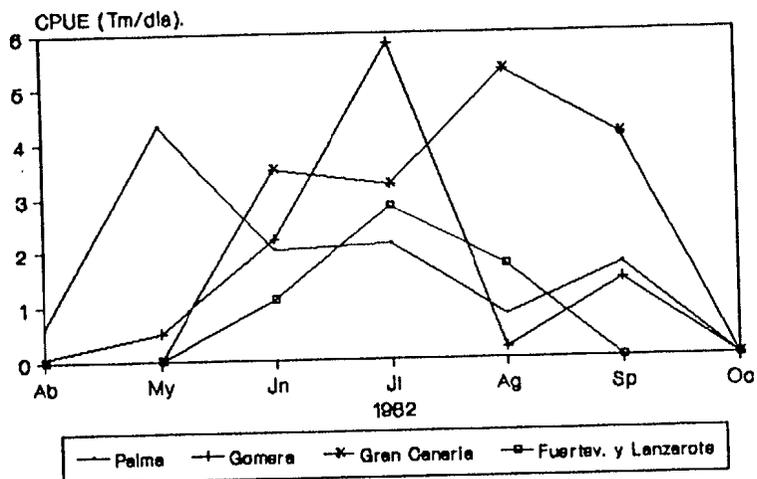


Fig.6.5.- Evolución mensual de las capturas de listado a nivel mesoscalar en el Archipiélago Canario (1982-87).

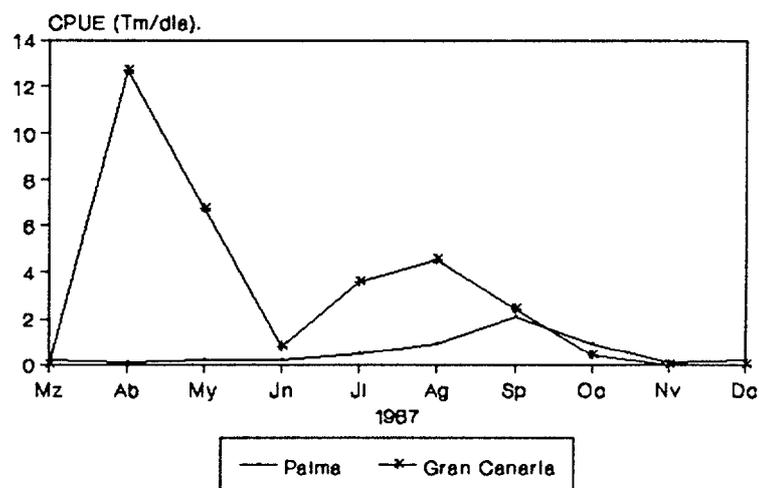
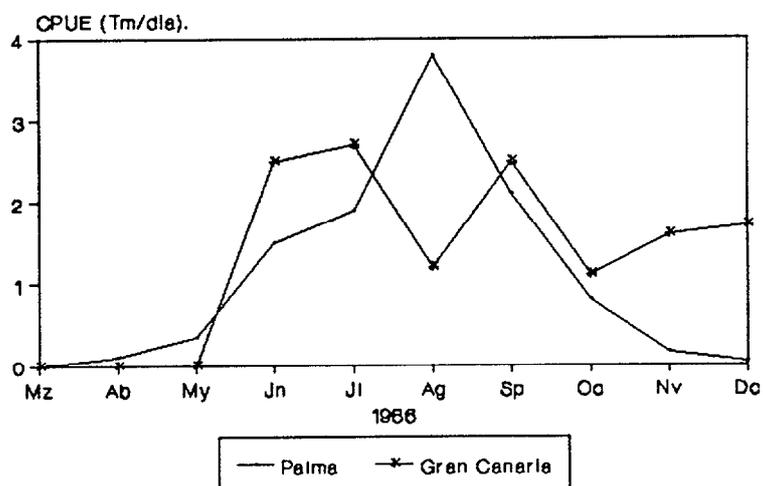


Fig.6.5.- (Continuación)

En la estación otoñal (octubre, noviembre y diciembre), de las *figuras 6.3 k, l, m, n, ñ, o, p, q y r*, se deduce que el enfriamiento progresivo zonal hacia el sur coincide con el de la ZITC en el mismo sentido (Citeau & Demarcq, 1990). En este caso si que es homogéneo en longitud, excepción hecha a los últimos días de noviembre y los primeros de diciembre, debido a la presencia del afloramiento de Cabo Ghir (31 N, 10 W) (*fig. 6.3 q y r*) cuando los registros de captura de listado son muy anecdóticos y parecen no estar

relacionados con esta dinámica. Es este desplazamiento meridional otoñal homogéneo en latitud y en dirección sur el que podría explicar la ausencia de trasvase de registros de CPUE en sentido contrario. En su ascenso latitudinal primaveral, los listados están relacionados con la presencia de una situación oceanográfica frontal a la altura de Cabo Blanco, situación que no se da a su vuelta en invierno desde el Norte. El único pulso de Afloramiento importante se da en Ghir, pero su posición y extensión longitudinal no parecen influir en gran medida como en el caso de Cabo Blanco (20 N). En ocasiones como se ve en las imágenes correspondientes al final de la temporada de pesca (octubre - noviembre) estos pulsos de Ghir generan acumulaciones de listado en esta área, que explicarían los pulsos de captura/esfuerzo al este del Archipiélago.

Por tanto el resultado más importante a nivel mesoescalar es la deriva zonal mensual de registros de CPUE desde las islas occidentales hacia las orientales como puede verse en la *fig. 5.6* y asociada a la deriva térmica en el mismo sentido observada en el desplazamiento estacional meridional de la ZITC.

6.5.2.3.- Relaciones a sub-mesoescala (27-28 N, 15-16 W).

Además de las relaciones con las características oceanográficas a escala sinóptica y a mesoescala, era necesario implementar la relación entre listado y las estructuras oceanográficas a sub-mesoescala. La presencia de un elevado porcentaje de captura en la parte suroeste de cada una de las islas que conforman el Archipiélago debían responder, a la dinámica oceanográfica de estas zonas además de los inherentes condicionantes de tipo trófico. De hecho, la pesquería de caballa en la zona se puede considerar como de las más productivas puesto que es efectuada por trañeros que operan durante prácticamente todo el año (Castro, 1991), denotando una disponibilidad de alimento para el listado en el mismo sentido. Sin embargo, la pesquería de listado es meramente estacional, no existiendo en invierno cuando la pesquería de caballa sigue funcionando a los mismos niveles. Es por esto que deben existir razones de tipo ambiental para la ubicación en estos sectores insulares, que actuarían de forma sinérgica al otro factor condicionante de la presencia de listado en el área: el alimento.

Para ello se diseñó un programa en el seno de un Proyecto CICYT (Comisión Intergubernamental de Ciencia y Tecnología), que pretendía ampliar el conocimiento de la dinámica generada por la presencia de las islas al flujo normal de la Corriente de Canarias. Se llevó a efecto una campaña oceanográfica (junio 1990) siguiendo la metodología descrita en el capítulo correspondiente.

6.5.2.4.- Resultados.

El primer paso fue el desarrollo de un modelo informático quasi-geostrófico regional (Sangrá, 1991; Ramos *et al.*, 1991; Ramos y Sangrá, 1992) que tenía por objeto el estudio de la perturbación que la presencia de un obstáculo (en este caso una isla) presentaría al flujo normal de una corriente. Para ello se seleccionó una ventana espacial alrededor de Gran Canaria ($Lx: 173 \text{ km}$, $Ly: 259 \text{ km}$) con una malla espacial de 5.4 km (*fig. 6.6*). El resultado más interesante fue la generación en un paso temporal de una semana de vórtices de Von-Karman de tipo ciclónico y anticiclónico (*fig. 6.7*). Si bien el modelo consideraba el caso más simple, esto es, la generación barótrófica de vórtices en un fluido monocapa, cabría esperar que al ser extrapolado al caso real de Gran Canaria el efecto debe ser análogo. De hecho, Nykjaer (1988) y Hernández-Guerra (1990), describen núcleos fríos observados en los canales entre Tenerife y Gran Canaria y en el caso más general en el sector suroeste de las distintas islas debían estar relacionadas con este tipo de estructuras sub-mesoescalares. Los registros CTD "in situ" según el plan de campaña mostrado en la *fig. 6.6* demostraron que efectivamente existía una elevación termoclínica en las estaciones del sector suroeste, al ser comparadas con las correspondientes al sector sureste que sufrían un hundimiento a profundidad. Además, fue detectado un cuerpo de mar estratificado ubicado al sur de la Isla y que presentaba los mayores registros de temperatura (*fig. 6.8*). Estas sobreelevaciones al suroeste presentaban una forma cupular de las distintas superficies isotérmicas y deben estar relacionadas con la inclusión de nutrientes (nitratos) hacia la zona fótica (*fig. 6.9*). Al representar la superficie isotérmica de 18 C sobre 40 estaciones en todo el sector SW-S-SE, se observó la estructura columnar térmica de fluido correspondiente a Gran Canaria (*fig. 6.10*) y la generación de un cuerpo de mar o "bolsillo" al sur de Gran Canaria,

donde se ubica la mayor pesquería y concentración de caballa de la isla (Castro, 1991, Lorenzo, com. pers).

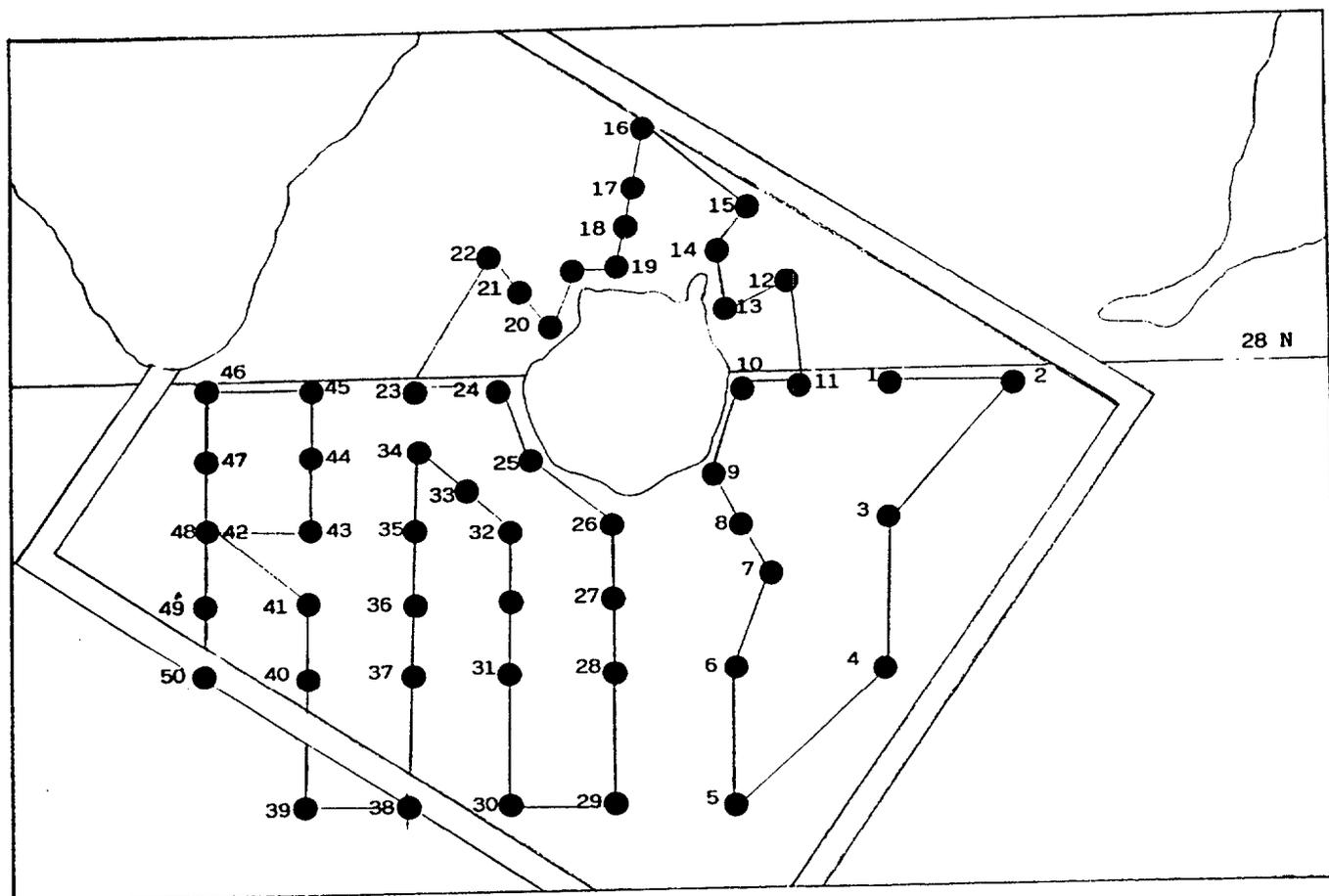
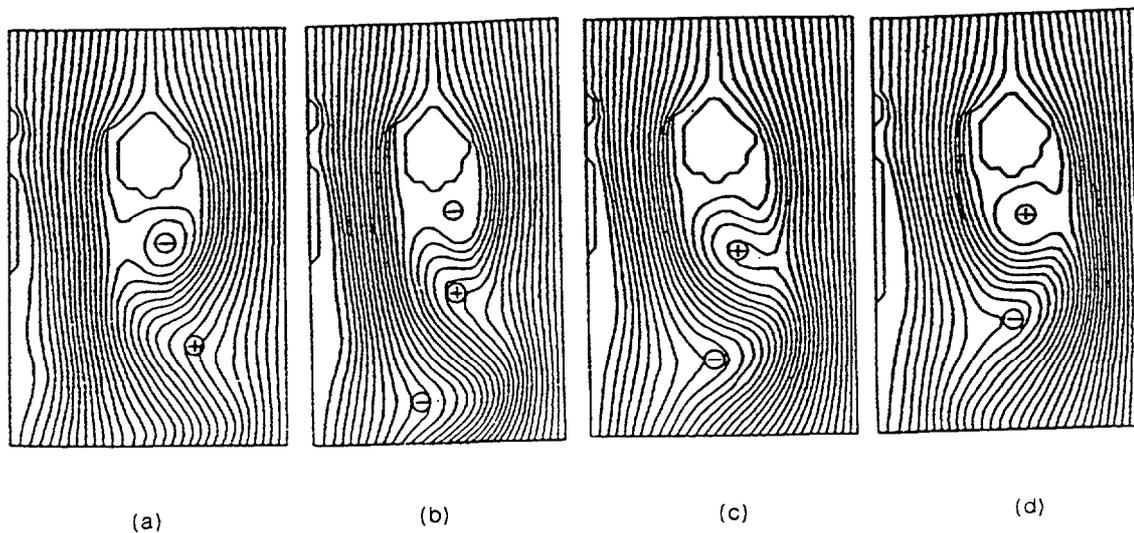


Fig 6.6.- Ventana espacial sub-mesoescalar y plan de estaciones muestreado en junio de 1990 (EMIAC 9006).



El lapso temporal entre (a) y (d) es de una semana.

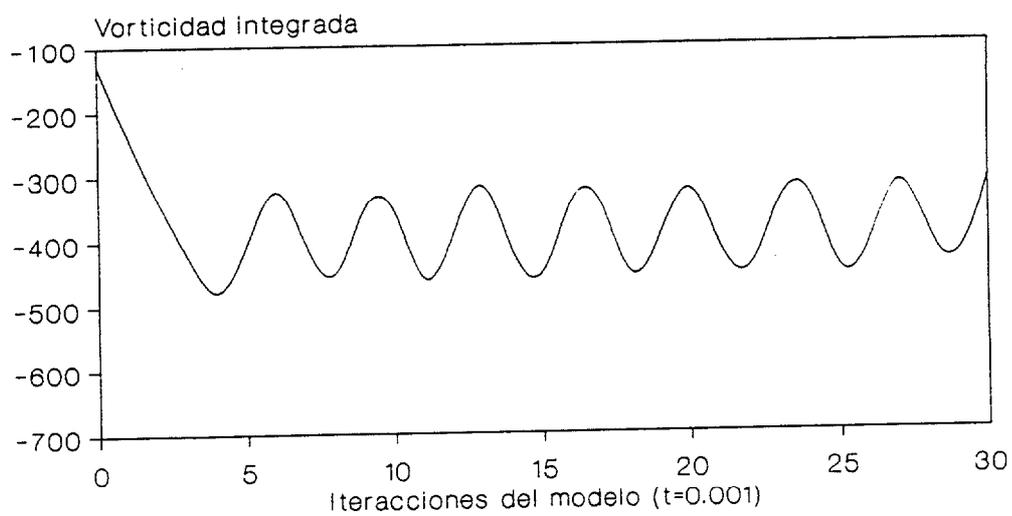


Fig.6.7.- Generación de vórtices + y -.
(Re=200). Función de corriente barótro-
pa despues de 23500, 24000 y 25000 iter.

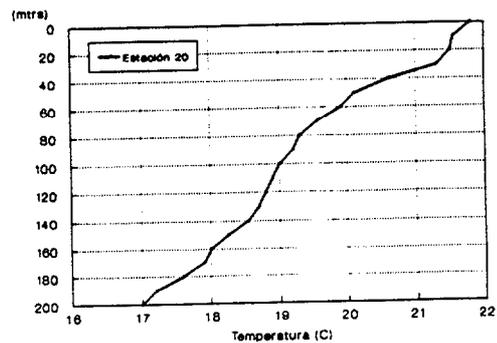
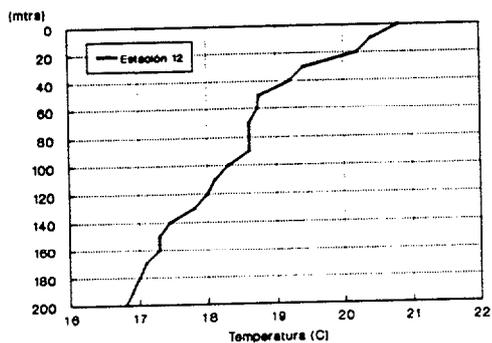
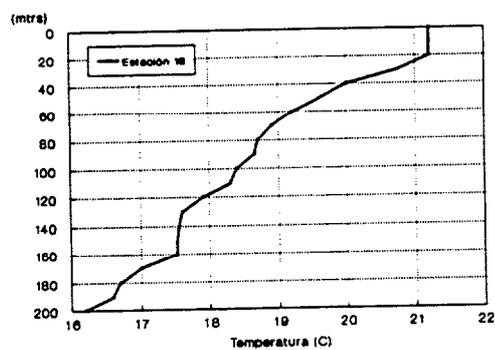
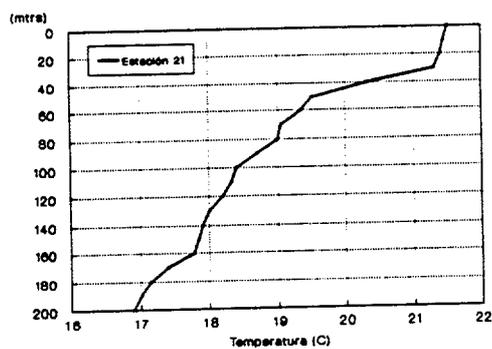
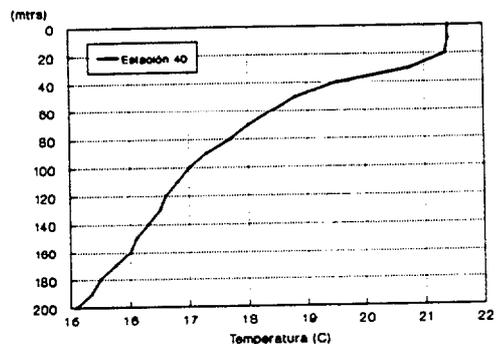
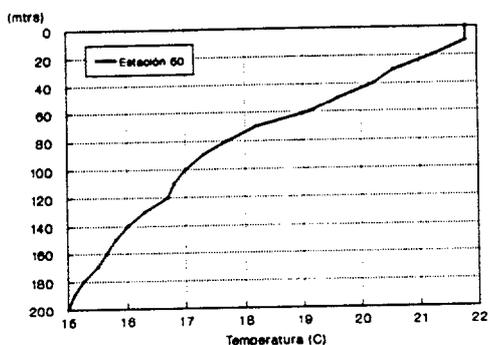
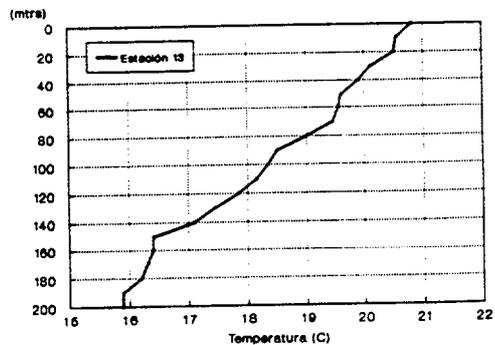
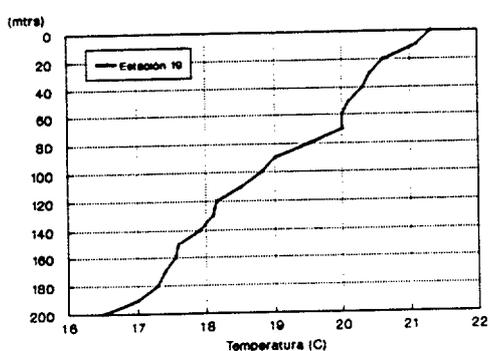


FIG. 6.8 - Termoclinas correspondientes_a

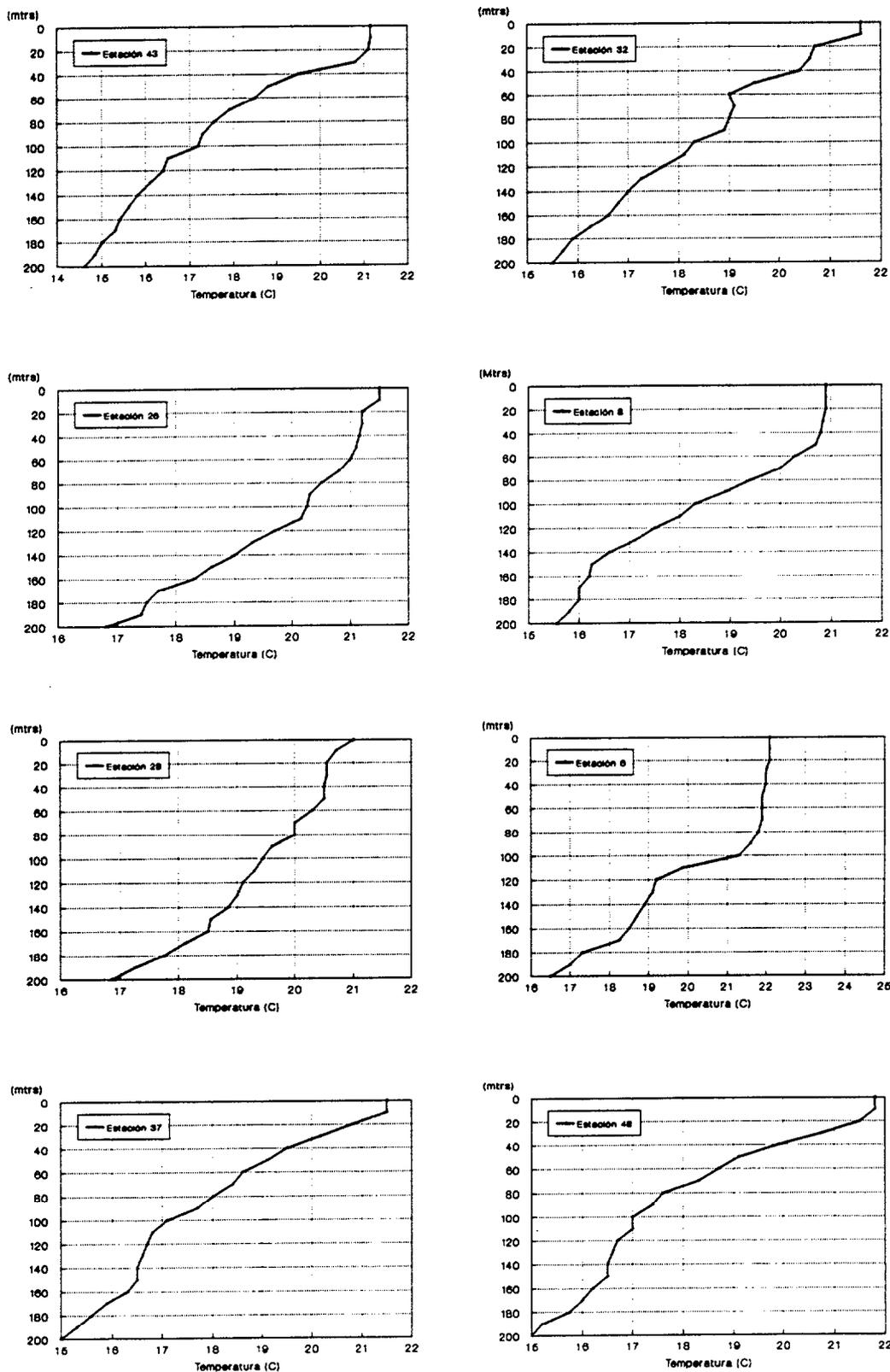
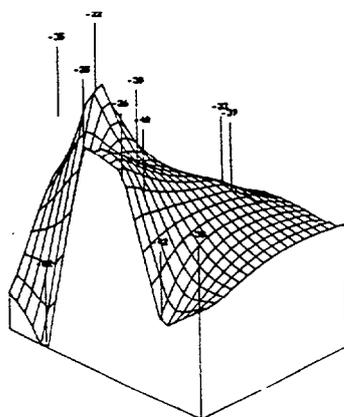
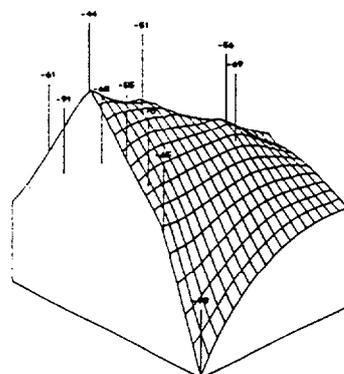


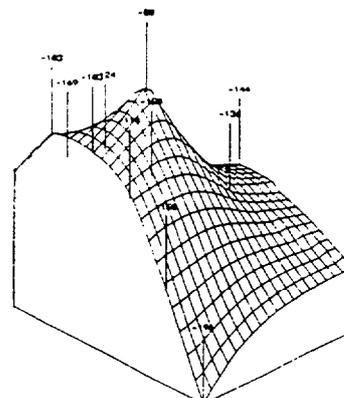
Fig.6.8.- (Continuación)



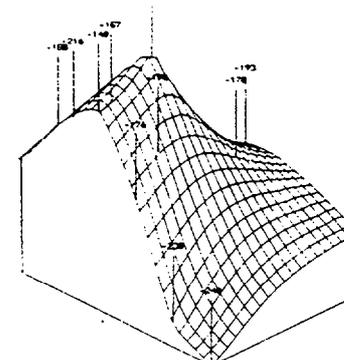
Prof. 21 Grados



Prof. 19 Grados



Prof. 17 Grados



Prof. 16 Grados

Fig.6.9.- Superficies isotérmicas de las temperaturas de 21,19,17 y 16 grados C

Además de esta situación, fue necesario el desarrollo de un muestreo que tuviera como finalidad la ubicación de registros de CPUE de listado (predador) y caballa (presa) en relación a esta estructura. Este muestreo fue desarrollado en el mes de junio por ocho barcos artesanales (trañeros y de cebo vivo) que operaban en el área, observándose una situación muy interesante en relación a las estructuras de fluido observadas.

Al representar conjuntamente estos núcleos de CPUE en relación a la estructura térmica sinóptica obtenida por las imágenes de satélite de temperatura superficial para los días de campaña (*fig. 6.11 a y b*), se observó que en la primera situación (7 de Junio) la situación térmica superficial se correspondía con la observada a profundidad. De esta manera existía un núcleo frío en el sector suroeste de Gran Canaria y un cuerpo de mar mucho más caliente a modo de pasillo al sur. Los mayores rendimientos en esta situación fueron localizados en el pasillo térmico, entre los núcleos de sobreelevación y hundimiento (vorticidades positiva y negativa) de la termoclina, esto es en las áreas de vorticidad nula. La siguiente situación era aun más esclarecedora; con la homogeneización progresiva de la estructura térmica superficial alrededor de toda la Isla y la consiguiente desaparición de la vorticidad relativa en superficie hacia ambos lados de la isla, los registros y localizaciones CPUE parecen responder en el mismo sentido, ampliándose la zona de pesca hacia ambos sectores.

6.5.2.5.- Discusión.

Las variaciones espacio-temporales sub-mesoescalares de la distribución local de listado muestran que éstas, están relacionadas con las condicionantes oceanográficas asociadas a la perturbación generada por la presencia del Archipiélago al flujo normal de la Corriente de Canarias. Ya se ha demostrado mediante el estudio de índices gonadosomáticos y de condición que el área canaria no es un área de reproducción de listado y que la disponibilidad de pelágicos medianos del área (escómbridos principalmente) parece ser suficiente para sostener la biomasa de túnidos que arriban de forma estacional al área canaria. Asimismo, las imágenes de temperatura superficial, la toma de medidas "in situ" y los núcleos de CPUE muestran un cuerpo de mar muy

caliente y estratificado al sur de Gran Canaria asociado a la presencia de un efecto de masa de isla. Además se detectó la ubicación de un núcleo de vorticidad positiva al suroeste y uno de vorticidad negativa al sureste. Los resultados preliminares del modelo ya citado, sugieren que uno de los mecanismos de generación de estas estructuras podría ser un "vórtex de corte" de Von-Karman. Bajo ciertas características de flujo (estrechamiento entre canales y determinados números de Reynolds), se generan ambas estructuras, confirmadas por registros "in situ" e imágenes de satélite como una situación periódica manifiestamente típica de esta área. Entre ellas se presenta un área de agua caliente mucho más estratificado y de vorticidad nula donde se localizan los mayores registros de captura y donde el listado permanecería en condiciones de temperatura y alimento óptimas a sus requerimientos. Cuando la estructura de vórtices desaparece en superficie, la respuesta de listado no se hace esperar, manifestándose en los registros de CPUE utilizados como indicadores de abundancia una ampliación de la zona de distribución alrededor de ambos sectores este y oeste de la isla donde antes se localizaban los núcleos de vorticidad, desplazándose hacia aguas más septentrionales o hacia otras islas.

El resultado más importante a sub-mesoescala según este trabajo sería la ubicación de listado en los núcleos de vorticidad nula donde encuentran las condiciones de alimento y temperatura (únicos factores limitantes de presencia de esta especie en esta área) óptimos a sus requerimientos fisiológicos.

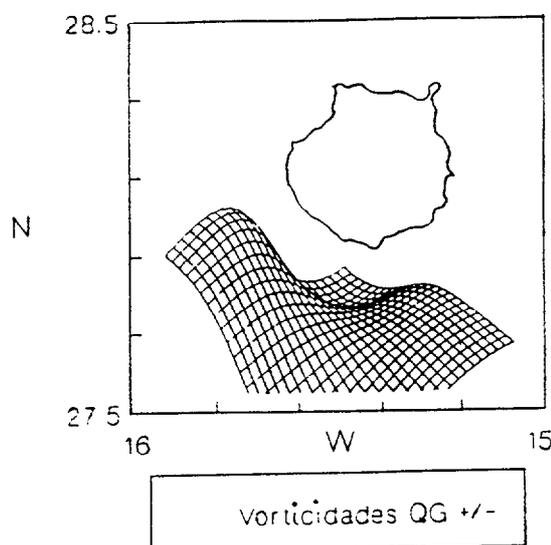


Fig.6.10.- Representación tridimensional de la superficie isotérmica de 18 grados

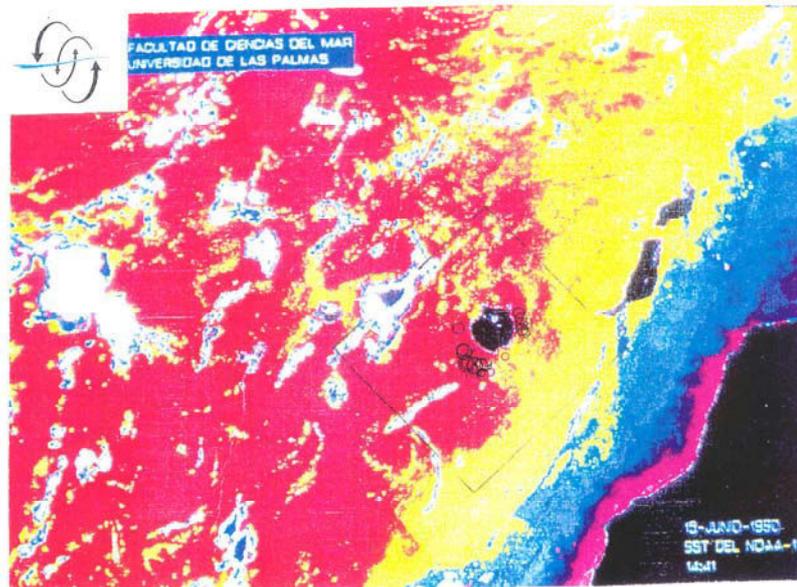
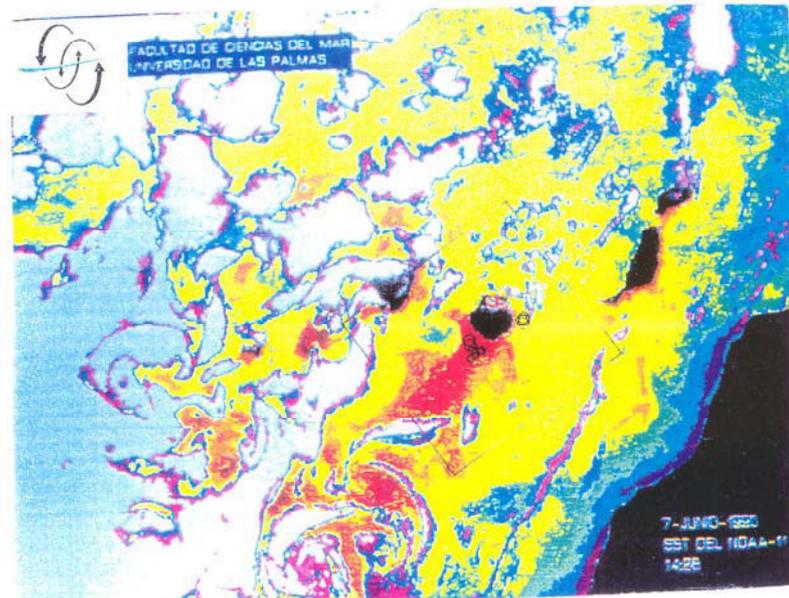


Fig.6.11.- Imágenes de alta resolución de temperatura superficial (junio 90) y representación conjunta de núcleos CPUE.

**7.- VISION GLOBAL DE LA
BIOECOLOGIA DE LISTADO EN EL
AREA CANARIA.**

7.1.- INTRODUCCION.

Se ha discutido que 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).

El listado no es una especie poiquiloterma estricta, 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; Sund *et al.*, 1981; Stretta & Petit, 1989; Stretta, 1991). De hecho, en este trabajo se ha mostrado 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).

7.2.- BIOECOLOGIA DE LISTADO EN EL AREA CANARIA.

Las aguas canarias no es un área de reproducción de listado. En el muestreo biológico llevado a cabo en este trabajo, 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). Existe, como se ha discutido, una gradación migratoria desde el Golfo de Guinea hacia el norte de individuos de tallas distintas en estratos temporales también distintos. Estos individuos presentan tallas comprendidas entre 37-70 cm en longitud furcal y edades entre dos y seis años, perteneciendo a grupos de adultos con estadios gonadales superiores a los considerados por Cayré & Farrugio (1986) como de inmadurez sexual. Es por ello que se abordó en este trabajo la posibilidad de que existiera algún tipo de razón de tipo reproductivo que impulsara la migración de listado hacia el norte y su posterior llegada al área canaria. Sin embargo, los resultados así como las distintas campañas desarrolladas en esta área confirman que no existe reproducción masiva de esta especie y que las razones de su presencia debía estar más relacionada con razones de tipo ambiental o trófico.

De hecho, la disponibilidad de alimento parece ser suficiente puesto que la oscilación temporal de los Índices de Condición calculados según el cociente peso real - peso teórico (calculado a partir de la relación peso-talla), fue estadísticamente estacionaria en sus niveles óptimos. A la vista de los resultados obtenidos sobre los índices gonadosomáticos de reposo, las posibles variaciones fuertes por debajo de estos niveles óptimos deberían estar asociadas por tanto a una mala alimentación más que a un proceso de maduración sexual masivo.

Además se demostró el carácter de oportunista trófico de esta especie que se alimenta sobre el pelágico mediano más importante del área (caballa) y en el rango de tallas observado sobre esta especie en el periodo estacional que el listado permanece en esta área. Los análisis de caballa consumida en condiciones naturales, así como el rango de tallas de predación observado en los contenidos sugieren este carácter oportunista. Una gran cantidad de este escómbrido, uno de los más importantes del área (Bakun & Parrish, 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 presbyter* (4 %) y la boga *Boops boops* (14.6 %). También se obtuvieron registros no significativos de cefalópodos inidentificados y sardinas *Sardinella aurita* (5 % del peso total consumido).

7.3.- LISTADO - CONDICIONES AMBIENTALES.

ICCAT (1986), estableció la migración de listado en el Atlántico Nororiental según los resultados de distintas campañas de marcado, observándose un desplazamiento hacia el Norte desde aguas del golfo de Guinea hacia Canarias, Madeira y Azores. Se demostró que esta migración estaba relacionada con las variaciones estacionales meridionales sinópticas de la temperatura superficial marina. Desde la primavera hasta el verano, se observó un desplazamiento del frente de Azores hacia áreas más septentrionales, debido al sobrecalentamiento estacional del océano en el hemisferio Norte y al desplazamiento de la ZITC en el mismo sentido, invirtiéndose la situación de otoño a invierno.

Se demostró además una variación mensual de registros de CPUE desde las Islas Orientales (Palma y Hierro) hacia las Occidentales (Lanzarote). Esta deriva parecía estar relacionada con la oscilación mesoescalar zonal de la temperatura superficial en el mismo sentido y asociada a su vez con las variaciones pulsativas del afloramiento africano (principalmente Cabo Blanco) y las perturbaciones al flujo generadas por la presencia de las Islas.

Finalmente, se observó una variación semanal local (aguas de Gran Canaria) de registros de CPUE de listado y caballa. Se detectó una buena relación entre las características oceanográficas sub-mesoescalares asociadas a la perturbación al flujo normal de la corriente generada por la presencia de la Isla, y la presencia de núcleos de pesca de listado y caballa. Las principales características fueron: Una estela de agua caliente al sur de la isla (Nykjaer, 1988; Hernández-Guerra, 1990), donde se encontraron los principales registros de CPUE de ambas especies, así como un remolino ciclónico (suroeste) donde no se detectó la presencia de éstos.

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 y como se ha demostrado en este trabajo, las condiciones oceanográficas y ambientales influyen marcadamente sobre los movimientos de listado como resultado de sus mecanismos de termorregulación que hacen que seleccione muy bien las áreas donde se ubican, buscando que estos sean óptimos a sus requerimientos fisiológicos. Se ha discutido según los resultados una clara relación entre la dinámica oceanográfica a gran y pequeña escala (oscilaciones de la temperatura superficial) 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 está relacionada con la dinámica oceanográfica a escala sinóptica (estacional y espacialmente (O) 1000 km), a escala mesoescalar (mensualmente y (O) 100 km) y a escala sub-mesoescalar (semanalmente y (O) 10 km):

1.- Los resultados muestran que el listado está fuertemente relacionado con

la dinámica frontal asociada con las fluctuaciones pulsativas del afloramiento del NW africano, 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 del agua determinan esta situación (Laurs *et al.*, 1984). Como predador visual, las agregaciones de listado mencionadas anteriormente reflejan su incapacidad para capturar presas de pequeño tamaño en aguas afloradas turbias (alta concentración de materia orgánica) y frías. 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, Blackburn 1965; Laurs *et al.*, 1984; Fiedler & Bernard, 1987). Es por esto por lo que el área frontal definiría la mejor trayectoria 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 temperatura superficial asociada a la deriva de la ZITC hacia el norte. Como se ha discutido, el listado no es un poiquiloterma estricto y consecuentemente, sus movimientos deben verse afectados por la deriva antes mencionada. De hecho y siguiendo la deriva de tipo meridional de la temperatura superficial, existe a su vez un sucesivo desplazamiento de los núcleos de pesca desde Cabo Blanco hacia el área de Canarias. Se sugiere que la mejor trayectoria para sus migraciones hacia el norte podrían ser las fluctuaciones pulsativas del área frontal generada por el afloramiento del noroeste africano, siendo los regímenes de vientos alisios del noreste altamente favorables para el desarrollo de esta situación (Nykjaer, 1988).

2.- En aguas canarias, se detecta una deriva de registros de CPUE desde el Oeste hacia el Este en varios años correspondientes a la pasada década. Además, se ha detectado la entrada de una lengua de agua caliente orientada desde el suroeste hacia el noreste en el mismo sentido (*fig. 6.3 a* hasta *r*). Se sugiere que esta deriva desde verano hasta el otoño, 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.

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

Las imágenes de satélite, los registros de CPUE así como los datos "in situ", muestran un área de agua más caliente y muy estratificado al suroeste 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". El núcleo de vorticidad Q-G positivo puede constituir una barrera térmica para posteriores desplazamientos hacia el norte. De hecho, no hay registros de CPUE en esta estructura, estando los mayores núcleos de pesca comprimidos 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 remolino ciclónico al suroeste y uno de carácter anticiclónico al sureste de Gran Canaria. Registros "in situ" correspondientes a diferentes campañas oceanográficas realizadas en esta área han confirmado la presencia de ambas estructuras. Este fenómeno puede ser relacionado a su vez con los desplazamientos verticales de la termoclina al este y al oeste con la consiguiente conformación de "núcleos de vorticidad cero" en el área más caliente al sur de la Isla.

La homogeneización espacial de la temperatura superficial por efecto de la disminución de pulsos de viento alisio, genera la relajación de las estructuras de vorticidad dando paso a una homogeneización de la columna de agua a la que el listado responde dispersándose hacia ambas vertientes de la isla y desplazándose hacia aguas más septentrionales (Madeira y Azores). Se sugiere

que las condiciones de generación del remolino (Corriente de Canarias y número de Reynolds) han desaparecido, generando la homogeinización espacial de la temperatura superficial y la dispersión de listado (*fig 6.7; fig 6.11*).

La ampliación del escaso conocimiento que se tenía sobre esta área, la identificación de las características de sus "respuestas" instintivo-condicionadas hacia distintos escenarios modelizables a distintas escalas y detectables mediante el uso de la teledetección sugirieron el desarrollo de un modelo-proyecto de gestión orientado hacia la optimización de este recurso vivo renovable en esta área, principalmente si se tiene en cuenta el régimen de subexplotación al que esta sometido en el Atlántico oriental.

8.- METODOLOGIA PARA SU GESTION Y EXPLOTACION

8.1.- INTRODUCCION.

La pesquería de listado en esta área como se ha discutido en el *capítulo 5*, genera una de las mayores fuentes de ingresos para el sector pesquero de la Comunidad Canaria. Es por esto que se hace necesaria la gestión racional de este recurso, gestión no solo orientada hacia investigaciones de la estructura bioecológica de su biomasa y su interrelación con el medio circundante, objeto fundamental de este trabajo; también se hace necesaria la toma de medidas socioeconómicas que contribuyan a la reestructuración del equilibrio extractivo. En este sentido, subvenciones como las de "protección de precios de mercado" ofertadas por el "Fondo de Regulación del Mercado de Productos Derivados de la Pesca y Cultivos Marinos (F.R.O.M.)", las de modernización de flota de la Comunidad Europea, o la política de reconversión industrial en el sector conservero canario hacia la congelación y posterior exportación, pueden dar lugar a la optimización de una flota que ejerza su esfuerzo de forma más acorde con el potencial extractivo de esta área. Este proceso reequilibraría las actividades de esfuerzo pesquero de esta flota artesanal sobre los recursos costeros, actualmente sometidos a un régimen extractivo muy intenso debido a las pocas expectativas económicas de la actividad atunera.

Tradicionalmente, la pesquería artesanal canaria se dedicaba a los túnidos de forma estacional, alternando su actividad atunera con la pesquería invernal local de nasa y palangre sobre otras especies clasificadas como "pescado blanco" de gran demanda en el mercado local. Este equilibrio de esfuerzo de la pesquería de nasa en invierno y de "pescado azul" en verano, mantenía el régimen de explotación sobre el pescado blanco (más susceptible) a unos niveles óptimos de explotación sin resentimiento aparente. El problema surgió en la pasada década debido al cierre progresivo de industrias conserveras locales que tradicionalmente absorbían la captura estacional de estas especies. El encarecimiento de los precios de producción así como la industria derivada en terceros países (Venezuela, Costa de Marfil, Senegal, etc.) de costos más reducidos y que ofertan precios marginales más reducidos de beneficios, hacen que la industria conservera española y más concretamente la canaria no puedan competir en el mercado en igualdad de condiciones ofertando la misma calidad de producto.

En ese sentido, la potenciación extractiva debe enmarcarse dentro de un conjunto de medidas de acción, sobre todo si tenemos en cuenta las posibilidades que ofrece el recurso "bonito-listado" en esta área (en régimen de subexplotación) pudiéndose aumentar su potencial extractivo. El plan de gestión del recurso que aquí se presenta, tiene por objeto contribuir a la reconversión y modernización mediante la ejecución científica de un programa.

Las posibilidades de los sensores remotos dispuestos a bordo de satélites operacionales en la actualidad, así como los programas espaciales para esta década de NASA y ESA principalmente, pasan por todo tipo de aplicabilidades e investigaciones directas a las distintas actividades antropológicas sobre la naturaleza. La Oceanografía, y dentro de esta la bioecología de especies de interés pesquero, no son una excepción. Entre los sensores destinados a este menester, cabe citar los diseñados para la obtención de temperatura superficial y concentración de pigmentos de tipo clorofílico. Estos dos factores juegan un papel muy importante en las migraciones de Túnidos por dos razones fundamentales:

- Porque los Túnidos suelen moverse en un rango de temperatura que les sea óptimo a sus requerimientos fisiológicos (Sund *et al.*, 1981; Laurs *et al.*, 1984; Stretta & Petit, 1989; Stretta, 1991).

- Por su condición de predadores visuales que se alimentan en aguas claras (baja turbidez), caracterizadas por tener además, concentraciones de oxígeno y temperaturas óptimas (Evans *et al.*, 1981).

Estas dos condiciones se dan simultáneamente en aquellos frentes oceánicos entre dos masas de agua de distintas características, como las afloradas ricas a lo largo de un afloramiento y las oceánicas más claras y pobres que lo circundan. En este sentido, la situación oceanográfica a escala sinóptica de esta área, esto es, las estructuras frontales de Cabo Blanco y Ghir descritas en este trabajo, quedarían ubicadas entre las descritas anteriormente.

Este tipo de trabajos de oceanografía y teledetección operacional aplicadas a la pesquería de Túnidos, ya han sido utilizadas con éxito por las flotas

japonesa, norteamericana y francesa sobre las pesquerías de Túnidos y otras especies de interés comercial. La ubicación en el Archipiélago de una Estación Aeroespacial dependiente del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) (Maspalomas, Gran Canaria), dedicada al archivo de imágenes de distintos satélites operacionales y el desarrollo de un grupo de teledetección en el Departamento de Física de la Universidad de las Palmas, permiten la posibilidad de que existan serias perspectivas de desarrollo de un sistema análogo operacional para la flota artesanal de esta área.

8.2.- OBJETIVOS.

Los objetivos de este grupo deberían incidir en:

- 1.- Aumento del potencial extractivo de Túnidos de la flota artesanal canaria.
- 2.- Optimización científica del uso global de la teledetección en oceanografía, con la importancia que reportaría la plena integración científica de la Comunidad Canaria en programas europeos y a un mayor conocimiento de esta área así como de sus recursos que asegure una buena gestión y su preservación para el futuro.

8.3.- ANTECEDENTES.

Como ya se ha mencionado anteriormente, desde 1981 se han venido realizando trabajos similares con muy buenos resultados (Laurs *et al.*, 1984).

Los Túnidos y más concretamente el listado son especies que seleccionan muy bien los cuerpos de mar donde se ubican por estar sometidos, dado el carácter altamente migratorio de estas especies, a la influencia de factores tanto bióticos (clorofila y alimento) como abióticos (turbidez, oxígeno y temperatura). Las aguas Canarias y adyacentes no son una excepción; en capítulos precedentes se ha demostrado la relación existente entre la presencia de listado en esta área, con la temperatura y concentración de alimento.

La temperatura, es la única componente controlable a gran escala de forma sinóptica, mesoescalar y sub-mesoescalar desde un punto de vista tecnológico, además de su bajo coste y su facilidad de obtención. El resto de las componentes, o bien no suponen factores limitantes, o bien como en el caso del alimento (pelágicos costeros principalmente), son prácticamente imposibles de evaluar a priori, pensando siempre en una posible optimización de las capturas de listado.

En el *capítulo 6* se ha establecido la afinidad sinóptica que existe entre la posición de núcleos de esfuerzo pesquero y el frente oceánico generado entre las aguas afloradas más frías, ricas en alimento y turbias, y las oceánicas más calientes, más claras y sin embargo más pobres representando conjuntamente la variación estacional de la temperatura superficial mediante imágenes de satélite y el establecimiento de zonas frontales en Cabo Blanco y Ghir principalmente. Asimismo, también se ha observado la relación entre los núcleos de vorticidad quasi-geostrófica nula a sub-mesoescala observados por satélite y las agregaciones de listado en estas áreas donde las concentraciones de alimento (caballa principalmente) son elevadas y la estructura oceanográfica, la más óptima a sus requerimientos fisiológicos.

De esta manera, en las *figuras 6.3.a* hasta la *6.3.r*, se puede observar la evolución térmica de esta área donde los pulsos de afloramiento en Cabo Blanco (20 N), acumulan gran parte de los esfuerzos pesqueros más intensos, mientras que en Canarias se observa una progresión térmica desde las Islas Occidentales (Palma y Hierro), hacia las Orientales, en el mismo sentido que lo hacen los esfuerzos pesqueros locales.

Hernández-Guerra (1990) compara dos situaciones en temperatura y clorofila donde se observa una cierta similitud con el afloramiento de California, no solo a nivel de estructuras oceanográficas (filamentos de agua fría desprendida), sino también en clorofila (Laurs *et al.*, 1984). Sin embargo, si hay algo que diferencia la situación atlántica con la que se da en el Pacífico, es la presencia de un Archipiélago que distorsiona la situación. En la *fig. 6.11* se representó la situación sub-mesoescalar entre las estructuras de vorticidad QG y el binomio listado-alimento.

Estos "pasillos" de agua estratificada más caliente en determinados regímenes de viento (NE) al SW de las Islas, así como los jets y filamentos desprendidos del Afloramiento sahariano, prometen mucho como zonas con un elevado potencial de esfuerzo pesquero.

8.4.- METODOLOGIA.

En base a los antecedentes mostrados, se esta trabajando en un programa de actuación actualmente en ejecución.

Desafortunadamente las imágenes de clorofila y turbidez no pueden ser obtenidas por el momento, debido a que en órbita no existe ningún sensor diseñado para tal efecto. El último (sensor CZCS a bordo del NIMBUS-7), dejó de ser operativo en el año 86. Habrá que esperar al lanzamiento del *Sea-viewing Wide Field Sensor (SeaWiFS)* (1993), para poder disponer de imágenes de este tipo. Sin embargo, los sensores de temperatura a bordo de satélites de la *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* americana así como el *Synthetic Aperture Radar (SAR)* del *European Remote Sensing Satellite (ERS-1)* estan plenamente operativos y garantizada su continuidad para el futuro.

1.- Obtención de información. Se hace necesaria la obtención de información vía Cofradías de capturas, esfuerzo (horas) y lugares por día, para tener información fehaciente y estudiar a fondo las distintas situaciones. Para ello se deberá coordinar una red de muestreo a nivel de todas las islas para esta labor.

2.- Análisis de imágenes. Conjuntamente se irán obteniendo imágenes de alta resolución con las que contrastar las informaciones de captura y esfuerzo de captura. Esta labor será realizada por los Grupos de Teledetección (Dpto. Física), y Pesquerías (Dpto. Biología) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, ubicados en el seno de la Facultad de Ciencias del Mar.

3.- Estandarización del método de trabajo. Una vez optimizado el trabajo científico, los resultados y conclusiones serán expuestos a las partes y

podrá pasarse a una fase operativa mediante la creación de una red de información que suministre "cartas termohidrográficas" como se les ha bautizado a los pescadores y siempre vía cofradías o consejería, conformándose un "Grupo Operacional de Pesca" desde la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

8.5.- CONCLUSIONES.

A la vista de los resultados de este trabajo de investigación, sería factible la creación de este tipo de servicios debido principalmente a su viabilidad operativa, su sencillez y las perspectivas de futuro. Con el uso de la Teledetección, la flota atunera de nuestra Comunidad, puede tener como aliado un arma poderosa que les hará caminar hacia el futuro sin desventajas de ningún tipo ante otras flotas de carácter nacional o extranjeras, de mayor poder extractivo en la actualidad. Además, ante los graves problemas de negociación que atraviesan otras pesquerías de nuestra Comunidad (cefalópodos y sardinales), la potenciación de este sector podría suponer una alternativa seria a la pesca en Canarias.

9.- CONCLUSIONES GENERALES.

- 1.- La pesquería de listado en el área de Canarias es de carácter estacional y las componentes extractivas de tipo artesanal y efectuadas principalmente al cebo vivo y liña.
- 2.- Migración gradatoria en estratos espacio-temporales distintos de grupos de talla adulta entre 37 y 75 cm en longitud total con edades comprendidas entre 2 y 6 años.
- 3.- Índices gonadosomáticos indicativos de reposo sexual y diferencias significativas entre estos para machos y hembras achacables a una maduración más temprana en hembras así como un mayor peso gonadal para el mismo rango de tallas y edades.
- 4.- Alimentación oportunista sobre caballa, el pelágico mediano más importante del área y en los rangos de tallas que aparecen en la pesquería como indicativos de los observados en condiciones naturales. No existe gradación de tallas de predación para intervalos de tallas de listado.
- 5.- Pesquería artesanal con rendimientos espacio-temporales y ventanas operacionales distintos para ambos tipos de flota (activa y pasiva).
- 6.- A escala sinóptica los mayores núcleos de captura están asociados a la dinámica frontal generada en Cabo Blanco.
- 7.- A escala mesoescalar existe además una gradación espacio-temporal de captura desde las islas occidentales hacia las orientales asociada al calentamiento progresivo en el mismo sentido.
- 8.- A escala sub-mesoescalar se observó una relación entre los mayores rendimientos de captura de listado en las áreas de vorticidad nula entre dos núcleos de vorticidad positiva y negativa al suroeste y sureste de la isla.
- 9.- la teledetección térmica y en el futuro la visible ofrecen grandes posibilidades para una gestión más óptima del recurso basada en el aumento de los rendimientos de CPUE como solución al problema de sobreexplotación que los recursos costeros canarios están sufriendo en la actualidad ante las

escasas perspectivas económicas que reporta la actividad atunera.

10.- La cobertura de la Estación Aeroespacial de Maspalomas y la infraestructura de las distintas secciones departamentales de Biología y Física de la U.L.P.G.C. ofrecen la posibilidad de creación de un Grupo Operacional de Pesca y Oceanografía (G.O.P.O) que aumente y rentabilice las perspectivas de explotación del recurso tónidos en esta área.

10.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALEKSEEV F. & E.ALEKSEEVA (1986). Character of vitellogenesis, spawning type and reproductive cycles of skipjack in the Eastern Tropical Atlantic Ocean. In *Proceedings of the ICCAT Conference on the International Skipjack Year Program* (P.Symon, P.Miyake & G. Sakagawa, Editors): 276-277.
- ALVERSON F. (1963). The food of yellowfin tuna and skipjack tunas in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter-Am. Tropical Tuna Comm. Bull.* 7: 293-296.
- ANKEENBRANDT L. (1985). Food habitat of bait-caught skipjack tuna *Katsuwonus pelamis*, from the southwestern Atlantic Ocean. *Fish.Bull.* 83 (3): 379-393.
- ANKEENBRANDT L.(1986). The occurrence of young skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the diet of adult skipjack from the Southwestern Atlantic Ocean. In *Proceedings of the ICCAT Conference on the International Skipjack Year Program* (P.Symon, P.Miyake & G.Sakagawa, Editors): 299-300.
- ANTOINE L., P. CAYRE & J. MENDOZA (1982). Etude de la croissance du listao (*Katsuwonus pelamis*) de L Atlantique au moyen de rayons de la nageoire dorsale. Mise au point d une méthodologie; résultats préliminaires. *ICCAT Rec. Doc. Sci.* 17:195-208.
- ARFELLI C. y A.AMORIN (1980). Extracción de otolitos en *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus). *Colec.Doc.Cient.ICCAT.* 9 (1): 263.
- ARGUE A. (1981). Report of the second skipjack survey and assessment programme workshop to review results from genetic analysis of skipjack blood samples. *South Pac. Comm., Skipjack Survey and Assessment Programme. Tech.Rep.* 6: 39 p.
- ARGUE A., F.CONAND & D. WHYMAN (1983). Spatial and temporal

distributions of juvenile tunas from stomachs of tunas caught by pool-and-line gear in the Central and Western Pacific Ocean. *South Pac. Comm., Tuna and Billfish Assessment Programme. Tech.Rep. 9*: 47 p.

ARISTEGUI J., S.HERNANDEZ-LEON, M.GOMEZ, L.MEDINA, A.OJEDA & S.TORRES (1989). Influence of the north trade winds on the biomass and production of neritic plankton around Gran Canaria island. Topics in Marine Biology (J.D. Ros, editor). *Scient.Mar. 52* (2-3):223-229.

ARISTEGUI J.(1990). La distribución de clorofila *a* en aguas de Canarias. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 6*(2):61-72.

AU,D.(1986). Skipjack population dynamics; Is it qualitatively different from that of other tropical tunas ? In *Proceed. ICCAT Con. Internat. Skipjack Year Progr.* (P.Symons, P.Miyake & G.Sakagawa,Editors). ICCAT, Madrid 1986, 388 p.

BAKUN A. & R. PARRISH (1982). Turbulence, transport and pelagic fish in the California and Peru Current Systems. *CALCOFI Rep. 23*.

BANE G. Jr.(1963). The biology of the yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Bonaterre) in the Gulf of Guinea. Ph.D. Thesis. Cornell University. 444 p.

BARD (1986). Analyse des taux de décroissance numérique des listaos marqués en Atlantique Est. In *Proceed. ICCAT Con. Internat. Skipjack Year Progr.* (P.Symons, P.Miyake & G.Sakagawa, Editors). ICCAT, Madrid 1986, 348-362.

BARD X. & L. ANTOINE (1986). Croissance du listao dans le Atlantique Est. In *Proceed. ICCAT Con. Internat. Skipjack Year Progr.* (P.Symons, P.Miyake & G.Sakagawa, Editors). ICCAT, Madrid 1986, 301-308.

BARKLEY R.A., W.H. NEILL & R.M. GOODING (1978). Skipjack tuna *Katsuwonus pelamis*, habitat based on temperature and oxygen requirements. *Fish.Bull.*, 76: 653-662.

- BARRERA A., J.CARRILLO, R.CASTILLO, J.GOMEZ, J.GONZALEZ, M.OJEDA, F.PEREZ y S.SANCHEZ (1983). Evaluación de recursos pesqueros en la provincia de Las Palmas. *Doc.Tecn.* 2: 534 p.
- BATTS B. (1972). Sexual maturity, fecundity and sex-ratios of the skipjack, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus) in North carolina waters. *Trans.Am.Fish.Soc.* 101: 626-637.
- BAYLIFF W. (1977). Estimates of rates of mortality of skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean derived from tagging experiments. *Inter-Am. Tropical Tuna Comm., Internal Rep.* 10: 59p.
- BLACKBURN M. (1965). Oceanography and the ecology of tunas. *Oceanogr. Mar.Biol. Ann.Rev.* 3: 299-322.
- BRAUN J., J.DE ARMAS, F.REAL, J.ESCANEZ, J.VILLAMANDOS & M. SANTAMARIA (1986). Oceanographical conditions in Canary Islands waters. IOxygen and nutrients. *Int. Counc.Explor.Sea. (ICES) Biol. Oceanogr. Comm.* : 1-8.
- CASTAGNE N., P.LE BORGNE, J. LE VOURCH & J. ORLY (1986). Operational measurement of sea surface temperatures at CMS Lannion form NOAA-7 AVHRR data, *Int. J. Remote Sensing.* 7(8): 953-984.
- CASTRO J.J.(1991). Ecología trófica de la caballa (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1792), en aguas del Archipiélago canario. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 323 p.
- CAVERIVIERE A., F.CONAND & E. SUISSE DE SAINTE-CLAIRE (1976). Distribution et abondance des larvas de thonidés dans le Atlantique tropico-oriental. Etude des données de 1963 á 1974. *Doc.Sci.Centr.Rech.Océanogr.* Abidjan 7(2):49-70.
- CAYRE P. (1981). Maturité sexuelle, fécondité et sex-ratio du listao

(*Katsuwonus pelamis*) des côtes de Afrique de le ouest (20 N - 0 N) étudiés á partir des débarquements thoniers (1977 á 1979) au Port de Dakar. *Rec.Doc.Scient. ICCAT* 15(1):135-149.

CAYRE P., J.AMON-KOTHIAS, J.M.STRETTA & T.DIOUF (1988). Biologie des thons. In *Ressources, pêches et biologie des thonidés tropicaux de le Atlantique Centre-est*. (A.Fonteneau & J.Marcille, Editors). *FAO Fish.Tech.Pap.* (292): 157-268.

CAYRE P. & H. FARRUGIO (1986). Biologie de la reproduction du listao (*Katsuwonus pelamis*) de le Océan Atlantique. In *Proceed. ICCAT Con. Internat. Skipjack Year Progr.* (P.Symons, P.Miyake & G.Sakagawa, Editors). ICCAT, Madrid 1986: 252-272.

CAYRE P., A.FONTENEAU & T.DIOUF (1986). Statistiques de la pêche thonière FISM durant la période 1969 á 1985. *Rec.Doc.Scient. ICCAT* 26(1):237-242.

CAYRE P. & F. LALOE (1986). Review of the Gonad Index (GI) and an introduction to the concept of its "critical value": application to the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the Atlantic Ocean. *Mar.Biol.* 90: 345-351.

CHI K. & R.YANG (1973). Age and growth of skipjack tuna in the waters around the southern part of Taiwan. *Acta Oceanogr.Taiwanica.* 3:199-221.

CITEAU & DEMARCQ (1990). Restitution de la température de surface océanique en zone intertropicale á partir des donnés du satellite METEOSAT. *Bull.Inst.Oceanogr.Monaco* n°special 6 (M.Petit & JM Stretta, Editors): 149-172.

DIZON A. (1977). Effecto of dissolved oxygen concentration and salinity on swimming speed of two species of tunas. *Fish.Bull.* 75:649-653.

DIZON A. & R. BRILL (1979). Thermoregulation in tunas. *Amer.Zool.* 19: 249-265.

- DIZON A., W NEILL & J.MAGNUSSON (1977). Rapid temperature compensation of volitional swimming speeds and lethal temperatures in tropical tunas (Scombridae). *Environ.Biol.Fisher.* 2: 83-92.
- DIZON A., R.BRILL & H.YUEN (1978). Correlation between environment, physiology and activity, and the effects on thermoregulation in skipjack. In *The physiological ecology of tunas* (G.Sharp & A.Dizon, Editors). *Academic Press* New York: 233-259.
- DRAGOVICH A.& T.POTTHOFF (1972). Comparative study of food of skipjack and yellowfin tunas of the coast of west Africa. *Fish.Bull.* 70 (4): 1087-1110
- EVANS R.H.,D.R. MACLAIN & R.A. BAUER (1981). Atlantic skipjack tuna: Influence of the environment on their vulnerability to surface gear. *Collect. Scient. Doc. (ICCAT)*, 9(1): 264-274.
- FIEDLER P. & H.BERNARD (1987). Tuna aggregation and feeding near fronts observed in satellite imagery. *Cont.Shelf.Res.* 7:871-881.
- FONTENEAU (1986). Le modèle global et la dynamique du listao. In *Proceed. ICCAT Con. Internat. Skipjack Year Progr.* (P.Symons, P.Miyake & G.Sakagawa, Editors). ICCAT, Madrid 1986: 198-207.
- FONTENEAU & MARCILLE (1988). (Editors) Recursos, pesca y biología de los Túnidos tropicales del Atlántico Centro-oriental. ICCAT: 423 p.
- GOLDBERG S. & D. AU (1986). The spawning of skipjack from southeastern Brazil as determined from histological examination of ovaries. In *Proceed. ICCAT Con. Internat. Skipjack Year Progr.* (P.Symons, P.Miyake & G.Sakagawa, Editors). ICCAT, Madrid 1986:277-284.
- GOMEZ M. (1991). Biomasa y actividad metabólica del zooplancton en relación con un Efecto de Masa de isla en aguas de Gran Canaria. Tesis

Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 236 p.

GONZALEZ-RAMOS A. (1989). Influencia de las condicionantes medio-ambientales en la pesquería superficial del atún listado (*Katsuwonus pelamis*) en aguas del Archipiélago Canario. *Col. Doc. Cient. ICCAT*. **30** (1):138-149.

GRAHAM J. (1975). Heat exchange in the black skipjack and the blood-gas relationship of warm-bodies fishes. *Proc.Nat.Acad.Sci.Washington*. **70** (7):1964-1967.

GRAVES J. & A. DIZON (1986). Mitochondrial DNA genetic similarity of atlantic and pacific skipjack tuna and its management implications. In *Proceed. ICCAT Con. Internat. Skipjack Year Progr.*(P.Symons, P.Miyake & G.Sakagawa, Editors). ICCAT, Madrid 1986: 237-241.

HERNANDEZ-GUERRA A., M.CANTON y A.SAN JUAN (1989). 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: 301-308.

HERNANDEZ-GUERRA A. (1990). Estructuras oceanográficas en las aguas que rodean el Archipiélago Canario mediante los sensores AVHRR y CZCS. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 198 p.

HERNANDEZ-LEON S. (1986). Efecto de Masa de Isla en aguas del Archipiélago Canario según estudios de biomasa y actividad del sistema de transporte de electrones en el mesozooplankton. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna. 402 p.

HERNANDEZ-LEON S. (1988a). Ciclo anual de la biomasa del mesozooplankton sobre un área de plataforma en aguas del Archipiélago Canario. *Invest.Pesq.* **52** (1): 339-350.

HERNANDEZ-LEON S. (1988b). Gradients of mesozooplankton biomass and ETS activity in the wind-shear area as evidence of an island mass effect in the

Canary Islands waters. *J. Plankton Res.* 10 (6): 1141-1154.

HOLLAND W., D.E.HARRISON & A.SEMTNER (1983). Eddy-resolving numerical models of large scale circulation. In *Eddies in Marine Sciences*. (A.R. Robinson, Editor). Springer Verlag.

HOLLAND K., R.BRILL & R. CHANG (1990). Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregating devices. *Fish.Bull.* 88: 499-507.

HOTTA H. & T. OGAWA (1955). On the stomach contents of the skipjack *Katsuwonus pelamis*. *Bull.Tohoku.Fish.Res.Lab.* 4: 62-82.

ICCAT (1986). Proceeding of the ICCAT conference on the International Skipjack Year Program. (P.Symon, P.Miyake & G.Sakagawa, Editors). Madrid, 1986. 388 p.

ICCAT (1991). Colección de documentos científicos. Tropical Species. *Collec. Scient.Doc.* 35 (1).

JOSEPH J. & T.CALKINS (1969). Population dynamics of the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) of the Eastern Pacific Ocean. *Inter-Am.Trop. Tuna.Comm.Bull.* 13: 7-273.

JOSSE E., C.LE GUEN, R.KEARNEY, A.LEWIS, A.SMITH,L.MAREC & P. TOMLINSON (1979). Growth of skipjack. *South.Pac.Comm.,Occas. Paper* 11: 83 p.

JUAREZ M. & M. PILAR DE FRIAS (1986). Distribución de larvas de bonito (*Katsuwonus pelamis*) y falsa albacora (*Thunnus atlanticus*) en la Zona Económica Exclusiva de la Costa sur de Cuba. In *Proceeding of the ICCAT conference on the International Skipjack Year Program*. (Symon, P.Miyake & G. Sakagawa Editors) ICCAT, Madrid, 1986: 290-291.

KISHINOUE K. (1923). Contributions to the comparative study of the so-

called scombroid fishes. *J. Coll. Agri. Imp. Univ. Tokyo* 8: 293-475.

KITCHELL J., W. NEILL, A. DIZON & J. MAGNUSON (1978). Bioenergetic spectra of skipjack and yellowfin tunas. *The physiological ecology of tunas* (G. Sharp & A. Dizon, Editors) *Academic press*, New York, 1978: 357-368.

KLAWE W. (1960). Larval tunas from the Florida Current. *Bull. Mar. Sci.* 10: 227-233.

LAURS M. & R. LYNN (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.*, 75 (4): 795-822.

LAURS M., P. C. FIEDLER & D. R. MONTGOMERY (1984). Albacore tuna catch distribution relative to environmental features observed from satellites. *Deep Sea Res.* 31(9): 1085-1099.

LORENZO J. (1992). Crecimiento de la caballa *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) en aguas del Archipiélago canario. *Tesis Doctoral*. Universidad de Las Palmas. 199 p.

MAC WILLIAMS J. (1977). A note on a consistent quasigeostrophic model in a multiply connected domain. *Dyn. Atmos. Oceans*. 2:427-441.

MARCHAL E. (1959). Analyse de quelques contenus stomacaux de *Neothunnus albacora* (Lowe). *Bull. Inst. Franç. Afr. Noire.*, Sér. A 21: 1123-1136.

MATSUMOTO W., R. SKILLMAN & A. DIZON (1984). Synopsis of biological data on skipjack tuna, *katsuwonus pelamis* (Linnaeus). *NOAA Tech. Rep.*, *NMFS Circ.* 451: 92 p.

MATSUURA Y. (1986). Distribution and abundance of skipjack larvae off the coast of Brazil. In *Proceeding of the ICCAT conference on the International*

Skipjack Year Program. (P.Symon, P.Miyake & G. Sakagawa, Editors) ICCAT, Madrid, 1986: 285-290.

MIYABE N. & X.BARD (1986). Movements of skipjack in the Eastern Atlantic, from results of tagging by Japan. In *Proceeding of the ICCAT conference on the International Skipjack Year Program*. (P.Symon, P.Miyake & G. Sakagawa, Editors) ICCAT, Madrid, 1986: 342-348.

MURPHY G. & G.SAKAGAWA (1977). A review and evaluation of estimates of natural mortality rates of tunas. *ICCAT Collect. Vol. Sci. Pap.* 6: 117-123.

NAKAMURA H. (1969). Tuna distribution and migration. *Fishing news Ltd.* London, 1969: 76 p.

NEILL W. & S. STEVENS (1974). Thermal inertia versus thermoregulation on "warm" turtle and tuna. *Science Wash.* 184: 1008-1010.

NISHIKAWA Y., S.KIKAWA, M.HONMA & S. UEYAGANI (1978). Distribution atlas of larval tunas, billfishes and related species. Results of larval surveys by R/V Shunyo-Marui and Shoyo-Marui, 1956-1975. *Far.Seas Fish.Res.Lab. S.Ser.* 9: 99p.

NYKJAER L.(1988). Remote sensing applied to the Northwest African Upwelling Area. Ph.D. Thesis. University of Copenhagen, Denmark.

OLSON R.J. & C.H.BOGGS (1986). Apex predator by yellowfin tuna: independent estimates from gastric evacuation and stomach contents, bioenergetics and cesium concentrations. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 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. *Inter.Am.Trop. Tuna Comm.Bull.*13:419-496.

PARTRIDGE B. (1982). Estructura y función de los cardúmenes de peces. *Invest. Cient.* 71: 72-82.

PAWSON M. (1990). Using otolith weight to age fish. *J.Fish.Biol.* **36**: 521-531.

PASTOR X. & A. DELGADO DE MOLINA (1985). Acoustic abundance estimation of mackerel, pilchardus and bogue in Canary Islands waters. April 1984. *Int. Counc. Explor.Sea.ICES.* C.M.1985.H:39/REF:B.

PEDLOSKY J. (1986). Geophysical fluid dynamics. *Springer Verlag*: 705 p.

PEREIRA J. (1986). Maturite sexuelle et sex-ratio du listao (*Katsuwonus pelamis* L.) capturé aux Azores de 1980 á 1982. In *Proceedings of the ICCAT Conference on the International Skipjack Year Program.* (P.Symons, P.Miyake & G. Sakagawa, Editors) ICCAT, Madrid 1986: 273-275.

PERRIN W., R.WARNER, C.FISCUS & D.HOLTS (1973). Stomach contents of porpoise, *Stenella spp.* and yellowfin tuna, *Thunnus albacares* in mixed species aggregations. *Fish.Bull.* **71**: 1077-1092.

PETIT M. (1991). Télédétection aérospatiale et gestion des pêches; application: recherche environnementale et halieutique thonière opérationnelle". These de Doctorat. Université Pierre et Marie Curie de Paris. 130 p.

POSTEL E. (1954). Contribution a le étude des thonidés de le Atlantique tropical. *J.Cons.* **19**: 356-362.

POSTEL E. (1985). Contribution a le etude de la biologie de quelques *Scombridae* de le Atlantique tropico-oriental. *Ann.Station Océanogr.* n°10: 167 p.

RAMOS A. y J.HERRERA (1990). Sobre las regresiones de las longitudes de otolitos, diámetro del ojo y longitudes de la cabeza con la longitud a la furca de listado (*katsuwonus pelamis*). Posible aplicabilidad en estudios de predación en el aguas del Archipiélago Canario. *Colec.Doc.Cient.ICCAT*, **32** (1): 62-66.

- RAMOS A., P. SANGRA, A.HERNANDEZ-GUERRA & M. CANTON (1991). Large and small scale relationship between skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) and oceanographic features observed from satellite imagery in the Canary Islands area. ICES, 79th Statutory Meeting. C.M.91/L:78 Session Q. la Rochelle, France.
- RAMOS A. y P. SANGRA (1992). Características oceanográficas en el área de Canarias. Relación con la pesquería de listado (*Katsuwonus pelamis*, L.). *Colec.Doc.Cient.ICCAT*, 39 (1): 289-296.
- RICHARDSON B. (1978). Skipjack tuna stocks identification. *New Zealand Min.Agr.Fish., Fish. Res.Div., Occas.Publ.* 15: 63-64.
- RICHARDSON B. (1983). Distribution of protein variation in skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) from the central and southwestern Pacific. *Aust.J.Mar.Freshwater Res.* 34: 231-251.
- ROTHSCHILD B. (1967). Estimates of the growth of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the Hawaiian Islands. *Indo-Pac.Fish.Counc.Proc.* 12th Sess, Sect 2: 100-111.
- RUDOMIOTKINA G. (1983). Dates and conditions of the spawning of the skipjack, *Katsuwonus pelamis* (L.), based on the distribution of their larvae in the tropical Atlantic. *Collect.Vol.Sci.Pap.* ICCAT 18: 295-301.
- SANGRA P. (1991). Mesoscale perturbation induced by a mesoscale oceanic Island (Gran Canaria). *Mar.Appl.Sci.Tech.* (MAST). Luxembourg.
- SANTOS GUERRA A., J.GARCIA-VELA, F.ACEVEDO, J..CEJAS y C.GARCIA-RAMOS (1983). Plan regional de evaluación de recursos pesqueros. Provincia de Santa Cruz de Tenerife. Pelágicos oceánicos. *Doc.Tec.* 1: 467 p.
- SANTOS-GUERRA A. (1986). Actividades de marcado en las Canarias para el programa listado. In *Proceedings of the ICCAT Conference on the*

International Skipjack Year Program. (P.Symons, P.Miyake & G.Sakagawa, Editors) ICCAT, Madrid 1986: 341-342.

SHARP G. & A.DIZON (1978). The physiological ecology of tunas. (Editors). *Academic Press*, New York: 485 p.

SHARP G. & J. VLYMEN (1978). The relation between heat generation, conservation and the swimming energetics of tunas. In *The physiological ecology of tunas* (G.Sharp & A.Dizon, Editors). *Academic Press*, New York: 213-232.

STRETTA J.M. (1977). Sea surface temperature measured by aerial radiometry and tuna concentration in the Gulf of Guinea. *FAO Fish. Tech. Pap.* 170:62-65.

STRETTA J.M. (1987). Régime et comportement alimentaires de l'albacore, du listao et du patudo dans l'Atlantique tropical oriental (Revue bibliographique). *Rec. Doc. Scient.* (ICCAT) 26(1):95-104.

STRETTA J.M. (1990). La télédétection infrarouge thermique peut-elle aider à la prévision des zones de pêche ? La réponse praxéologique. *Bull. Inst. Oceanogr. Monaco.* n°special 6 (M.Petit & JM Stretta, Editors): 173-198.

STRETTA J.M. (1991). Forecasting tuna fishery with aerospatial remote sensing. *Int.J.Rem.Sens.* 12(4):771-779.

STRETTA J.M. & M.PETIT (1989). L'environnement des thonidés au large de la Côte de Ivoire. *Collect.Scient.Doc.* (ICCAT) 30 (1):39-46.

STRETTA J.M. & M.SLEPOUKHA (1986). Analyse des facteurs biotiques et abiotiques associés aux bancs des listaos. In *Proceedings of the ICCAT Conference on the International Skipjack Year Program.* (P.Symons, P.Miyake & G.Sakagawa, Editors): 161-169.

SUND P., M. BLACKBURN & F. WILLIAMS (1981). Tunas and their

- environment in the Pacific Ocean: A review. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **19**:443-512.
- SUND P. & W.RICHARDS (1967). Preliminary report on the feeding habits of tunas in the Gulf of Guinea. *U.S.Fish. Wildl.Ser., Spec.Sci.Rep.Fish.* **552**: 6p.
- TORRES S. (1991). Regeneración de amonio en aguas de Canarias mediante estudios de actividad GDH en zooplancton y ETS en Meiofauna. *Tesis Doctoral*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria: 202 p.
- UCHIYAMA J. & P. STRUHSACKER (1981). Age and growth of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, and yellowfin tuna *Thunnus albacares*, as indicated by daily growth increments of sagittae. *Fish.Bull.* **79** (1): 151-162.
- UDA M. (1973). Pulsative fluctuation of oceanic fronts in association with the tuna fishing grounds and fisheries. *J.Fac.Mar.Sci.Techn.Tokai University.* **7**: 245-265.
- UEYANAGI S. (1966). Biology of tunas and billfishes. *Jpn.Soc.Sci.Fish.Bull.* **32**: 739-755.
- VLIEG P., G. HABIB & G. CLEMENT (1983). Proximate composition of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* from New Zealand and New Caledonian waters. *New Zealand J.Sci.* **26**: 243-250.
- WANKOWSKI J. (1981). Estimated growth of surface schooling skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, and yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, from the Papua New Guinea region. *Fish.Bull.* **79**: 517-532.
- YOUNG J. & T. DAVIS (1990). Feeding ecology of larvae of southern bluefin, albacore and skipjack (Pisces: Scombridae) in the eastern Indian Ocean. *Mar.Ecol.Prog.Ser.* **61**: 17-29.
- YUEN H. (1961). Experiments on the feeding behaviour of skipjack at sea.

Pac. Tuna Biol. Conf. Honolulu, 4 (3): 6 p.

ZAVALA-CAMIN L. (1986). Predadores y áreas de ocurrencia de listado (*Katsuwonus pelamis* L.). Revisión de estudios sobre contenido estomacal. contenido estomacal de predadores. In *Proceeding of the ICCAT conference on the International Skipjack Year Program*. (P.Symon, P.Miyake & G. Sakagawa, Editors): 291-296.

ZAVALA-CAMIN L. & R. VON SECKENDORFF (1980). Identificación y distribución de Escómbridos (Sardini y Thunnini) colectados en contenido estomacal de atunes y afines capturados en el sudeste y sur de Brasil. *Colec.Doc. Cient.ICCAT* 9 (3): 704-710.