

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Departamento de Zoología y Antropología Física



TESIS DOCTORAL

**Estudio sobre la pesca de túnidos y evaluación de la
capturabilidad de la flota española de cerco en el Océano
Índico occidental**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Julio Morón Ayala

Madrid, 2015



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE



5320936601

T 639.2 (267)

MOR
est

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID



ESTUDIO SOBRE LA PESCA DE TÚNIDOS Y EVALUACIÓN DE LA CAPTURABILIDAD DE
LA FLOTA ESPAÑOLA DE CERCO EN EL OCEANO ÍNDICO OCCIDENTAL.

TESIS PRESENTADA EN

LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

COMO ASPIRANTE AL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA FÍSICA

EL DOCTORANDO

LA DIRECTORA DE LA TESIS

JULIO MORÓN AYALA

DRA. PILAR PALLARÉS SOUBRIER

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

CIUDAD UNIVERSITARIA

28040 MADRID

ESPAÑA

4 de mayo de 2004

R. 37,653

AGRADECIMIENTOS

Ante todo agradecer de corazón la labor de mi Directora de Tesis, Dra. Pilar Pallarés sin cuyo ánimo y apoyo no hubiera podido realizar la mayor parte de este trabajo. Su asistencia en la parte analítica y en especial el apoyo de María Soto en este apartado han sido de importancia fundamental para la elaboración de un trabajo que espero sirva para profundizar en el conocimiento de las pesquerías de túnidos y la difícil evaluación de las poblaciones de estos bellos animales que soportan una actividad económica muy importante en nuestro país y en todo el mundo.

Mi más sincero agradecimiento a los siguientes Patrones y Capitanes de atuneros que me han transmitido y facilitado mucha de información aquí analizada: Juan Pedro Aguirre, José Astuy, José Antonio Barragán, Leoncio Bartolomé, Ricardo Blach, Alberto Echevarria, Félix Herranz, Florián Gamecho, Santiago Gaubeka, José M^a Goitiz, Jesús M^a Iribar, Regino Lartitegui, Jesús Léniz, Pablo Múgica, Luis M^a Rentería, Paco Martínez San Pedro, Saturnino Mujika, José Andrés Rentería, Patxi Sistiaga, Julen Tellechea, Florentino Vázquez, José Antonio Vidal y otros patrones y tripulantes de atuneros españoles con los que he intercambiado puntos de vista (aunque no siempre de pesca). Y mención especial para Roberto García de la compañía Albacora que me ayudó a la recopilación de la información de los muchos barcos de su compañía.

Quiero hacer una mención especial para Andrew Thomas, de la SFA (Seychelles Fishing Authority) por su profesionalidad y detalle en una labor no siempre reconocida pero de enorme importancia en todo análisis pesquero como es la informatización de los cuadernos de pesca, base fundamental de nuestro trabajo.

En la labor de adquisición de material y documentación, muchas veces complicada, tengo que agradecer por fin la colaboración de Javier Ariz, John Hampton, Tim Lawson, Francis Marsac, Renaud Pianet, y Gary Sakagawa.

<u>1 - RESUMEN</u>	6
<u>2 - INTRODUCCIÓN</u>	7
<u>2.1 - LA PESCA DE TÚNIDOS EN EL OCEANO ÍNDICO OCCIDENTAL</u>	10
2.1.1 - Importancia de la pesquería de túnidos del Índico en el contexto mundial.	10
2.1.2 - Antecedentes Históricos de la pesca industrial de túnidos en el Océano Índico	14
2.1.3 - Evolución de la pesca de túnidos en el Océano Índico	16
2.1.3.1 - Pesquerías artesanales	22
2.1.3.2 - Pesquerías de palangre industrial	26
2.1.3.3 - Pesquerías de cerco	28
<u>2.2 - DESCRIPCIÓN DE LA FLOTA DE ESTUDIO Y SU EVOLUCIÓN.</u>	30
2.2.1 - Flota de estudio	30
2.2.2 - Recopilación de información	31
2.2.3 - Capturas de la flota de estudio	33
2.2.4 - Esfuerzo de la flota de estudio	37
2.2.5 - Rendimientos de la flota de estudio	38
<u>3 - EL ARTE DE CERCO Y LOS FACTORES QUE AFECTAN A SU CAPTURABILIDAD.</u>	42
<u>3.1 INTRODUCCIÓN AL ARTE DE CERCO ATUNERO</u>	42
<u>3.2 SISTEMAS DE DETECCIÓN EN LA PESCA DE ATUNES AL CERCO</u>	47
3.2.1 - La detección visual.	49
3.2.1.1 Estudio de los índices de detección de bancos	50
3.2.1.2 Superficie prospectada por los oteadores con prismáticos	54
3.2.2 - El uso de helicóptero.	57
3.2.3 - Radares de detección de pájaros.	59
3.2.4 - La pesca con sonar.	63
3.2.5 - La utilización de la sonda	68
3.2.6 - La pesca con objetos artificiales y el uso de radio balizas.	69
3.2.7 - La pesca con barcos auxiliares.	73
3.2.8 - La pesca en las montañas submarinas.	75

3.2.8.1	<u>Introducción a la pesca en montañas submarinas</u>	75
3.2.8.2	<u>Capturas en las montañas submarinas</u>	78
3.2.8.3	<u>Esfuerzo de pesca en las montañas submarinas</u>	81
3.2.8.4	<u>Rendimiento global en las montañas submarinas</u>	83
3.2.8.5	<u>Rendimiento por barco en las montañas submarinas</u>	85
3.2.9	<u>- La teledetección por satélite.</u>	88
3.3	<u>CAPACIDAD DE PESCA DE LA FLOTA DE CERCO.</u>	89
3.3.1	<u>- Capacidad de carga.</u>	89
3.3.2	<u>- Velocidad y distancia recorrida.</u>	93
3.3.3	<u>- El efecto de la red sobre la capturabilidad.</u>	94
3.3.4	<u>- Otros adelantos mecánicos y mejoras técnicas</u>	97
3.4	<u>TIEMPO OPERACIONAL DE LA FLOTA.</u>	98
3.4.1	<u>- Duración del lance.</u>	100
3.4.1.1	<u>- Duración del lance nulo</u>	103
3.4.1.2	<u>- Duración del lance con respecto a la captura</u>	104
3.4.2	<u>- Tiempo de búsqueda.</u>	106
3.5	<u>EXPERIENCIA Y CONOCIMIENTO DE LA PESQUERÍA.</u>	106
3.5.1	<u>- Tripulación y experiencia.</u>	106
3.5.2	<u>- Superficie explorada por la flota.</u>	113
3.5.3	<u>- Cooperación y competición entre barcos.</u>	116
3.5.4	<u>Los acuerdos de pesca como factor limitante de la actividad pesquera</u>	119
4.-	<u>MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LA ABUNDANCIA</u>	120
4.1	<u>INTRODUCCIÓN</u>	120
4.2	<u>MÉTODOS DIRECTOS.</u>	120
4.2.1	<u>- Identificación de stocks.</u>	121
4.2.2	<u>- Grandes especies migradoras.</u>	123
4.2.3	<u>- Estacionalidad.</u>	126
4.3	<u>MÉTODOS INDIRECTOS.</u>	130
4.3.1	<u>Necesidad de índices de abundancia.</u>	131
4.3.2	<u>El problema de la pesca multiespecífica.</u>	133
4.3.3	<u>Unidades de esfuerzo en la pesca atunera de cerco</u>	135
4.3.4	<u>Estandarización del esfuerzo.</u>	137

4.3.5	<u>Aplicación del modelo GLM para la estandarización de esfuerzo</u>	139
4.3.5.1	<u>Descripción de los datos de flota</u>	139
4.3.5.2	<u>Descripción de los datos de captura y esfuerzo</u>	141
4.3.5.3	<u>Descripción del modelo</u>	142
4.3.5.4	<u>Selección del modelo</u>	144
4.3.5.5	<u>Resultados del modelo</u>	145
4.3.5.6	<u>Discusión de los resultados del modelo</u>	150
4.3.6	<u>Estimación de los cambios de capturabilidad</u>	151
4.3.7	<u>Discusión sobre las estimaciones de cambios de capturabilidad</u>	154
5.-	<u>CONCLUSIONES</u>	155
6	<u>ANEXOS</u>	158
6.1	<u>ANEXO 1: TABLAS DE CAPTURA Y ESFUERZO</u>	158
6.2	<u>ANEXO 2: RESULTADOS ANOVA GLM GAUSSIANO</u>	161
6.3	<u>ANEXO 3: SALIDAS S-PLUS TEST F y CHI</u>	164
7	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	169
8	<u>GLOSARIO</u>	188

1 - RESUMEN

La importancia de la pesca de túnidos en el Océano Índico ha aumentado rápidamente desde 1984 hasta nuestros días. El estudio y evaluación de los stocks de las especies de túnidos explotadas en este océano, es todavía muy limitado, comparado con el de otros océanos en los que se explotan los túnidos tropicales desde hace mucho tiempo.

Una de las mayores dificultades para las evaluaciones de túnidos en todos los océanos, estriba en la dificultad de obtener índices de abundancia reales a partir de las estadísticas de pesca. En el caso de la pesca de túnidos al cerco, establecer una unidad de esfuerzo para calcular la captura por unidad de esfuerzo (CPUE¹) como índice de abundancia real de la población explotada, es bastante difícil por lo compleja que es esta pesca y por explotar especies pelágicas migratorias de atunes, organizadas en cardúmenes, principalmente rabil (*Thunnus albacares*) y listado (*Katsuwonus pelamis*).

El presente trabajo, pretende describir y evaluar los factores que afectan a la capturabilidad del arte de cerco, estudiando los sistemas de detección utilizados para localizar bancos de atunes (radares, helicópteros, sonar, etc.) y su efecto sobre la capturabilidad, estimando la potencia de pesca de la flota atunera de cerco (capacidad de carga de los barcos, velocidad y distancia recorrida, redes, etc.) teniendo en cuenta el tiempo operacional de la flota y la experiencia y conocimiento que adquieren los pescadores sobre la pesquería.

La parte principal del estudio se centrará en la descripción y el análisis de la dificultad de establecer los índices de abundancia en las pesquerías de túnidos. Se describirán las características de las pesquerías de túnidos que afectan a la capturabilidad y los cálculos de índices de abundancia, y se hará una aproximación a las estimaciones de índices de abundancia y la medida del esfuerzo efectivo de pesca, una vez se haya estimado la evolución de la capturabilidad de la flota cerquera en el Océano Índico Occidental.

¹ A partir de ahora nos tomaremos la licencia de utilizar el acrónimo como si fuera una palabra, práctica común en los estudios de biología pesquera actuales.

2 - INTRODUCCIÓN

La flota española de cerco, lleva explotando los recursos de túnidos del Océano Índico Occidental desde 1984. Las especies explotadas por esta flota son las comunes en una pesquería de túnidos tropicales: el rabil (*Thunnus albacares*) y el listado (*Katsuwonus pelamis*) principalmente, siendo comunes las capturas de patudo (*Thunnus obesus*) y más esporádicas las de atún blanco (*Thunnus alalunga*).

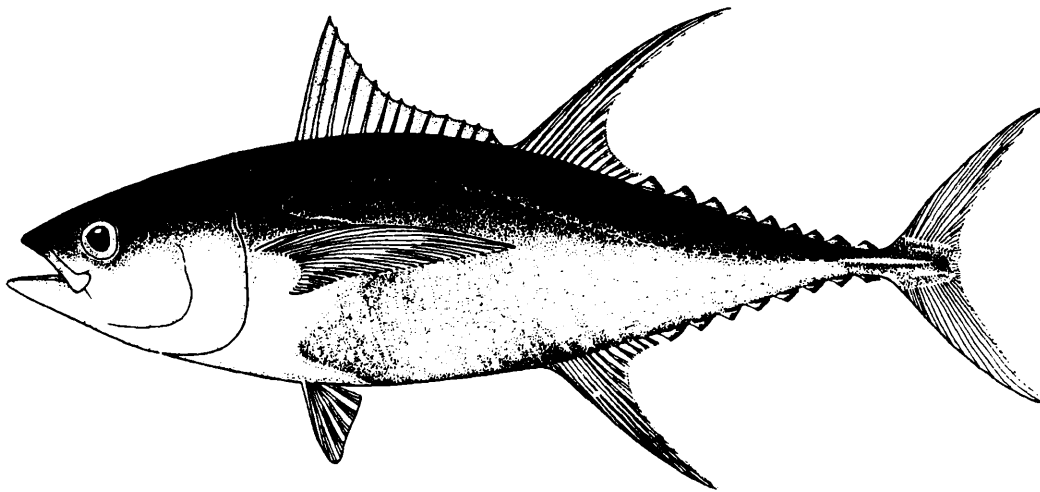


Figura 1.- Dibujo de rabil (*Thunnus albacares*). Tomado de Collete y Nauen (1983).

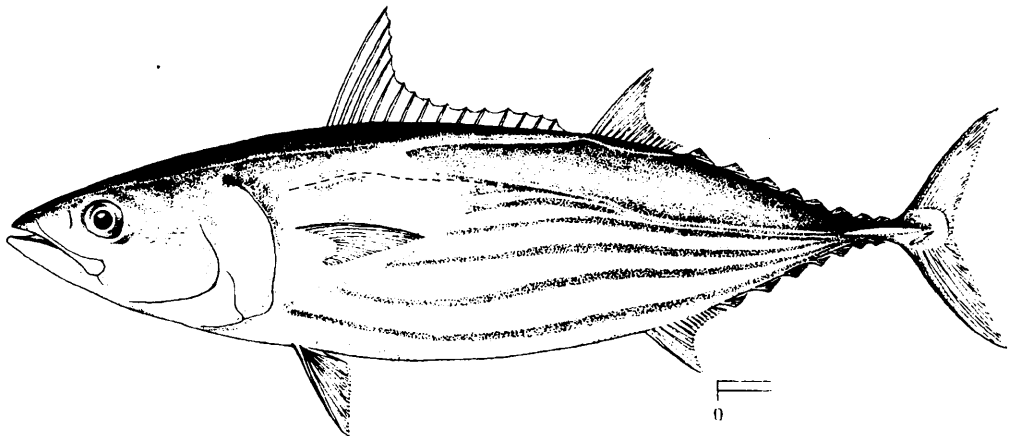


Figura 2.- Dibujo de listado (*Katsuwonus pelamis*). Tomado de Collete y Nauen (1983).

La preocupación sobre el conocimiento y control del estado de las poblaciones de atunes en el Océano Índico Occidental es relativamente reciente. La gestión de los recursos de túnidos en el Océano Índico, se encuentra con los problemas bien conocidos en otras pesquerías más antiguas de estas especies. Uno de los más importantes para los modelos de

evaluación de poblaciones, es la obtención de índices de abundancia relativa estandarizados que permitan conocer la evolución de la biomasa de los stocks explotados, salvando entre otros, los sesgos producidos por el desconocimiento de la capturabilidad de la flota de cerco.

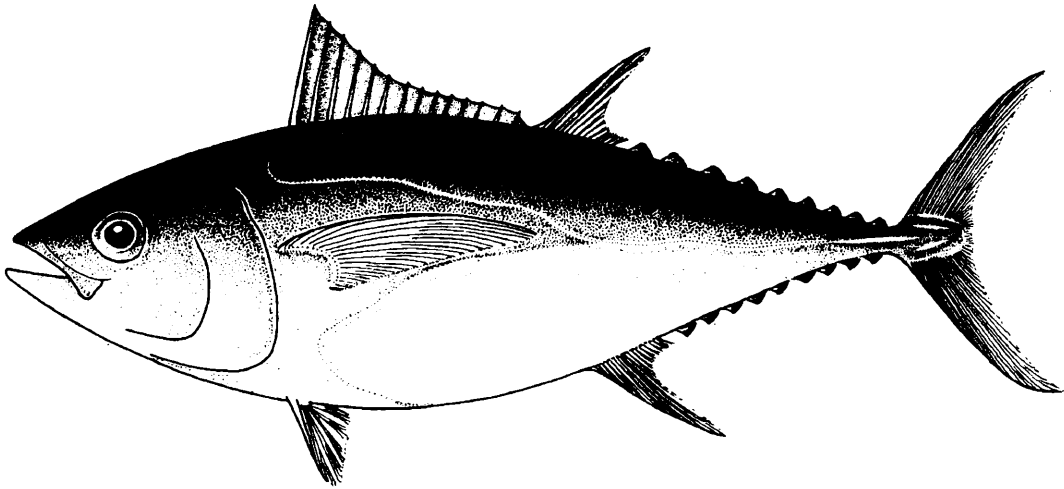


Figura 3.- Dibujo de patudo (*Thunnus obesus*). Tomado de Collete y Nauen (1983).

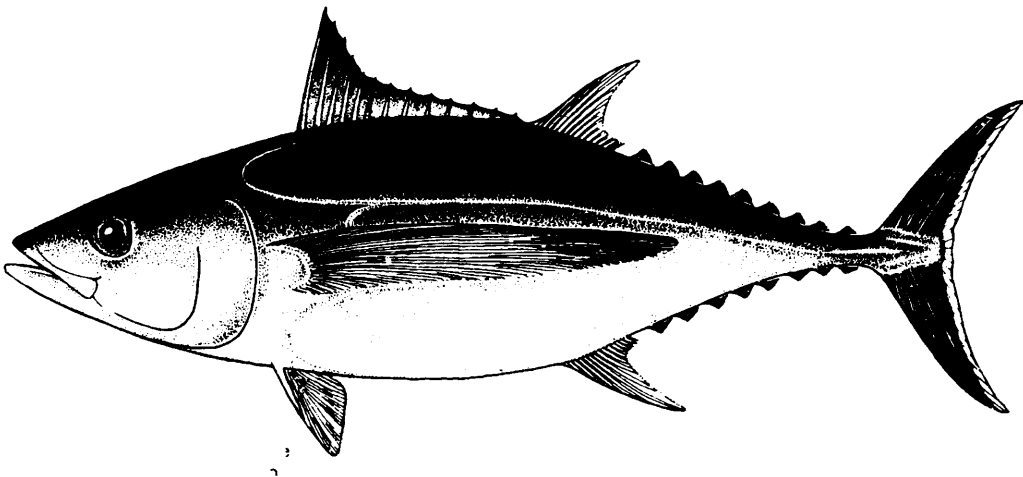


Figura 4.- Dibujo de atún blanco o bonito del Norte (*Thunnus alalunga*). Tomado de Collete y Nauen (1983).

Clásicamente la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), se utiliza como índice de abundancia de las poblaciones de peces marinos, suponiendo proporcional la abundancia del stock (N) y la capturabilidad (q) que es la constante de proporcionalidad:

$$CPUE = \frac{C}{f} = q \cdot N$$

C = captura

f = esfuerzo.

Suponiendo que la capturabilidad no varía, medidas sucesivas de captura por unidad de esfuerzo nos permiten conocer la evolución en el tiempo de la biomasa de los stocks en el

mar. Los llamados modelos globales de evaluación de stocks se ajustan sobre éstos índices. Estos modelos evalúan la acción de la pesca sobre el stock en función de los cambios de biomasa. En el caso de los modelos analíticos, se evalúa la acción de la pesca sobre el stock en función de su estructura de edades, reclutamiento, mortalidad natural, y los índices de abundancia se utilizan para “calibrar” las estimaciones obtenidas.

Evidentemente, si la capturabilidad varía, las CPUE representarán tanto cambios de biomasa como de capturabilidad, sin que podamos separar ambos componentes y no será posible reconstruir la verdadera evolución de la biomasa.

El objetivo de esta tesis es la estimación de la capturabilidad de la flota de cerco y el cálculo de un índice de abundancia que refleje lo mejor posible el estado de la población.

La primera parte de este trabajo describe las generalidades de la pesca de atunes en el Océano Índico y la importancia de estas pesquería en el contexto mundial de la pesca del atún.

La segunda parte describe el arte de cerco y los factores que afectan a su capturabilidad.

Y en la última parte se intenta identificar un índice de abundancia que sirva para estimar la densidad de las poblaciones de atunes a partir de datos pesqueros.

2.1 - LA PESCA DE TÚNIDOS EN EL OCÉANO ÍNDICO OCCIDENTAL

2.1.1 - Importancia de la pesquería de túnidos del Índico en el contexto mundial.

La captura mundial de túnidos (atunes y especies afines) sobrepasaba los 4 millones de toneladas anuales al final de los años 80, estabilizándose entorno a los 4,5 millones durante los años 90, lo que supone un salto cuantitativo, pasando de contribuir con menos del 5,5% a la captura mundial durante los 80, a contribuir con más del 6,5% (Tabla 1). El alto valor comercial de los túnidos, hace que la pesquería de túnidos sea una de las más rentables del mundo, lo que permite el desarrollo de uno de los sistemas de pesca más modernos y avanzados en su versión industrial, y una de las de mayor desarrollo durante las dos últimas décadas en su versión semi-industrial o artesanal.

Tabla 1. Captura mundial de especies marinas comparada con la captura mundial de túnidos (Estadísticas FAO, FAOSTAT 1998).

<i>Año</i>	<i>Captura marina</i>	<i>Túnidos</i>	
1984	63.581.020	3.133.645	4,9%
1985	64.705.380	3.213.744	5,0%
1986	69.589.460	3.510.524	5,0%
1987	68.981.120	3.645.433	5,3%
1988	72.553.030	4.070.654	5,6%
1989	72.682.940	4.120.433	5,7%
1990	69.116.470	4.407.936	6,4%
1991	67.691.250	4.588.077	6,8%
1992	68.030.110	4.520.991	6,6%
1993	68.709.820	4.574.139	6,7%
1994	72.872.720	4.652.460	6,4%
1995	71.914.900	4.731.301	6,6%
1996	73.563.220	4.636.526	6,3%
1997	72.509.760	4.853.454	6,7%
		Promedio	6,0%

En comparación con los otros dos océanos, la captura de especies marinas en el Índico es mucho menor, lo que supone que las capturas de túnidos contribuyen en mayor proporción a la captura total de especies marinas (15%) que en el Atlántico (3%) o en el Pacífico (6%). Históricamente la contribución de la captura de túnidos del Océano Índico a la captura mundial de éste grupo de especies, ha sido la menor de los tres océanos. A partir de 1984, la contribución de éste Océano empieza a aumentar, y rápidamente (hacia 1987) supera los niveles de captura del Atlántico (Figura 5).

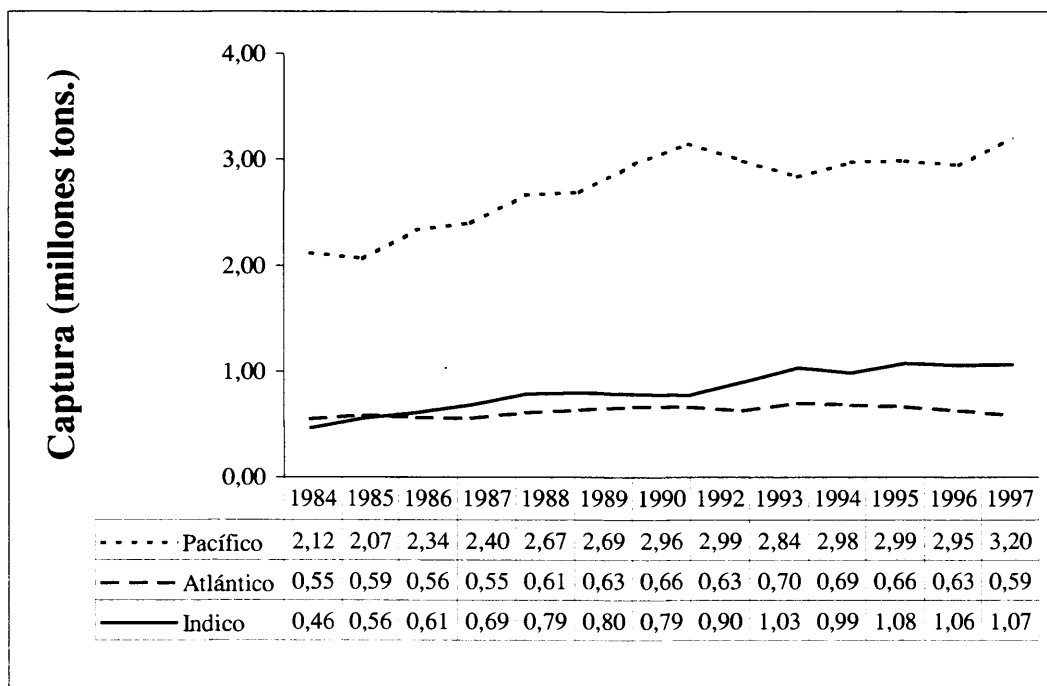


Figura 5. Captura mundial de túnidos por océanos desde 1984 a 1997 (FAOSTAT, 1998).

El Océano Pacífico, por su tamaño y riqueza, es el principal productor de túnidos del mundo y los tres millones de toneladas que se capturan en sus aguas suponen el 65% de las capturas de túnidos y afines. De lejos le siguen el Índico (20%) y el Atlántico (15%) (Figura 6). En el Índico se ha producido un aumento considerable de la captura de túnidos a partir de 1984. De las 464.000 t que se capturaban en el Índico en 1984, se pasó a las 788.000 t en 1988, sobrepasándose el millón de toneladas en 1993 y manteniéndose hasta ahora, mientras que en el Atlántico los niveles de producción de túnidos no han variado mucho oscilando entre las 600.000 y las 700.000 t desde 1988 hasta ahora.

Las capturas de túnidos tropicales se realizan por medio de distintas artes de pesca. Probablemente la forma más antigua de pesca de túnidos, salvando los primeros registros de pescas con almadraba de tiempo de los Fenicios (Regueira y Regueira, 1993), sean los sistemas de anzuelo como las cañas, curricanes y palangres. Si bien el desarrollo de estos artes puede ser anterior al cerco, nos concentraremos en el estudio del arte que utiliza *nuestra flota de estudio*¹. Comparando las estadísticas de captura total de túnidos (FAOSTAT, 1998) y las de capturas de las tres especies más importantes (rabil, listado y patudo) con arte de cerco según la información de las distintas Comisiones u Organismos Internacionales (CIAT, 1998;

¹ Nos referimos a la flota atunera española de cerco que opera en el Índico, y a los barcos asociados a armadores españoles con banderas extranjeras.

CICAA, 1998; CTOI, 1998; SPC, 1998) ésta captura supone el 48% de la captura mundial de túnidos. Por océanos la importancia de la captura de cerco sobre la captura total de túnidos es algo distinta. Mientras que en el Pacífico supone el 67%, en el Atlántico solo llega al 32% y en el Índico baja hasta el 28%. Lógicamente la proliferación de otras flotas (palangre, caña, etc.) en estos dos últimos océanos es mucho mayor que en el Océano Pacífico.

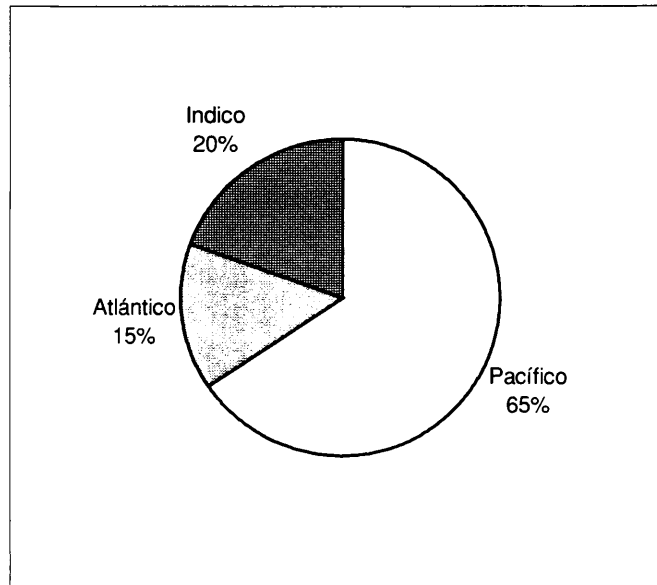


Figura 6.- Contribución (porcentaje promedio de 1984 a 1997) de cada océano a la captura mundial de túnidos (Estadísticas FAO, FAOSTAT 1998)

El arte de cerco se ha desarrollado desde los años 50, llegando a convertirse en el arte principal por su volumen de captura de túnidos tropicales. Podemos decir que existen cuatro grandes pesquerías de túnidos tropicales al cerco:

- El Pacífico Oriental fue la zona donde se desarrolló la primera pesquería de cerco en los años 40. Pronto se transformó en una pesca industrial que debía ser controlada. Para ello se creó la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) en 1950.
- En el Atlántico Oriental se empezó a desarrollar la pesca de cerco hacia los primeros años 50, siendo en los años 60 cuando se transformó en una pesquería industrial consolidada. Las pesquerías de túnidos del Atlántico están regidas por las recomendaciones de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA), creada en 1966.
- En el Pacífico Occidental las primeras operaciones de pesca de cerco se registraron a finales de los años 60, siendo a finales de los 70 cuando se produjo el verdadero desarrollo a nivel industrial de la pesquería. En este área no existe todavía una Comisión que controle las pesquerías de túnidos al nivel que sucede en otros océanos, si bien existen distintos organismos que supervisan los distintos aspectos

de la zona del Pacífico Central y Occidental como son el “Oceanic Fisheries Programme” (OFP) de la Comisión de Pacífico Sur (SPC) o el “Forum Fisheries Agency” (FFA) del Foro Pacífico Sur (SPF).

- Y por último el Océano Índico Occidental, donde se desarrollaron actividades de pesca de cerco industrial a primeros de los 80. Esta pesquería esta regida por la Comisión de Túnidos del Océano Índico (CTOI) establecida en 1994.

Las citadas Comisiones son los Organismos Internacionales de Gestión de todas las especies de túnidos, lo que implica que, aunque más arriba solo hayamos hablado de las pesquerías de cerco, también controlan otras de pesquerías de túnidos que si no son más importantes por volumen de pesca, son quizá más importantes por valor de la captura o por sus implicaciones sociales.

A partir de ahora centraremos nuestro estudio en las pesquerías de cerco, si bien más adelante haremos una breve descripción de las otras pesquerías de túnidos existentes en el Océano Índico. Para ello utilizaremos la información estadística que publican la Comisiones citadas más arriba a través de sus boletines estadísticos, por lo que tendremos información de capturas del Pacífico Oriental (CIAT, 1998), Pacífico Occidental (SPC, 1998), Índico (CTOI, 1998) y Atlántico (CICAA, 1998) (Tabla 2).

Las tres especies objetivo de las pesquerías de túnidos tropicales al cerco son el rabil (*Thunnus albacares*) y el listado (*Katsuwonus pelamis*) y el patudo (*Thunnus obesus*), aunque no se considera una especie objetivo de la flota de cerco, pero es capturado en asociación con las otras especies en cantidades considerables. Otras especies de túnidos asociados a estas capturas son melvas (*Auxis spp.*) y bacoretas (*Euthynnus spp.*).

Tabla 2. Captura con arte de cerco por océanos de las tres especies de túnidos tropicales más importantes (x 1.000 t). (*Abreviatura de especies: YFT = Rabil, BET = patudo y SKJ = listado).

Especie	Pesquería	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
YFT*	Índico	67	107	80	102	113	126	146	116	147	142	-
	Atlántico	93	79	114	134	115	105	109	106	86	96	-
	P. Oriental	267	282	283	268	235	233	224	213	220	246	255
	P. Occidental	132	75	133	147	182	218	228	200	155	87	222
BET*	Índico	6	7	9	8	17	11	14	19	30	25	-
	Atlántico	7	8	6	9	21	21	31	28	22	26	-
	P. Oriental	1	1	1	5	4	5	8	29	36	51	51
	P. Occidental	12	7	13	10	12	18	15	10	13	16	26
SKJ*	Índico	100	114	137	115	111	161	136	164	149	125	-
	Atlántico	56	69	49	77	126	86	120	99	89	91	-
	P. Oriental	59	80	88	70	60	81	82	71	131	109	156
	P. Occidental	288	399	404	512	663	619	476	613	591	610	506

Las capturas de rabil (YFT en la Tabla 2) son bastante estables en todas las pesquerías excepto en el Pacífico Occidental. La pesquería del Pacífico Oriental se destaca de todas por

el alto nivel de captura de rabil, debido a que las flotas americanas tienen gran tradición de sistemas de pesca casi exclusivos de esta especie (pesca sobre delfines). Como ya hemos adelantado, en el Pacífico Occidental las capturas de rabil son bastante oscilantes debido a grandes variaciones en las flotas que lo explotan y grandes cambios ambientales que afectan mucho la capturabilidad del rabil en aquella zona. En el Atlántico la captura de rabil es estable alrededor de las 80.000 – 100.000 t durante los últimos años. Sin embargo en el Índico las capturas de esta especie han ido aumentando en los años 90 pasando de las 100.000 t a las 140.000t.

Las capturas de patudo (BET en la Tabla 2) han sido tradicionalmente muy bajas en las pesquerías de cerco, pero en los últimos años han experimentado un aumento progresivo en todas las pesquerías debido principalmente a la captura de esta especie asociada a objetos flotantes.

El listado (SKJ en la Tabla 2) es la especie principal en la captura de la flota que faena en el Pacífico Occidental, muy por encima de las cantidades de listado pescadas en las otras pesquerías. En el Pacífico Oriental, donde la captura de esta especie era la menor de las cuatro pesquerías consideradas, su volumen ha aumentado en los últimos años pasando de 80.000 t a 150.000 t. En el Atlántico la producción de listado parece haberse estancado en los últimos años entorno a las 90.000, después de dos años por encima de las 120.000 t. Por último en el Índico, la producción de listado es bastante variable según los años oscilando entre 100.000 t y 160.000 t.

2.1.2 - Antecedentes Históricos de la pesca industrial de túnidos en el Océano Índico

Los túnidos como fuente de proteína animal, son explotados tradicionalmente por los países ribereños del Océano Índico desde hace mucho tiempo como parte más o menos importante, de la captura de las flotas artesanales de estos países.

El desarrollo de la pesca de túnidos a nivel industrial comenzó en los años 50 con la expansión de la flota palangrera japonesa (1952) y taiwanesa (1954) desde el Océano Pacífico hasta el Océano Índico Oriental (IPTP, 1986), expandiéndose en los años sucesivos por todo el Índico. Después de la llegada de la flota coreana en 1966 (Lee, 1985), se alcanzó la captura máxima de la flota palangrera en el Océano Índico (186.790 t en 1968). En la actualidad la reciente expansión de palangreros chinos por el Océano Índico, ha supuesto un nuevo salto en las capturas de esta flota, si bien es difícil la estimación precisa de sus capturas por el difícil control de parte de esta flota (241.887 t estimadas en 1983) (IPTP, 1986).

La flota europea de cerco atunero, fue la segunda flota industrial introducida en el Índico a principios de los años 80. El desplazamiento de esta flota, estuvo precedido de una

serie de campañas exploratorias realizadas en el Índico desde 1971 a 1985 (Stéquert y Marsac, 1989). De la numerosas experiencias realizadas con distintos artes de superficie (caña, curricán y cerco) en dicho período, podemos destacar las siguientes por ser las claves para el desarrollo de la pesquería actual de cerco en el Índico Occidental.

Las primeras campañas de pesca exploratoria de atunes de superficie con resultados positivos se llevaron a cabo por el ORSTOM² con el cerquero francés "L'Ille de Sein" desde diciembre de 1980 hasta marzo de 1981 (Le Hir y Stéquert, 1981) y por el Instituto Español de Oceanografía (IEO) con dos barcos cañeros españoles ("Bahía de Santoña" y "Nueva Madre del Cantábrico") desde junio 1981 a marzo 1982 (Cort, 1983). Los resultados positivos de estas campañas fueron seguidos de otra campaña del ORSTOM con el barco cerquero "Yves de Kerguelen" desde noviembre de 1981 hasta junio de 1982 (Marsac *et al.*, 1983) coordinado con una campaña de prospección aérea (Marsac, 1983). Posteriormente y ya bajo un acuerdo de cooperación entre el gobierno de Seychelles y un grupo armador francés, se llevo a cabo una campaña exploratoria a mayor escala, con la participación de 6 cerqueros franceses desde diciembre de 1982 hasta noviembre de 1983 (Poitier y Marsac, 1984).

Anteriormente a estas campañas, una compañía mixta entre Japón y Mauricio, comenzó a operar desde Mauricio a nivel industrial en 1979, para abastecer una conservera creada en Mauricio (Sambo, 1985). El barco cerquero "Lady Sushil" fue el primer cerquero que comenzó operaciones de cerco a nivel industrial en el Océano Índico. Durante los primeros años, este barco exploró tanto el Índico Oriental como el Occidental, sin obtener resultados satisfactorios.

En el año 1984 la pesca de cerco comenzó a desarrollarse a gran escala con el traslado de gran parte de la flota cerquera española, francesa y asociadas (cerqueros con banderas de conveniencia regidos por armadores españoles o franceses) que hasta entonces faenaba en el Atlántico (Cort, 1985; Hallier y Marsac, 1985). Este desarrollo fue seguido por el traslado de parte de la flota rusa de cerco en 1985 (Demidov y Romanov, 1988) y de parte de la flota japonesa en 1988 (Suzuki, 1991). Mauricio aumentó su flota en 1987 (Munbodh y Ramcharrun, 1988) y Seychelles hizo un intento fallido de desarrollo de la pesca industrial de cerco entre 1991 y 1992.

En la actualidad existe una flota estable que consta de unos 50 cerqueros de distintas nacionalidades (españoles, franceses, rusos, mauricianos, panameños, belicianos) operando en el Océano Índico Occidental y utilizando Seychelles como base principal, y otras bases de transbordo alternativas como Antsirananana (Madagascar) y Mombasa (Kenia). La flota

² ORSTOM = Institut Française pour le Développement en Cooperation.

japonesa de cerco empezó a explotar la parte este de este océano de forma experimental en 1991, para abandonar por completo el Índico Occidental desplazándose hacia la región Oriental del Índico en 1994 (Okamoto y Miyabe, 1995).

2.1.3 - Evolución de la pesca de túnidos en el Océano Índico

Como se ha adelantado en la sección anterior, la pesca artesanal es la más antigua forma de explotación de los recursos de túnidos en el Océano Índico, seguida por el desarrollo de la pesca palangrera por las flotas orientales en los años 50 y continuada por la llegada de la flota industrial de cerco en los años 80. Desde entonces la captura de túnidos en el Océano Índico ha aumentado progresivamente sobrepasando el millón de toneladas de túnidos y especies afines desde 1993 (1.034.893 t en 1994) (Anón., 1996).

La falta de cobertura estadística de las pesquerías de túnidos en el Índico, justificó la creación del Programa del Atún Indo-Pacífico (IPTP³), financiado en principio conjuntamente por la FAO⁴ y el Gobierno Japonés a través de sus Fondos Fiduciarios (JTF⁵) a principios de los 80, y más tarde financiado también por los países participantes. Este programa sirvió como embrión de la Comisión de Túnidos del Océano Índico (CTOI), actuando como recopilador de las estadísticas de pesca de túnidos realizadas en éste Océano, desarrollando los sistemas de recopilación de estadísticas de pesca de los países ribereños y sirviendo de foro de discusión para los países interesados en la evaluación de las poblaciones de túnidos del Índico. A diferencia de la actual CTOI, el IPTP no tenía ninguna capacidad de gestión de las poblaciones de túnidos del Índico, y solamente proporcionaba recomendaciones al Comité para la Regulación de Túnidos del Océano Índico, existente dentro de la Comisión de Pesca del Océano Índico (IOFC⁶) de la FAO.

Las series estadísticas disponibles para este Océano que ha podido recopilar el IPTP hasta el final de su existencia (octubre 1997), arrancan desde 1970, si bien la pesca palangrera oriental, está documentada desde el inicio de sus actividades pesqueras en el Índico en las estadísticas nacionales de los tres países que forman ésta flota: Japón, Corea y Taiwán.

La evolución de las capturas de túnidos en el Océano Índico puede apreciarse en la Figura 7 . Podemos diferenciar tres períodos bastante claros:

- Una primera fase (1970 - 1978) en la que la captura total aumenta ligeramente de 202.000 t. en 1970 hasta 279.000 t. en 1977 (promedio de 243.000 t.), debido al aumento

³ *Indo Pacific Tuna Project.*

⁴ *Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.*

⁵ *Japan Trust Fund.*

⁶ *Indian Ocean Fisheries Commission.*

moderado de las capturas realizadas por las flotas artesanal y palangrera. La flota artesanal pasó de las 107.000 t de 1970 a las 158.000 t de 1976, promediando durante el período 136.000 t. La flota palangrera oriental pasó de las 85.000 t. de 1970 a las 131.000 t. de 1978, con un promedio para el período de 103.000 t. La captura de cerco durante este período promedió 3.700 t.

- La segunda fase (1978 - 1984) está marcada por el incremento continuo de las capturas artesanales hasta duplicar en 1984 los valores de 1978 (230.000 t en 1984); y por el comienzo del desarrollo de la pesca de cerco (127.000 t en 1984). Las capturas de palangre se mantienen aproximadamente en los mismos niveles de la fase anterior (promedio de 111.000 t.). La captura total aumenta significativamente de 285.000 en 1979 hasta 469.000 t. en 1984.

- Y una tercera fase (1984 -1994) de desarrollo espectacular de las capturas de las dos flotas principales que operan en este Océano: artesanal y cerco. Las capturas de la flota artesanal pasan de casi 300.000 t. en 1985 hasta casi 500.000 t. en 1994. Las capturas de cerco se duplican desde el año 1985 (148.000 t.) hasta el tope alcanzado en 1992 de 325.000 t., manteniéndose por encima de las 300.000 t. en los dos últimos (1993 y 94). Las capturas de palangre van aumentando paulatinamente durante la segunda mitad de los años 80, hasta que a principios de los 90 duplican la captura anual de fases anteriores (263.000 t en 1993).

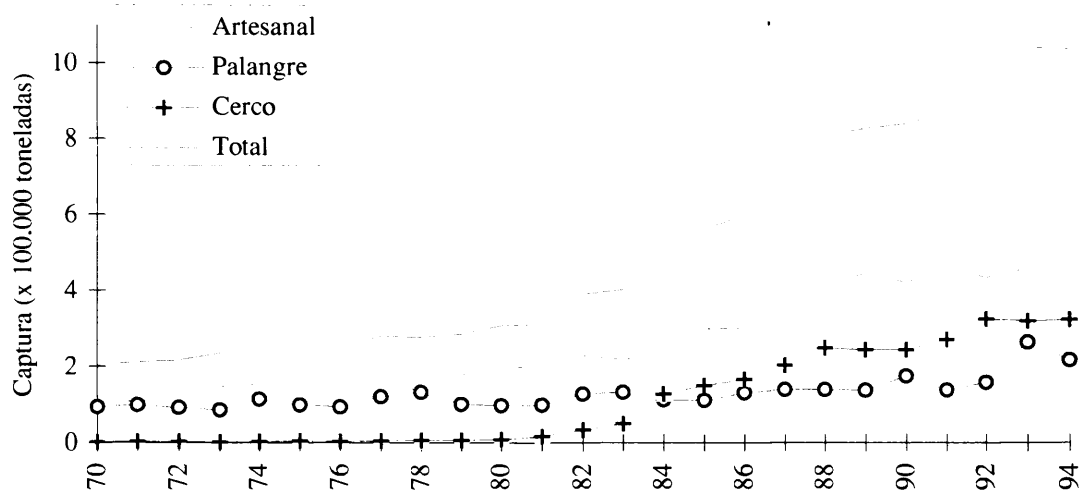


Figura 7. Captura total de túnidos y especies afines (marlines y petos) en el Océano Índico desde 1970 hasta 1994 según tipo de flota (artesanal, cerco y palangre industrial). Base de Datos IPTP (Tunastat PC 1.1) actualizada en agosto de 1996.

El brusco aumento observado en las capturas de los años 80 es debido, entre otros, a dos motivos principales (Figura 7):

1- La mejora de la captura de la flota artesanal debido a la motorización de las embarcaciones, transformándose en algunos países en pesca semi-industrial e industrial.

2- El comienzo de la explotación de las poblaciones de túnidos tropicales por la flota industrial de cerco.

La mejora en los sistemas estadísticos nacionales y regionales puede haber contribuido en alguna medida, difícil de cuantificar, al aumento de las capturas registradas por la flota artesanal. Desde el establecimiento del IPTP, los sistemas de recopilación estadística de los países ribereños del Índico, fueron revisados y paulatinamente mejorados incluyendo mayor cobertura en los muestreos, lo que en ciertos casos hace aumentar la captura de ciertas especies e incluso del total nacional, gracias a una cobertura estadística más adecuada y no por un verdadero aumento de la pesca en sí.

Los países incluidos en el grupo de artesanales son todos los países ribereños con capturas de túnidos, excepto Mauricio que posee una pequeña flota de cerco industrial, y por lo tanto se agrupa con dicha flota. En el grupo de cerco, además de Mauricio se han incluido las capturas de España, Francia, Rusia y Japón, así como las capturas registradas bajo distintos pabellones de conveniencia (Belice, Panamá, Islas Caimán, Costa de Marfil, Gran Bretaña y Malta). El grupo de los palangreros está compuesto por las capturas registradas en las estadísticas nacionales de Corea, Japón y Taiwán enviadas al IPTP, más las capturas registradas bajo el pabellón de conveniencia de Honduras, así como la captura de la flota palangrera de La Reunión (Francia).

La explotación de túnidos en el Océano Índico está claramente centrada en su mitad occidental (área IPTP / FAO 51) como muestra la Figura 8. Desde el comienzo de la serie estadística (1970), la captura de túnidos en la parte occidental del Índico ha sido siempre superior a la de la parte oriental, pero desde el principio de los años 80, el aumento de la captura total en el Océano Índico es debido enteramente al desarrollo espectacular de la pesquería de cerco en la parte occidental, mientras la captura de la parte oriental va aumentando muy ligeramente a lo largo de los años.

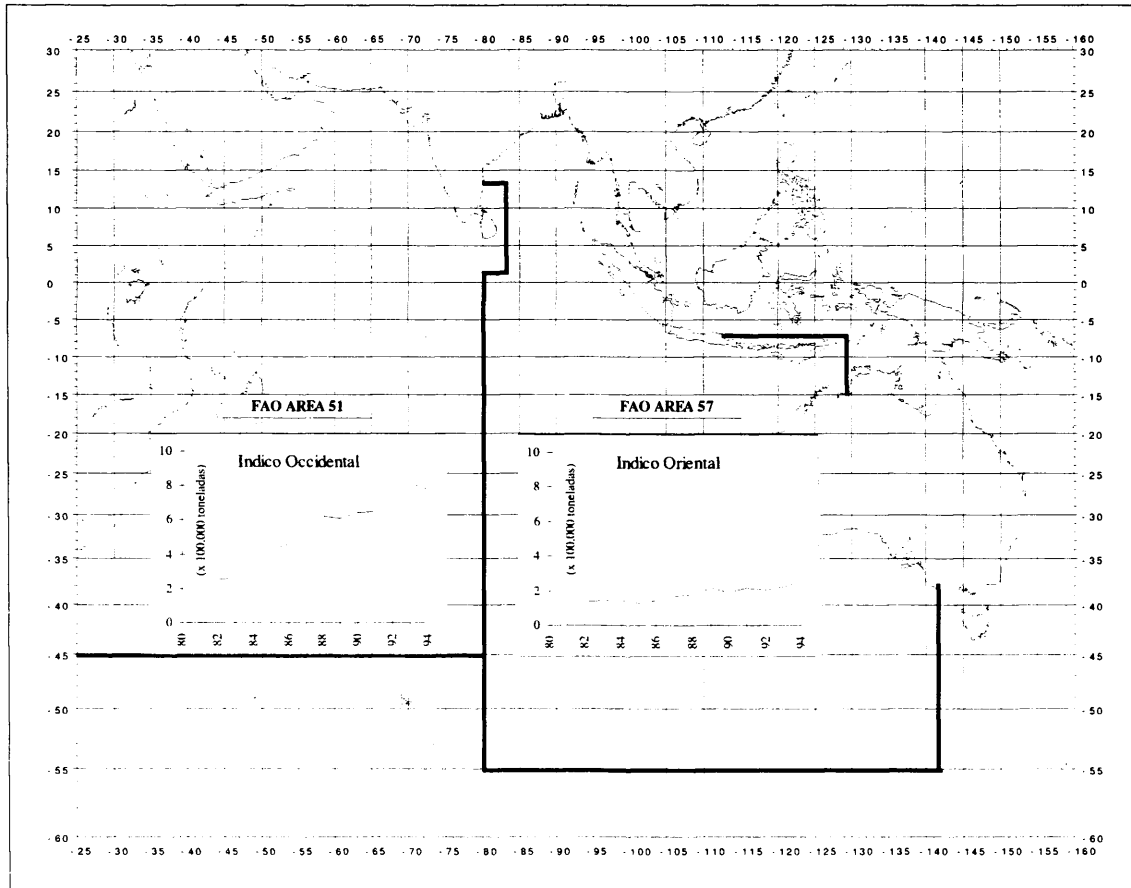


Figura 8. Mapa de las zonas estadísticas FAO existentes en Océano Índico y captura total de túnidos y especies afines en el Océano Índico desde 1980 hasta 1994 por zona IPTP / FAO (Índico Oriental = área 57; Índico Occidental = área 51). Base de Datos IPTP (Tunastat PC 1.1) actualizada en agosto de 1996.

Por lo que se refiere a las capturas por grupo de especies, la Figura 9 deja bien claro que la explotación de túnidos del Océano Índico, está compuesta en su mayoría por las especies de *atunes pelágicos* (ver glosario), con unas ciertas cantidades importantes para pesquerías locales de *atunes neríticos* y *petos* (ver glosario). La Figura 9 también nos muestra que el incremento de captura total de túnidos en los años 80, se debe prácticamente en exclusiva a los atunes pelágicos.

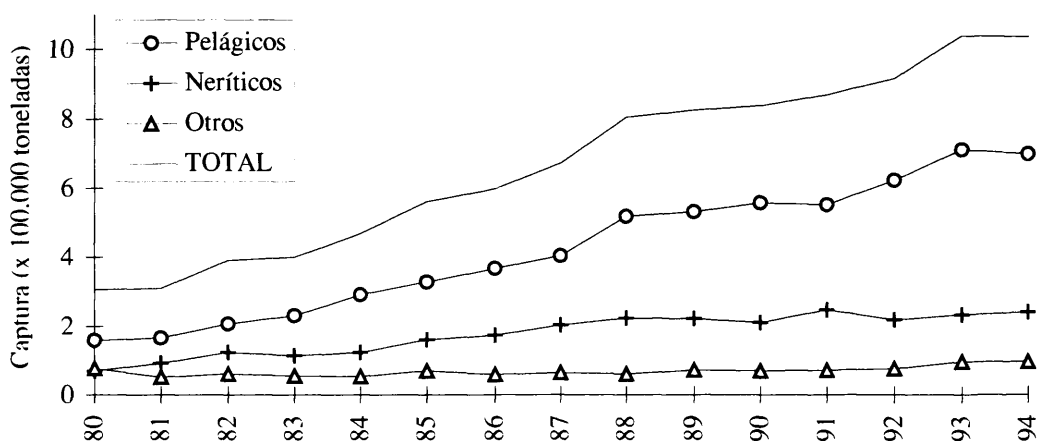


Figura 9. Captura total de túnidos y especies afines en el Océano Índico desde 1980 hasta 1994 por grupos de especies. Base de Datos IPTP (Tunastat PC 1.1) actualizada en agosto de 1996.

De este grupo de atunes pelágicos, está claro que las especies más capturadas son las dos especies dominantes en la pesca de túnidos tropicales de todos los océanos, esto es el rabil y el listado (Figura 10). Aunque hasta principios de los 80, el listado haya sido la especie más capturada a lo largo de la serie, las cantidades de rabil y patudo han estado muy próximas a las capturas de listado, ya que el palangre era el único arte industrial pescando en el Índico. Antes del colapso de la población de atún rojo del sur, a principios de los 80, las capturas de esta especie en el Índico llegaron a suponer alrededor de un 15% de la captura total de atunes pelágicos en 1970. Estos hechos, cambiaron radicalmente con la llegada de la flota industrial de cerco y con la mejora de los rendimientos de ciertas pesquerías artesanales (i.e. India, Maldivas, Sri Lanka, Omán), disparándose las capturas de rabil y listado hasta constituir entre ambas cerca del 90% de las capturas de atunes pelágicos en el Océano Índico.

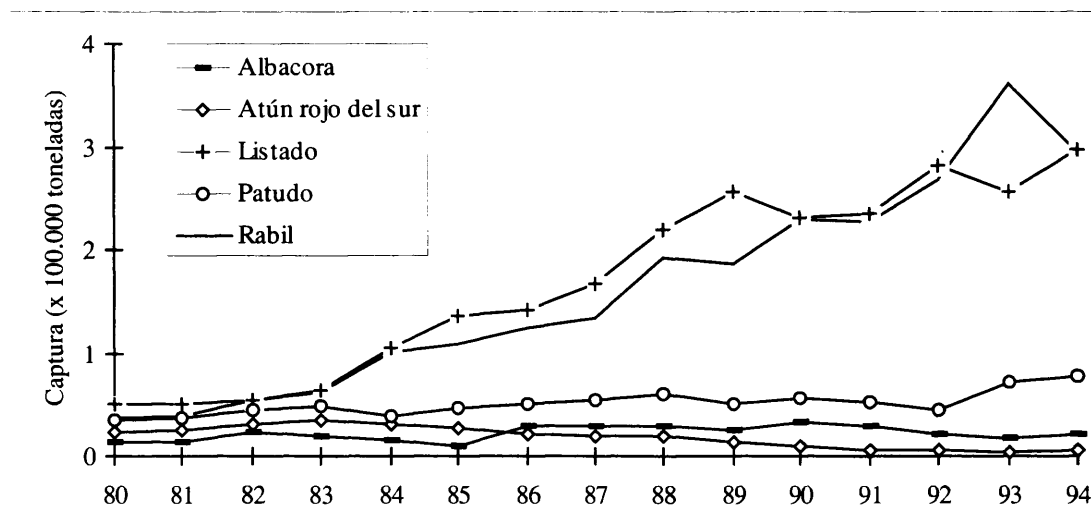


Figura 10.- Captura total de atunes pelágicos en el Océano Índico desde 1980 hasta 1994 por especies. Base de Datos IPTP (Tunastat PC 1.1) actualizada en agosto de 1996.

Durante los primeros años de desarrollo de la pesca industrial de cerco, uno de los debates más interesantes que se produjeron, fue el estudio de las interacciones entre una flota con tanto poder de captura como la cerquera, y las artes existentes antes de su llegada al Índico (Fonteneau, 1986; Kleiber, 1986; Suzuki, 1986, 1988a). Los problemas de interacciones han sido estudiados en todos los océanos (Suzuki, 1988b; Shomura *et al.*, 1991; Medley, 1991; SPC 1994; Shomura *et al.*, 1995), convirtiéndose en punto obligado de debate en las agendas de las comisiones científicas dedicadas a la conservación y estudio de las pesquerías de túnidos.

En el Índico en concreto, existen dos posibles interacciones que pueden crear conflictos en futuras reuniones de la CTOI. Ambas están relacionadas con la aparición de la gran flota cerquera. Por una parte, se cuestiona la posible interacción entre el palangre operado por flotas orientales (Japón, Corea y Taiwán) y el cerco industrial (Suzuki, 1988a), y por otra el efecto de las grandes capturas de cerco sobre los rendimientos de las pescas artesanales de ciertos países de la zona, especialmente Maldivas (Fonteneau y Hallier, 1990).

En el primer caso, la especie objetivo común para ambos artes (cerco y palangre) es el rabil. Hasta el momento, no parece apreciarse ningún efecto negativo en los rendimientos de los palangreros desde la llegada de los cerqueros a éste Océano (Bertignac, 1993a; Nishida, 1995) como pareció ocurrir en el Atlántico y el Pacífico Oriental (Suzuki, 1988b). En los estudios futuros de estas interacciones deberá tenerse en cuenta los factores espacio temporales y la distribución de edad de la captura de la especie objeto de la posible interacción. Así mismo dichos estudios deberán incluir los factores ambientales que influyen en el reclutamiento y la capturabilidad de la especie objetivo común de ambas flotas.

En el caso de las interacciones entre la flota artesanal y la flota de cerco, la especie afectada es el listado. Hasta el momento, tampoco existen pruebas que demuestren algún efecto de las grandes capturas realizadas por la flota de cerco, sobre los rendimientos de la pesca artesanal de Maldivas. Las razones por las que no parecen existir interacciones entre éstos artes, están más relacionadas con la propia biología del listado (corta vida y migración moderada) y su aparente bajo nivel de explotación (Fonteneau y Hallier, 1990).

La mayoría de las recomendaciones emitidas por los distintos foros que han estudiado específicamente los problemas de interacciones entre flotas (Shomura *et al.*, 1991; Shomura *et al.*, 1995), incluyen la realización de experimentos de marcado intensivo para evaluar la tasa de mezcla de los stock explotados por las distintas pesquerías, como método principal para un estudio adecuado de este fenómeno, complementado con estadísticas fiables de captura y esfuerzo, debidamente relacionadas en un esquema integrado de investigación.

En los siguientes apartados describiremos la evolución del desarrollo de las pesquerías de túnidos en el Océano Índico Occidental, y el aporte de las distintas flotas a la captura de las dos especies más importantes de atunes tropicales: rabil y listado.

2.1.3.1 - Pesquerías artesanales

Aunque desde el principio de este estudio hemos comenzado a hablar de pesca artesanal para referirnos a las pesquerías de los países ribereños, el término artesanal es en principio válido por el origen de la mayoría de las pesquerías locales a través del tiempo. Concretamente a partir de la década de los 80, este término no refleja con exactitud la realidad del desarrollo de las pesquerías locales. Un término más apropiado sería el de "pesquería semi-industrial", e incluso en algunos casos concretos (cerqueros iraníes y seychellianos, palangreros hindúes y reuioneses, ...) el término industrial estaría plenamente justificado, pero por motivos prácticos, mantendremos el término "artesanal" para hablar de la pesca de los países ribereños.

Como ya se apuntó en el apartado anterior, la contribución de las pesquerías artesanales de los países ribereños del Océano Índico al total de la captura es muy importante (Figura 11). En el conjunto del Índico, la importancia relativa de la captura de túnidos y afines de la flota artesanal es bastante estable y desde 1970 a 1994 oscila entre 44 y 66% (promedio 54%).

La flota artesanal del Índico es muy diversa tanto en las artes empleadas como en las especies objetivo. La flota de cada país suele ser de un tipo característico, mezcla de distintos artes y dirigida a distintas especies. A continuación describiremos las principales flotas que operan en el Índico Occidental, que es donde centraremos nuestro estudio.

Como podemos apreciar en la Figura 11, existen dos modalidades de pesca que destacan por su nivel de captura: el enmalle y la caña (o cebo vivo). Como se apuntó anteriormente, la calidad de las estadísticas de pesca de la flota artesanal es en ciertos casos mediocre, de ahí que las capturas realizadas con artes sin identificar sean tan altas.

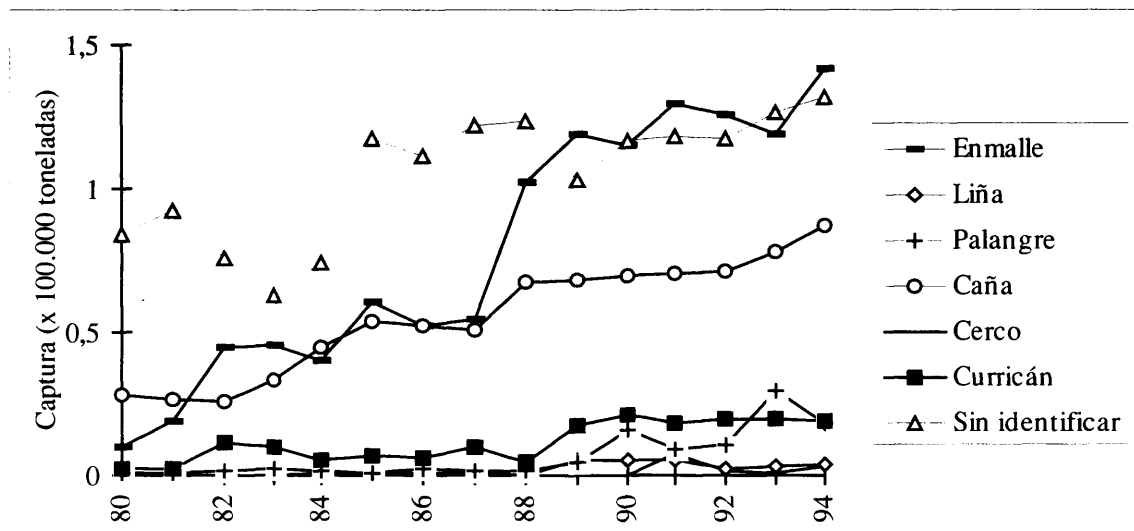


Figura 11. Captura de la flota artesanal en el Océano Índico Occidental según modalidades de pesca desde 1980 a 1994. Base de Datos IPTP (Tunastat PC 1.1) actualizada en agosto de 1996.

La pesca con enmalle se practica sobre todo en la parte norte del Mar de Arabia (Golfo Pérsico, Golfo de Omán y costas de Pakistán y norte de India). Las especies objetivo de esta pesquería son principalmente los atunes neríticos: tongol (*Thunnus tongol*), bacoreta oriental (*Euthynnus affinis*) y carites (*Scomberomorus spp.*). Últimamente, debido al alto valor que adquieren otras especies, esta pesquería captura una cantidad considerable de túnidos oceánicos, sobre todo rabil. Las estadísticas de captura de esta especie en el Mar de Arabia, son un ejemplo de lo comentado más arriba sobre la calidad de las estadísticas de la flota artesanal. Por ejemplo en las estadísticas de pesca de Irán, el rabil y el listado estaban incluidos en las capturas de tongol, y a partir de 1990 se empieza a separar la captura de rabil y listado del total de tongol, con el consiguiente descenso de las capturas de ésta última especie (Firoozi, 1993). El enmalle también es utilizado en Sri Lanka, donde lo combinan con palangres pequeños para capturar rabil, listado y tiburones.

La otra gran pesquería artesanal del Índico Occidental, es la pesca con caña o cebo vivo y curricán de Maldivas. La especie objetivo de esta pesquería es el listado, si bien el rabil está siendo también objetivo de esta extraordinaria pesquería, que empieza a introducir la pesca con liña para capturar ésta especie. Esta pesquería, de la que depende en gran medida la economía de todo el país (Hafiz, 1985; Hafiz y Anderson, 1993), es un claro ejemplo de lo apuntado anteriormente sobre las razones del aumento de la captura de la flota artesanal en años recientes. La introducción de motores en los barcos de cebo vivo, tradicionalmente propulsados a vela, ha hecho que la captura de este país se haya duplicado

en 10 años (Anderson *et al.*, 1995) y se haya pasado de un sistema puramente artesanal (cañeros a vela y conservación en seco) a un sistema semi-industrial (cañeros motorizados, con barcos auxiliares de recogida y centros de congelación).

El curricán aparte de ser utilizado en Maldivas, también es una modalidad de pesca utilizada en Comores y Madagascar, donde las especies objetivo son el listado y el rabil, si bien los niveles de captura son muy bajos.

Otro arte con cierta importancia local es el palangre. Ya hemos apuntado que el palangre es utilizado en Sri Lanka en combinación con el enmalle. En Omán también están registradas capturas de rabil con palangre, si bien no está del todo claro que ésta sea una verdadera pesca artesanal, porque se conocen las actividades de palangreros industriales taiwaneses bajo bandera de países costeros del Índico (India, Indonesia, Malasia, Pakistán, Tailandia,...). Por último, existe una mínima captura de rabil y atunes neríticos con liña en la islas Comores y de melva (*Auxis thazard*) en Sri Lanka.

Las especies más importantes capturadas por la flota artesanal en el Índico Occidental, son por orden de importancia: listado, rabil, carites (carite estriado, *Scomberomorus commerson*; y carite del Indo-Pacífico, *S. guttatus*), bacoreta oriental y atún tongol (Figura 12).

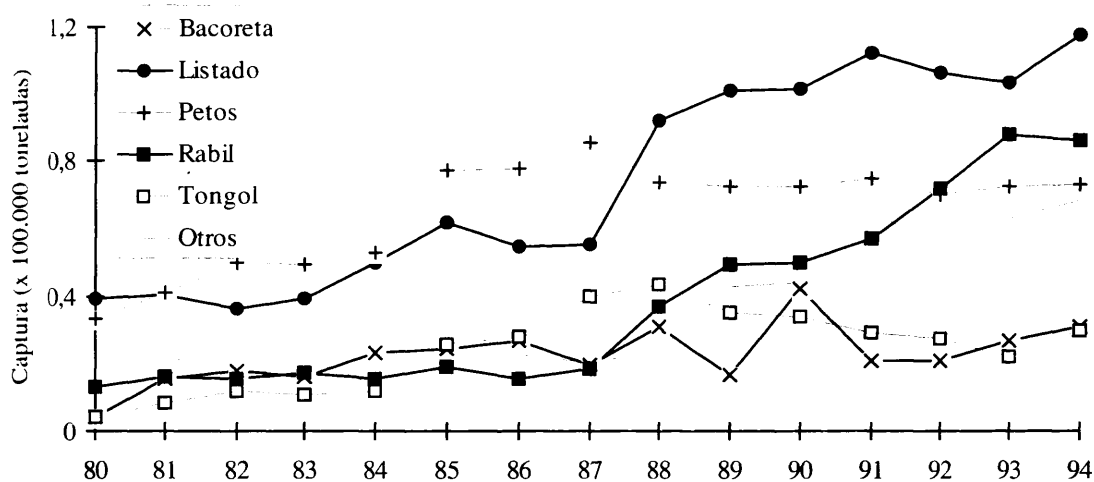


Figura 12. Captura por especies de la flota artesanal en el Océano Índico Occidental (área IPTP 51) desde 1980 hasta 1994. Base de Datos IPTP (Tunastat PC 1.1) actualizada en agosto de 1996.

Si observamos las capturas de la flota artesanal en el Índico Occidental (área 51), podemos apreciar la importancia creciente que tienen las capturas de listado y de rabil durante los últimos años (Figura 12). El listado es la especie más capturada por la flota artesanal, constituyendo entre el 23 y el 32% de la captura total de túnidos y especies afines realizada por ésta flota. El rabil por su parte, ha ido ganando importancia a medida que la flota artesanal ha ido transformándose hacia una flota semi-industrial con necesidad de

pesca especies de alto valor comercial. En los últimos 5 años (Figura 12), la contribución del rabil a la captura total de túnidos de la flota artesanal ha pasado del 7 al 23%. Es decir que el conjunto de las dos especies que nos interesan en este trabajo, constituyen en los últimos años de estadísticas disponibles (1994) alrededor del 50% de la captura total de túnidos y especies afines de la flota artesanal en el Océano Índico Occidental.

El listado es en gran parte la especie más capturada por la flota artesanal, por la gran pesquería de Maldivas (69.410 t. en 1994) y de Sri Lanka (21.548 t, 1994) (Figura 13). Otros países que contribuyen a la captura de ésta especie, como captura accesoria son India (8.437 t.), Pakistán (8.126 t.), Irán (7.400 t.) y Comores (2.185 t.).

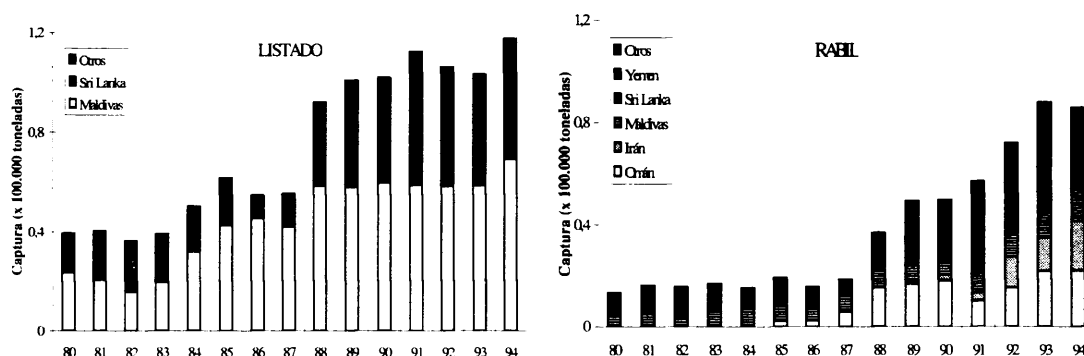


Figura 13. Captura artesanal de listado (izquierda) y rabil (derecha) por país en el Océano Índico Occidental desde 1980 a 1994. Base de Datos IPTP (Tunastat PC 1.1) actualizada en agosto de 1996.

La pesca de rabil aumentó en los países ribereños del Índico Occidental durante los años 90 (Figura 13) destacando las capturas que obtiene Omán (22.003 t en 1994) con una flota de pequeños palangreros orientales bajo bandera de aquel país y por medio de su flota artesanal (trasmallo y liña). Otros países por encima de las 10.000 t./año son Irán, Maldivas, Sri Lanka y Yemen si bien las capturas de este último país son estimaciones del IPTP, que asume que existen palangreros orientales abanderados en aquel país que no se contabilizan en las estadísticas nacionales (Anón., 1996).

La flota artesanal del Índico es muy importante si la comparamos con otros océanos, ya que contribuye con el 50% de la captura total de túnidos en este Océano. Las especies objetivo de ésta flota están convergiendo hacia las mismas que la flota industrial, por lo que las estimaciones de población que se realicen tendrán que estar basadas en unas estadísticas suficientemente válidas para el uso de los modelos de estimación indirecta utilizados en biología pesquera. Como ya se ha apuntado arriba, la calidad de las estadísticas de pesca de las flotas artesanales, con la excepción de la bien controlada pesquería de Maldivas, está lejos de ser la ideal para el uso de modelos de dinámica de poblaciones. Por lo tanto, unas de las principales tareas de los países ribereños, será facilitar información a la CTOI con un

mínimo de calidad para poder ser utilizados en las evaluaciones de las poblaciones de túnidos del Índico.

2.1.3.2 - Pesquerías de palangre industrial

En esta apartado se describen las capturas de la flota industrial de palangre compuesta por tres países orientales: Japón, Corea y Taiwán. También se incluye la pequeña porción asignada en los registros del IPTP a Honduras, en su mayoría palangreros taiwaneses bajo bandera extranjera.

Como se adelantó en capítulos anteriores, esta flota es operativa en el Océano Índico desde hace más de 40 años. Históricamente la composición específica de la captura de esta flota, está relacionada en cierta medida con la nacionalidad de las flotas, pero en la actualidad las distintas flotas pescan indistintamente patudo y rabil principalmente (Figura 14), por ser las dos especies más cotizadas en el mercado japonés de *shashimi*, muy por detrás del muy apreciado, pero menos abundante atún rojo. El listado es una especie que se captura esporádicamente con el arte de palangre.

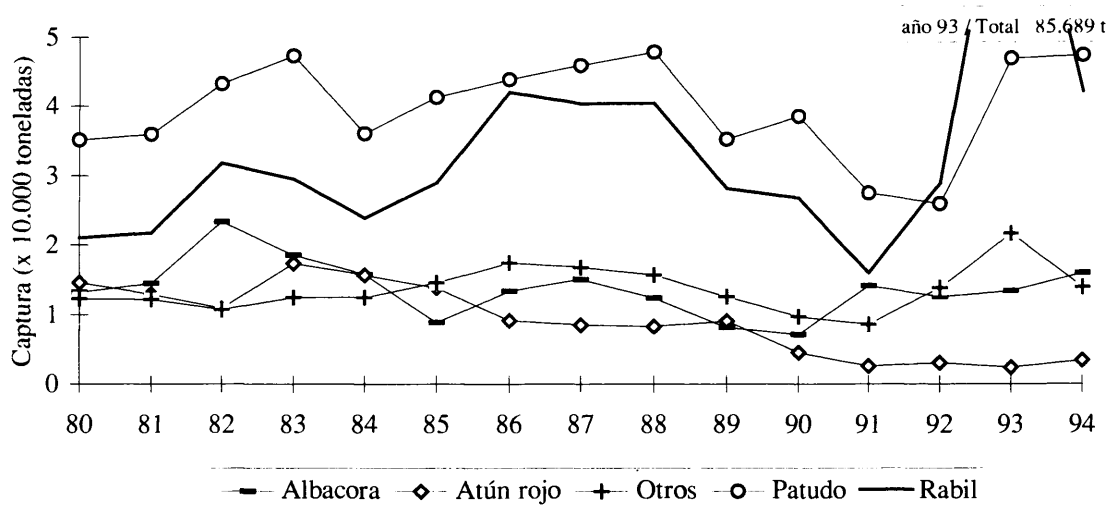


Figura 14. Captura por especies de la flota palangrera en el Océano Índico Occidental (aérea IPTP 51) desde 1980 hasta 1994. Base de Datos IPTP (Tunastat PC 1.1) actualizada en agosto de 1996.

El patudo es la especie más capturada con el palangre en el Índico, hasta los 90, en que las capturas de rabil superan o se equiparan a las de patudo. Las extraordinarias capturas de rabil de 1993 (Figura 14), se deben posiblemente a un problema estadístico de la flota taiwanesa que se explicará más adelante. Las capturas de atún blanco (*Thunnus alalunga*), sufren un descenso considerable desde mediados de los 80 para volver a remontar a principio de los 90 (15.915 t., 1994) tras la prohibición de las operaciones de pesca con redes de deriva

realizada por la flota de Taiwán. Las capturas de atún rojo del sur (*Thunnus maccoyii*), especie objetivo de la flota japonesa, decrecen hasta estabilizarse entre las 2.500 y 3.500 t. a primeros de los 90. Agrupados en la categoría “Otros”, están las especies accesorias que suele capturar el palangre como marlines (*Istiophoridae*), pez espada (*Xiphias gladius*), petos, etc.).

En la actualidad la flota más numerosa y con mayor captura (75.074 t., 1994) en el Océano Índico es la flota taiwanesa (Figura 15), dispersa por todo el Océano y de difícil control, ya que operan muy a menudo como sociedades conjuntas en los países ribereños. Esta flota que hasta mediados de los 80 tenía como principal especie objetivo el atún blanco (Hsu y Liu, 1990), y que por lo tanto operaba bastante al sur del Índico (hasta 40°S), ha ido paulatinamente extendiéndose a todo el Océano y por lo tanto cambiando sus especies objetivo hacia el patudo y el rabil. Precisamente las capturas de rabil registradas por esta flota durante 1993 fueron excepcionales: 72.566 t, en el área 51 sólo. Esto supone más de un 250% de incremento con los años anterior y posterior, de ahí el pico de la Figura 14, lo que provocó las sospechas de la 5ª Reunión de Expertos del IPTP (IPTP, 1995b) corroborando así la dificultad del control de esta flota. Pese a todo, durante los últimos años, el rabil se ha convertido en la especie más capturada por la flota taiwanesa, superando incluso las capturas de patudo (29.271 t. por 23.990 t. en 1994) y duplicando las de atún blanco (14.407 t).

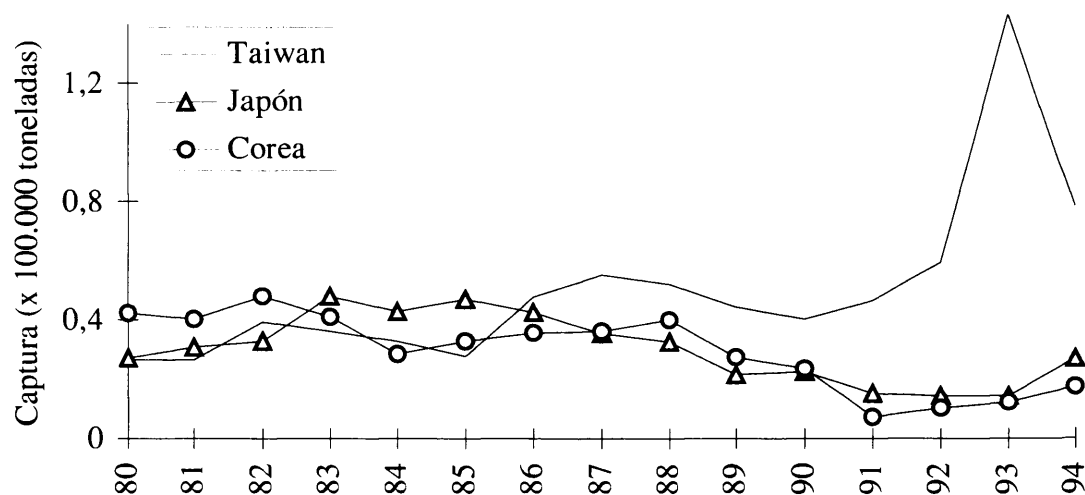


Figura 15. Captura de palangre por país en todo el Océano Índico desde 1980 a 1994. Base de Datos IPTP (Tunastat PC 1.1) actualizada en agosto de 1996.

La captura de la flota japonesa ha ido perdiendo importancia en el Índico desde mediados de los 70 (49.749 t, 1975) hasta llegar a las 14.000 t. en 1993 (Figura 15). Las capturas de 1994 (26.843 t) parecen reflejar una cierta recuperación de la flota nipona (Okamoto y Miyabe, 1995). Durante los primeros años la especie objetivo de los palangreros japoneses en el Índico era el atún rojo del sur y tras la regulación de esta pesquería por un

sistema de cuota a principios de los 80, la especie que reemplaza al atún rojo es el patudo, y secundariamente el rabil.

La flota coreana también ha ido perdiendo paulatinamente interés en el Índico desde finales de los 70 (77.847 t., 1978) hasta 1991, cuando esta flota sólo capturó 7.194 t (Figura 15) En la actualidad las capturas parecen subir ligeramente (17.486 t., 1994). Esta flota ha trabajado con dos tipos de palangre, de superficie y profundo, con distintas especies objetivo, rabil y patudo respectivamente (Lee, 1985; Yang y Park, 1988). Las capturas de ambas especies son similares a lo largo de la serie, si bien en los últimos tres años la captura de rabil permanece constante (3.500 - 4.000 t.) mientras que la de patudo ha aumentado considerablemente (2.400 - 9.400 t.).

2.1.3.3 - Pesquerías de cerco

Como ya se adelantó en secciones anteriores, las primeras capturas industriales de atún cor cerco en el Océano Índico fueron llevadas a cabo por la flota Mauriciana en los años 70, pero no es hasta 1984 con la llegada de la flota europea de cerco que hasta entonces faenaba en el Océano Atlántico, cuando las capturas de este arte empiezan a tomar verdadera importancia, siendo hasta estos días el arte más importante en capturas a nivel individual en el Océano Índico.

La mayoría de la flota de cerco tiene base en Puerto Victoria (Seychelles) y opera en la parte Occidental del Índico (área FAO 51). Las capturas de cerco en el Índico Oriental (área FAO 57) son mínimas hasta que en 1990 la flota japonesa comenzó a faenar en estas aguas (Olamoto y Miyabe, 1995).

Como la flota objetivo de este estudio está concentrada en el Índico Occidental, a partir de ahora consideraremos las capturas del área FAO 51 únicamente. Como podemos apreciar en la Figura 16, el crecimiento de las capturas de túnidos con cerco ha sido espectacular en los años 80 y aumenta todavía en los 90. Las especies dominantes en las capturas de este arte son el listado y el rabil, si bien el rabil es la especie más apreciada por su mayor valor comercial. Otras especies capturas son el patudo, y agrupadas en la categoría de "Otros" la albacora o atún blanco y la melva, si bien estas dos últimas en cantidades casi despreciables.

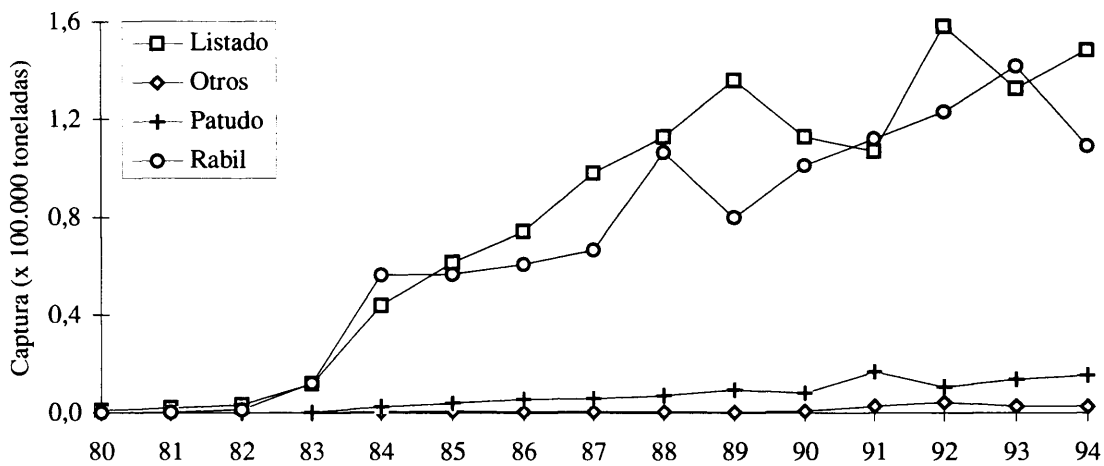


Figura 16. Captura por especies de la flota de cerco en el Océano Índico Occidental (área IPTP 51) desde 1980 hasta 1994. Base de Datos IPTP (Tunastat PC 1.1) actualizada en agosto de 1996.

Como se apuntó anteriormente, las flotas más importantes que faenan en el Índico son las europeas: francesa y española. Junto a estas dos flotas principales, y directamente relacionada con la española, existe una flota de barcos bajo pabellón extranjero que constituyen la tercera flota más importante del Índico en capturas (Figura 17). Estas tres flotas, operan de forma similar, es decir trabajan tanto a la pesca de flote que tiene como objetivo los bancos libres de rabil principalmente, como a la pesca con objeto que tiene como objetivo los cardúmenes mixtos de listado, rabil y patudo asociados a objetos flotantes. La captura del conjunto de esta flota supone el 82% de la captura total de cerco en el Índico Occidental desde 1990 a 1994. La flota que más capturó durante este periodo fue la española (108.727 t., 1994), seguido de la francesa (92.821 t., 1994) y de la de pabellón de conveniencia (42.940 t., 1994).

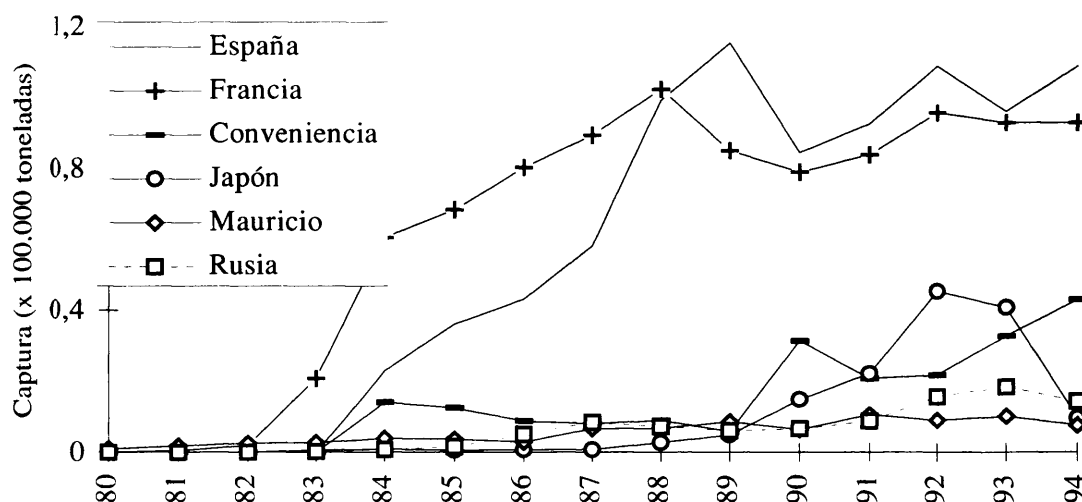


Figura 17. Captura de cerco por país en el Índico Occidental desde 1980 a 1994. Base de Datos IPTP (Tunastat PC 1.1) actualizada en agosto de 1996.

La flota japonesa, al igual que la flota mauriciana, trabaja prácticamente en exclusiva a la pesca con objetos (más del 95% de los lances) (Norungee y Shung, 1995; Okamoto y Miyabe, 1995). La captura de estas dos flotas supone el 13% de la captura de cerco desde 1990 a 1994 (Japón: 9.707 t., 1994; Mauricio: 7.692 t., 1994) (Figura 17). En la actualidad la flota japonesa de cerco, que abandonó el Índico Occidental totalmente en 1994 (Okamoto y Miyabe, 1995), mantiene una pequeña actividad en el Índico Oriental en vías de desaparecer por problemas de mercado ajenos al estado de los recursos.

Así mismo existe una flota rusa, abanderada en Liberia, operando en el Índico desde hace más de 10 años, pero su sistema de operación no es tan eficaz como el del resto de la flota y solo contribuyen con el 5% de la captura de cerco durante el período 1990-1994 (14.372 t., 1994) (Figura 17). Distintos problemas financieros han llevado a la quiebra, a uno de los dos grupos rusos que operaban en el Índico, habiéndoles sido embargados los seis barcos que operaban. Estos barcos han sido adquiridos por un grupo armador francés y otro español, que tras ligeras reparaciones los ha comenzado a utilizar a primeros del 97. Será muy interesante observar la diferencia de rendimiento de dichos barcos bajo control español o francés, en comparación con el poco eficaz sistema de trabajo ruso, una de las principales causas de que estos barcos no hayan resultado rentables.

La flota europea de cerco está aumentando sus efectivos en este Océano, con la proyección de expandir sus actividades hacia la parte oriental del Índico. En la actualidad ésta pesquería es una de las únicas en el mundo que permite hablar de expansión y de aumento de flota, debido a el aparente buen estado y la riqueza de recursos de túnidos que posee el Índico, si bien desde 1991 no se ha realizado ninguna estimación exhaustiva del

estado del recurso de rabil, especie más susceptible de sufrir los efectos de la explotación pesquera.

2.2 - DESCRIPCIÓN DE LA FLOTA DE ESTUDIO Y SU EVOLUCIÓN.

2.2.1 - Flota de estudio

Una vez presentada la importancia de la pesquería de túnidos con cerco en el Océano Índico, vamos a describir la evolución de la flota de estudio. Durante el presente trabajo estudiaremos la flota atunera de cerco española y asociada (barcos bajo bandera extranjera regidos por armadores españoles y tripulados por marineros españoles) ya que su modo de operar es el mismo y están incluidos en las mismas compañías. Algunos de los cerqueros, en principio españoles, han cambiado bandera por motivos ajenos a la pesca, sin que ello implique cambios de tripulación ni cambios en la operatividad del barco. Por lo tanto, en nuestro estudio, hemos considerado cada barco independientemente de la bandera que ondee en distintos momentos de la pesquería, siempre que sean regidos por compañías españolas.

La Tabla 3 presenta el número de barcos, por categoría de tamaño, que faenaron en el Océano Índico Occidental durante la serie de estudio. La flota de estudio está mayoritariamente compuesta de grandes cerqueros (1.000-1.400 t de capacidad), con un número más o menos estable de cerqueros medianos (600-1.000 t de capacidad). Durante los últimos años de la pesquería, el número total de unidades faenando en el Índico Occidental se ha estabilizado entorno a los 25 barcos.

Tabla 3. Número de barcos, por categorías de capacidad de carga, de la flota de estudio presentes en el Océano Índico Occidental desde 1984 a 1995.

Categoría	Capacidad	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	Total
6	600 - 800 t.	3	3	3	3	3	4	4	3	1	1	2	2	4
8	801-1.000 t.	3	3	4	2	4	6	6	5	4	4	3	3	9
10	1.001 - 1.200 t	6	6	5	6	6	7	7	7	7	8	8	7	10
12	1.201 - 1.400 t	4	6	2	5	7	7	9	8	11	11	11	11	11
20	>2.000 t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	TOTAL	16	18	14	16	20	24	26	23	23	25	25	24	35

Como se ha adelantado en el apartado anterior, la flota de estudio comenzó explotando los caladeros del Atlántico tropical, y tras la grave crisis del recurso de 1984 en aquellos caladeros, parte de la flota se trasladó al Índico. Dicha crisis, no fue tanto una crisis misma de abundancia de la población de rabil, si no más bien una reducción de la capturabilidad del stock adulto de rabil por motivos ambientales (Fonteneau, 1991a). Durante el periodo 1983-1984, se registraron importantes anomalías térmicas superficiales en el Atlántico Occidental

que hicieron descender la termoclina, descendiendo de esta forma la capturabilidad del rabil para la flota de cerco (Fonteneau, 1991b).

En total durante toda la serie de estudio, un total de 35 barcos distintos han faenado en el Índico (tabla 3), de los cuales sólo 5 han estado presentes en la pesquería durante todos los años de la serie y otros 8 han estado presentes en todos los años menos en dos. Este grupo de barcos constituirá el núcleo principal de nuestros análisis de flota.

Otro grupo de 4 barcos pescaron en el Índico desde 1984 a 1990, año en el que tres volvieron a los caladeros Atlánticos y uno se hundió en el Índico. En 1988 llegó otro grupo de 4 barcos, de los cuales dos se marcharon junto con el grupo anterior al Atlántico en 1990. y otros dos se mantienen en la pesquería en la actualidad. A partir de 1989, comienzan a entrar en la pesquería del Índico barcos de nueva construcción o reacondicionados especialmente para explotar estos caladeros: en 1989 entraron 3 unidades nuevas, en 1990 dos, en 1992 tres y en 1993 dos más.

Tras los resultados obtenidos por el primer "súper-atunero" del mundo (2.400t de capacidad, 100 m de eslora y 17 nudos de velocidad punta) construido en 1992 por un armador español, las empresas armadoras parecen decantarse por una nueva generación de súper-atuneros (más de 100 m de eslora), de gran capacidad (más de 2.000 t.) y gran velocidad (21 nudos), de los cuales ya existen dos unidades operando en este Océano desde mediados de 1996. Desde entonces, los nuevos barcos construidos han sido de este estilo.

2.2.2 -Recopilación de información

Antes de proseguir con nuestros análisis descriptivos, conviene explicar la forma en que se recupera y procesa la información de pesca de la flota de estudio.

Cada barco lleva a bordo un cuaderno de pesca que rellena cada día. Si no se ha producido ningún lance de pesca, el capitán registrará la posición en que estaba el barco a mediodía, con observaciones de la actividad que ha realizado el barco (exploración reparaciones, etc.) y otras observaciones como la visibilidad existente, el estado de la mar, la velocidad y dirección de la corriente y la temperatura del agua (Figura 18). En los días que hay captura, se refleja la posición geográfica, composición específica, categoría comercial tipo de asociación y condiciones oceanográficas, del lance realizado o registro como lo denominaremos más tarde, teniendo que registrarse todos los lances de cada día en una nueva línea del cuaderno de pesca. Cada hoja del cuaderno de pesca está encabezado con la información de la marea (o periodo que pasa el barco en el mar desde que sale de puerto y vuelve a puerto): nombre del barco, nombre del capitán, puerto y fecha de inicio de la marea y puerto y fecha de final de marea, así como el peso real descargado al final de la marea.

NOMBRE DEL BARCO		PATRÓN		TONELADAS DESEMBARCADAS				Hoja N°				
LUZEVINA UNO		JUAN PEDRO GABAYNO		RABIL	LISTADO	PATUDO	OTROS	1				
Corredora Comienzo Marra (millas)		Corredora Final Marra (millas)		T.M.	P.medio	T.M.	P.medio					
PUERTO DE PARTIDA: MAR VICTORIA		FECHA DE PARTIDA: 18-09-01 HORA: 13:25						701				
PUERTO DE DESCARGA: MAR VICTORIA		FECHA DE LLEGADA: 25-09-01 HORA: 09:15										
FECHA	N° LANCE	POSICION	CAPTURAS		ESTIMADAS		N° de CUBA	OBSERVACIONES	TEMP AGUA	CONDICIONES FISICAS		VISIBILIDAD
			RABIL	LISTADO	PATUDO	OTROS				TEMP	ESTADO DE LA MAR	
18-09-01		SAC. 21A	7	143,4	10	-3	5ER	OBJETO	28,1	015-0,7	-11-	-12'
19		00:22W 052:04E						EXPLORANDO	28,6	340-1,5	6-4-4	-10'
20		04:14W 056:04E						EXPLORANDO	28,7	345-0,4	-4-	-10-
21	1	04:45W 059:05E	7	143,4	10	-3	5ER	OBJETO	28,1	015-0,7	-11-	-12'
22		05:12W 057:57E	3	112,3				EXPLORANDO	28,9	120-0,4	-4-	-10-
23	1	06:21W 056:13E	15	143,4	5	-3	5ER	OBJETO	28,7	345-0,5	-11-	-7,2-
24	1	06:11W 055:51E	15	143,4	10	-3	5ER	OBJETO	27	025-0,6	-11-	-11-
25		05:12W 052:50E	5	143,4				EXPLORANDO	27,3	020-0,1	FLOTO	10 10'
26	1	04:50W 053:47E	5	143,4				OBJETO	27,3	025-0,3	-4-	-4- 9'
27		05:48W 055:47E	10	143,4				EXPLORANDO	27,5	030-0,9	-11-	-11- 9'
28	1	06:28W 053:30E	35	143,4	10	-3	6ER	OBJETO	26,7	110-1,2	FRESCO	25 6'
29		06:28W 053:25E	20	143,4				EXPLORANDO	27	045-0,3	-11-	-11- -11-
30		06:16W 054:31E						EXPLORANDO	26,7	010-1,2	FRESCO	20 7'
010-01		04:50W 054:56E						EXPLORANDO	27,7	080-1,5	BOUNTY	15 8'
02	1	04:50W 054:32E	15	143,4	10	-3	6ER	OBJETO	27,6	010-1,2	FLOTO	10 10'
03	1	04:53W 054:11E	5	143,4	5	-3	8ER	OBJETO	27,8	045-0,6	-11-	-11- -11-

Figura 18. Cuaderno de pesca utilizado por la flota de estudio en el Océano Índico.

Los cuadernos de pesca se recuperan en puerto a la llegada del barco por los muestreadores de puerto, que realizan muestreos específicos y de tallas de la captura del barco. Las estimaciones de captura de los cuadernos de pesca se corrigen con la información de peso real que se realiza en el momento del trasbordo. Y las estimaciones de composición específica se corrigen con los muestreos en puerto. La distribución de tallas por especie de la captura se consigue a través de los muestreos en puerto. Thomas *et al.* (1995) y Hallier *et al.* (1992) hacen una descripción más detallada del sistema de muestreo utilizado en el Océano Índico de forma conjunta por el ORSTOM y el IEO para cubrir la flota europea de cerco atunero.

Toda esta información se integra a través del tratamiento informático ORSTHON descrito por Hallier *et al.* (1992) y Dufour (1995).

2.2.3 – Capturas de la flota de estudio

La evolución de las capturas realizadas por la flota de estudio se resumen en la Tabla 4. Captura por especies realizadas por la flota de estudio durante el periodo 1984-1995.. Como se puede observar, la progresión de la captura hasta 1989 es espectacular (30% más en el 87 respecto al 86; 56% en el 88; 13% en el 89), y tras un ligero descenso desde 1990 a

1992, vuelve a apreciarse otro aumento importante desde 1993 (28% más que en el año anterior) hasta 1995 (21%) cuando se pasa de las 190.000 t / año.

Tabla 4. Captura por especies realizadas por la flota de estudio durante el periodo 1984-1995.

AÑO	RABIL	LISTADO	PATUDO	ATÚN BLANCO	Total	Incremento
1984	14.280	7.755	585	242	22.862	
1985	21.449	25.267	480	166	47.362	+107%
1986	21.684	31.365	1.241	8	54.298	+15%
1987	25.876	42.413	2.108	4	70.401	+30%
1988	53.832	47.695	7.944	67	109.538	+56%
1989	46.762	71.098	6.331	0	124.191	+13%
1990	50.843	64.186	5.483	283	120.795	-3%
1991	58.361	48.026	9.451	1.367	117.205	-3%
1992	52.708	49.301	5.997	1.861	109.867	-6%
1993	76.707	54.590	7.970	979	140.246	+28%
1994	72.824	73.680	10.740	2.281	159.525	+14%
1995	95.024	75.443	21.486	900	192.853	+21%

Las dos especies predominantes son el rabil y el listado. A lo largo de la serie, ambas especies contribuyen con un porcentaje promedio del 47% de la captura total, si bien esta proporción varía entre el 35% y el 60%, dependiendo de los años. Por lo tanto podemos asegurar, que si bien la especie más apreciada por la flota de cerco es el rabil, esta pesquería tiene como objetivo ambas especies en igual proporción, aunque como veremos más adelante, la captura de ambas está relacionada directamente con el tipo de lance.

La presencia de patudo en la captura de cerco, va incrementándose a lo largo de los años, constituyendo entre el 1 y 3% de la captura total durante la primera fase de la pesquería (1984-87), variando entre el 5 y el 8% desde 1988 a 1994, para aumentar espectacularmente en 1995 cuando alcanza el 11% de la captura total. La presencia de atún blanco en la captura de cerco del Índico Occidental es puramente ocasional y es raro el año que supera las 2.000 t. por año.

En la pesca atunera de cerco actual, se diferencian tres tipos principales de lance. En el Pacífico Oriental se da una asociación única entre atún rabil y delfines, que facilita la localización de los cardúmenes de atún por los saltos de delfines fuera del agua y su posterior captura al cercar a los delfines, de manera que todavía por causas desconocidas, el atún se mantiene asociado con el delfín sin escapar a la red de cerco. Este tipo de pesca con delfines no se produce en ninguna otra parte del mundo. Salvo este caso especial, normalmente el resto de las pesquerías atuneras del mundo realizan dos tipos de lances: a banco libre o con objetos. El lance también denominado "a mancha libre" es el lance que se realiza sobre un cardumen de atunes avistados gracias a las aves marinas, a los saltos de los propios atunes o

con sonares. Los lances a banco libre suele ser monoespecífico de rabil o listado y por lo general compuesto de animales de tamaño grande. Los objetos naturales o artificiales atraen una variedad de especies, rabil, listado y patudo, con un rango de tallas muy variado que va del tamaño juvenil hasta adultos de gran tamaño.

El aporte de las dos modalidades generales de pesca, banco libre y objeto, es equivalente a lo largo de la serie. La pesca a objeto constituye el 51% de la captura total y la pesca a banco libre el 49% restante. Durante la primera fase de la pesquería (1984-87), la captura a banco libre era ligeramente superior a la captura con objeto constituyendo entre el 51% y el 69% de la captura total. A partir de 1988 la captura a objeto se hace más importante variando entre el 51% y el 58% de la captura total, hasta llegar al espectacular aumento de las capturas a objeto obtenido durante 1995 (69% del la captura total). Este fenómeno puede estar relacionado con la introducción masiva de objetos artificiales en la pesquería, hecho que analizaremos más adelante.

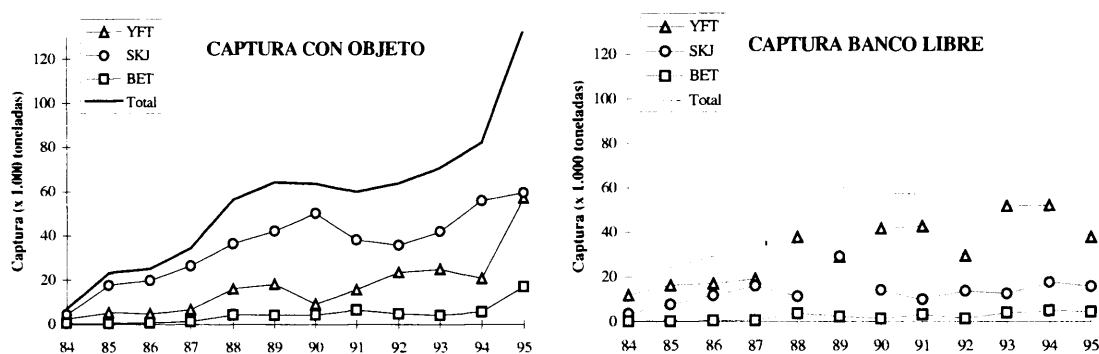


Figura 19. Captura por especies (YFT = rabil, SKJ = listado, BET = patudo) según el tipo de lance (objeto - banco libre) realizada por la flota de estudio desde 1984 a 1995.

Como adelantábamos más arriba, la captura de las dos principales especies parece estar directamente relacionada con el tipo de pesca realizado (Figura 19). La especie capturada con más frecuencia cuando se pescan bancos de atunes asociados a objetos es el listado, con una proporción promedio de la captura total a objeto durante la serie del 66% (máx. 79%; mín. 45%), seguida del rabil con un 28% (máx.43%; mín. 19%) y del patudo con un 6% (máx. 13%; mín. 1%). Cuando observamos las capturas a banco libre, la proporción se invierte, siendo el rabil la especie más capturada con un 66% de la captura total a banco libre (máx. 57%; mín. 48%), seguida del listado con un 29% (máx. 48%; mín. 18%) y del patudo con un 4% (máx. 7%; mín. 1%).

Sin embargo, la composición específica no se mantiene constante a lo largo del período en ambas modalidades de pesca. En la pesca a objeto la proporción de listado aumenta continuamente hasta el máximo de 1990 (79%), la proporción de esta especie parece declinar durante los años siguientes. A partir de 1991 se introduce la pesca masiva sobre

objetos artificiales, lo que parece afectar a la composición específica de la captura con objeto, siendo el rabil cada año más importante hasta llegar a 1995, cuando las proporciones de ambas especies se equiparan coincidiendo con la captura anual máxima a objeto. La proporción de patudo también aumenta durante estos últimos años hasta alcanzar casi el 13% de la captura total con objeto durante 1995.

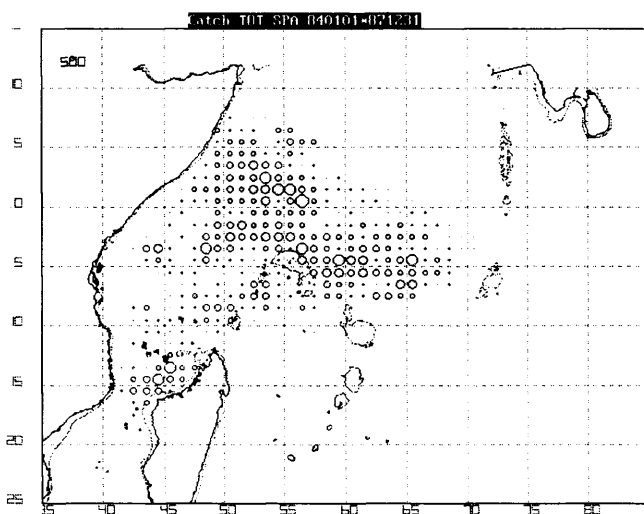
Sobre banco libre, después del año 1989, las proporciones capturadas de rabil y listado se iguala marcando el mínimo y el máximo de ambas especies a lo largo de la serie (48%). La contribución del listado a la captura a banco libre se estabiliza entorno al 23% hasta 1995. La proporción de patudo en la captura a banco libre parece estable en los últimos tres años (7%).

La distribución geográfica de la captura, ha evolucionado a lo largo de la pesquería (Figura 20). Durante la primera fase de la pesquería o fase de exploración (1984 - 1987), la flota de estudio realizó la mayor parte de sus capturas en cuatro zonas principales: Norte de Seychelles, Oriental de Seychelles, Occidental de Seychelles y Canal de Mozambique.

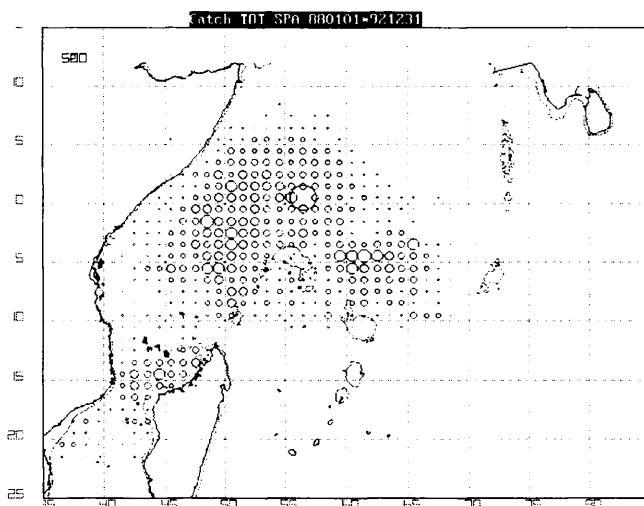
Durante la siguiente fase, que podríamos denominar de consolidación (1988 - 1992), las cuatro zonas antes mencionadas se expanden, si bien la distribución de la captura entre las zonas Occidental y Norte parece continua.

En la época más reciente de la pesquería o fase de expansión (1993 -1995), las zonas Norte y Occidental no parecen cambiar substancialmente, si bien se aprecia un ligero desplazamiento hacia la costa africana y hacia la parte norte. La zona el Canal de Mozambique se extiende más al sur dándose capturas incluso por debajo del 20º N. La zona Oriental de Seychelles parece haberse extendido más hacia Este (80ºE), con la explotación del caladero de las islas Chagos, donde se realizan grandes capturas en detrimento de la zona de gran concentración de captura de la fase anterior (60º-65ºE).

1984 - 1987



1988 - 1992



1993 - 1995

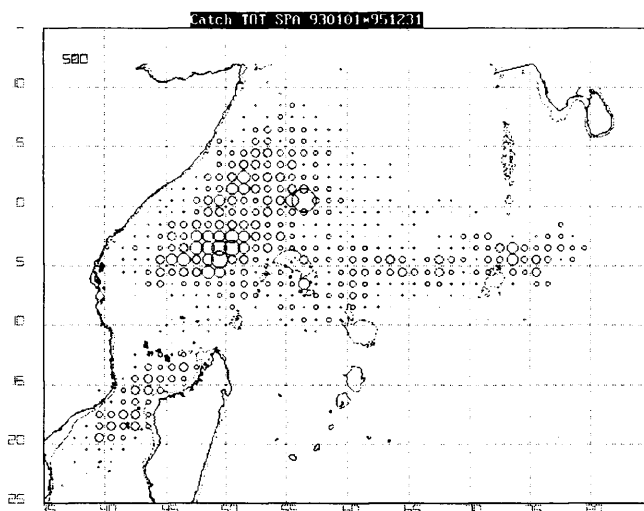


Figura 20. Distribución geográfica de la captura total durante los tres periodos principales de la pesquería.

2.2.4 – Esfuerzo de la flota de estudio

En la pesquería de túnidos del Índico, el esfuerzo pesquero se mide tradicionalmente bajo cuatro unidades:

- el día de mar, es decir el tiempo que el barco pasa en la mar desde que sale de puerto hasta su vuelta (duración del día = 24 horas).

- el día de pesca, o el tiempo que el barco pasa en la mar dedicado a actividades de pesca durante el tiempo de luz diurna. El tiempo de luz diurna en la zona tropical es de unas 13 horas.

- el tiempo de búsqueda, esto es, la sustracción del tiempo empleado en cada lance (desde que se arria la panga hasta que se recoge) del día de pesca.

- la capacidad de transporte de los barcos.

La validez de estas unidades será discutida en el capítulo 6, y por el momento nos limitaremos a describir la evolución del esfuerzo medido en la actualidad con las tres primeras.

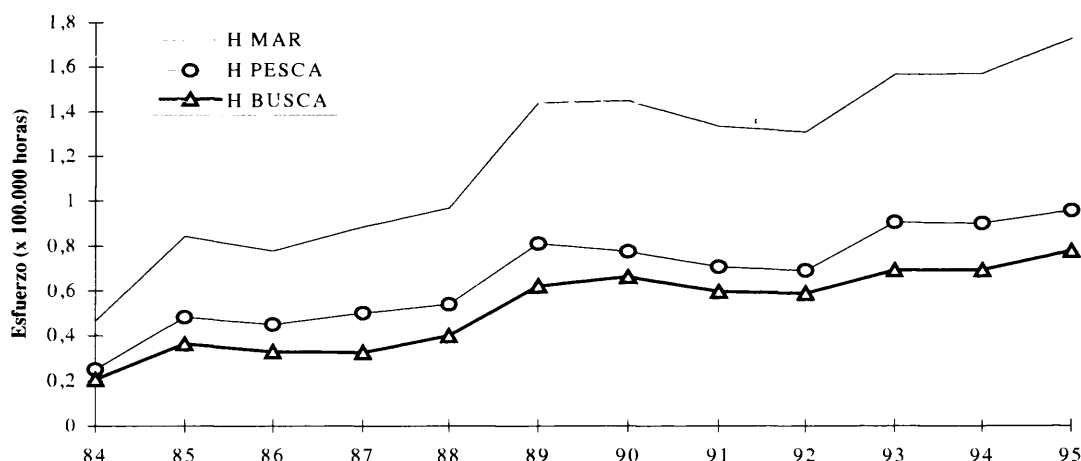


Figura 21. Evolución del esfuerzo (horas de mar, horas de pesca y horas de búsqueda) en el Océano Índico Occidental desde 1984 a 1995.

En la Figura 21 podemos observar que la cantidad de esfuerzo ejercido por la pesquería ha aumentado progresivamente en tres etapas bien claras:

- desde 1985 a 1988 las horas de pesca empleadas por la flota de estudio varía entre 45 y 54.000 horas por año, mientras que las horas de búsqueda varían entre la 32 y las 39.000 h. por año.

- la segunda fase se puede identificar entre 1989 y 1992, cuando tras al aumento de 1989 (81.000 h.) las horas de pesca descienden en los años siguientes hasta 1992 (69.000 h.).

Y de forma proporcional las horas de búsqueda siguen una tendencia similar, descendiendo desde las 62 y 66.000 h. en 1989 y 1990 respectivamente, a las 58.000 h. de 1992.

- la tercera fase comienza con un nuevo aumento del esfuerzo de pesca en 1993 (90.000 h. de pesca y 69.000 h. de búsqueda) que se mantiene en 1994 para aumentar nuevamente en 1995 (96.000 h. de pesca y 78.000 h. de búsqueda).

Las horas de mar siguen una tendencia similar a las otras dos medidas, pero son una medida más grosera del esfuerzo de pesca como ya sugirieran Laurec y Le Guen (1977).

Otro aspecto importante del esfuerzo, es la optimización del tiempo que un barco pasa pescando cada año. A medida que la pesquería avanza, los barcos están mejor asistidos en los puertos de la zona y pierden menos tiempo en las descargas y reparaciones, lo que se traduce en un aumento del tiempo medio de pesca de la flota (Figura 22) y por lo tanto el esfuerzo total.

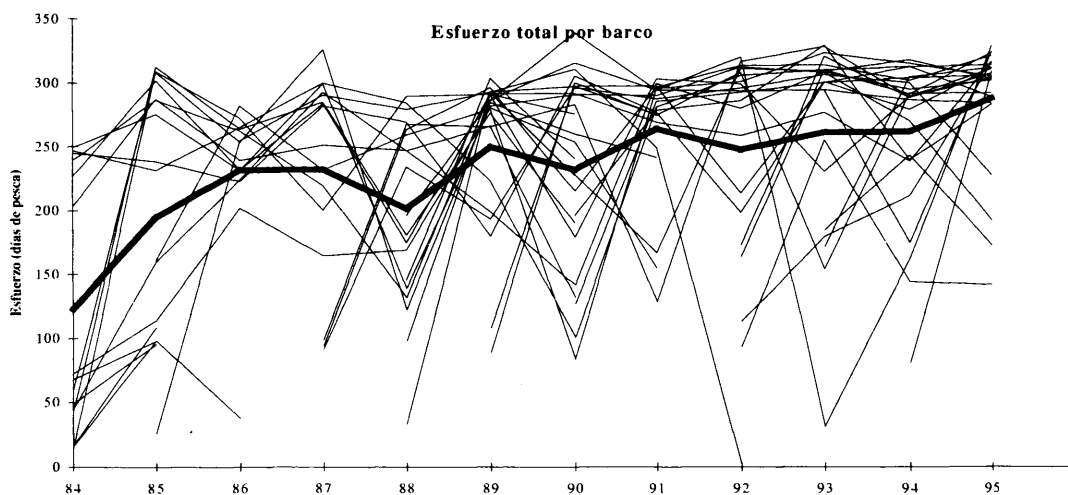


Figura 22. Días de pesca por año por barco individual (trazos finos) y promedio de días de pesca por año (trazo grueso) de la flota de estudio desde 1984 a 1995.

La distribución geográfica del esfuerzo de pesca para las fases de la pesquería antes definidas, sigue aproximadamente la misma evolución que la distribución de la captura presentada en la Figura 20, como es lógico para una flota tan móvil como la flota de cerco.

2.2.5 – Rendimientos de la flota de estudio

La evolución anual del promedio de la captura por unidad de esfuerzo individual por barco (Figura 23), es distinta a la evolución, en conjunto ascendente, de la captura y del esfuerzo. Durante una primera fase, la $cpue^7$ aumenta espectacularmente de 12 a 25 t/día

⁷ $cpue$ = *captura por unidad de esfuerzo*

pesca (1984 - 1988), para caer y mantenerse alrededor de 20 t/d.p. en el período siguiente (1989 - 1992) y volver a aumentar en los últimos tres años para superar al nivel de 1988 durante el último año (27 t/d.p. en 1995).

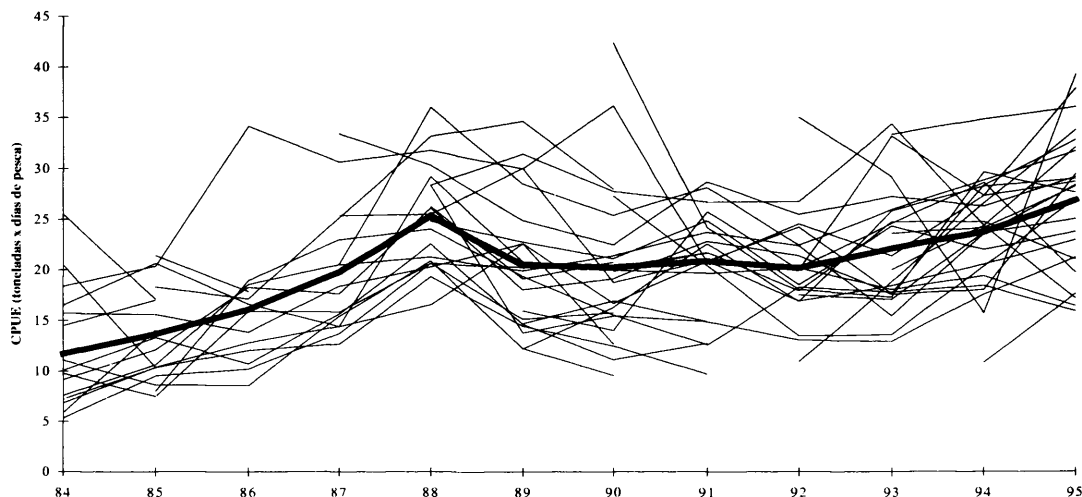


Figura 23. Evolución de la cpue anual por barco (trazos finos) y del promedio anual de cpue por barco (trazo grueso) durante el periodo 1984 - 1995

Desde que en 1986 los rendimientos empezaron a ser interesantes, lo que confirmaba el potencial del Índico Occidental como un gran caladero de túnidos tropicales, la entrada en la pesquería de más barcos fue constante, si bien el aumento del esfuerzo no fue muy notable hasta 1988. Los rendimientos siguieron aumentando espectacularmente hasta este año, lo que siguió atrayendo más barcos, y esta vez sí se produjo un aumento considerable del esfuerzo pesquero en los años siguientes. El aumento de esfuerzo tan considerable de 1989, hizo caer la cpue en comparación con el año anterior, manteniéndose en el mismo nivel hasta 1993, año en el que aumenta de nuevo el esfuerzo y también aumenta considerablemente la captura, obteniéndose la cpue promedio máxima de la serie en 1995 (27 t/día pesca) gracias a un aumento de la zona de pesca combinado con buenas condiciones oceanográficas.

La capacidad de captura media de los barcos ha aumentado notablemente a lo largo de la serie (Figura 24). Si bien esta medida de la producción por barco es algo grosera y está influenciada por muchos factores, nos puede servir para ilustrar el aumento de capacidad de captura de la flota de estudio, como resultado de las mejoras técnicas introducidas en los barcos.

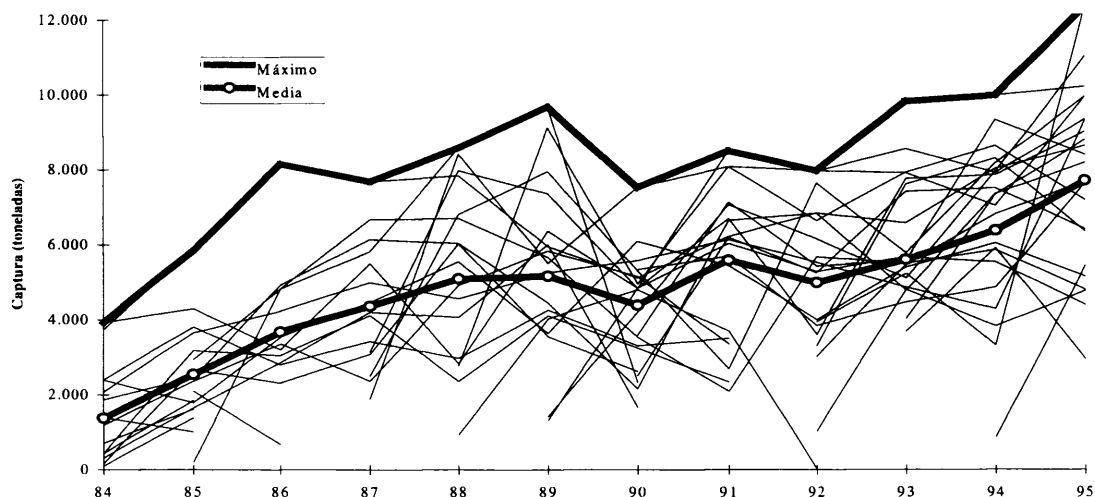


Figura 24. Captura anual por barco individual (trazos finos) y promedio anual de captura por barco y máximo anual (trazos gruesos) desde 1984 a 1995.

El problema fundamental de las unidades de esfuerzo utilizadas normalmente en los análisis de poblaciones sometidas a explotación pesquera, no tienen en cuenta las mejoras técnicas que se introducen en la flota a lo largo del tiempo y que permiten que un mismo barco duplique su capacidad de captura en muy pocos años.

En la pesquería de cerco de túnidos tropicales del Índico Occidental, asumiendo que el recurso estaba sin explotar al comienzo de la misma, la evolución de la cpue arriba presentada, pudiendo estar de alguna forma influida por la abundancia del recurso, parece estar bastante sesgada por los distintos factores que afectan el esfuerzo pesquero. Así en la primera fase de la pesquería, el aumento de la cpue puede ser reflejo de la exploración y el conocimiento de las áreas de pesca. La segunda fase parece reflejar una disminución aparente de la abundancia del recurso y su estabilización por la de sus dos componentes, captura y esfuerzo. Y la tercera fase parece mostrar un aumento de la abundancia, si bien los cambios tecnológicos y el conocimiento de la pesquería hace suponer que el día de pesca de 1995 sea mucho más efectivo que el de 1985, por lo que el aumento de la cpue, como estimador de la abundancia relativa, puede ser artificioso. Estos tres estadios del desarrollo de una pesquería son bien conocidos por todos los biólogos pesqueros desde hace mucho tiempo (FAO, 1975). Lo difícil en nuestro caso es poder discernir si tras la fase inicial de explotación de una nueva pesquería (hasta 1988) en la que los rendimientos aumentan de forma lineal (Figura 24), la fase en que los rendimientos caen por debajo de los de 1988, pese al aumento del esfuerzo, fuerzan a la flota al desarrollo de sistemas de pesca que aumenten sus rendimientos, tal y como parece apuntar el final de la serie (1994-1995). En tal caso se hace imprescindible valorar la contribución de esas innovaciones técnicas al esfuerzo pesquero real.

Representando el esfuerzo de pesca frente a la captura por unidad de esfuerzo (Figura 25), podemos apreciar el aumento de rendimiento en la primera fase de la pesquería (1984-1988), en la que sin un gran aumento del esfuerzo se consiguen mejores rendimientos debido al conocimiento de la pesquería. Tras esta primera fase y pese al aumento considerable del esfuerzo, los rendimientos parecen estancarse desde 1989 a 1993, para volver a despuntar en 1994 y 1995, si bien en el último año, se aprecia un aumento más considerable del esfuerzo.

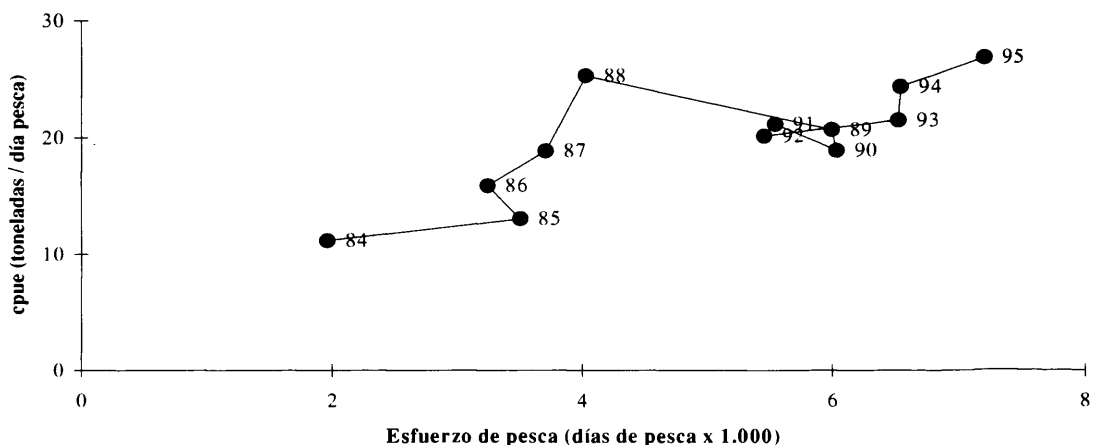


Figura 25. Representación del esfuerzo de pesca frente a la cpue total de la flota de estudio desde 1984 a 1995.

Según esta representación, la pesquería tras una fase de estancamiento en los rendimientos (1989-1993), parece seguir respondiendo a los aumentos de esfuerzo con incremento en los rendimientos, aunque dicho aumento de esfuerzo es mayor de lo que el día de pesca mide en principio. A partir de 1987, las mejoras técnicas introducidas en los atuneros (radares, sonares, sistemas hidráulicos, etc.), han aumentado considerablemente la capacidad de detección y la potencia de pesca de la flota, sin que el día de pesca se haya corregido para valorar la diferencia de efectividad de los barcos a lo largo de la pesquería.

Como se expresó en la introducción, el objetivo de esta tesis es valorar el efecto de los distintos factores que pueden influir en la medida del esfuerzo pesquero, desde el equipamiento del barco hasta la experiencia de los patrones, cuestión que intentaremos evaluar en los dos siguientes capítulos.

3 - EL ARTE DE CERCO Y LOS FACTORES QUE AFECTAN A SU CAPTURABILIDAD.

Como exponen Allen y McGlade (1986), la pesca es una de las pocas ejemplos que permanece en nuestros días, del concepto ancestral de caza, esto es exploración y explotación. Por lo tanto, el proceso de pesca es un sistema que puede ser analizado por un sistema depredador/presa (Hillborn y Walters, 1992). Sin embargo la mayoría del trabajo de los biólogos pesqueros se ha centrado en analizar a la presa sin tener en cuenta el depredador.

Si definimos la presa como el stock de la/s especie/s objetivo, la segunda parte del sistema se define como el conjunto de barcos de pesca que participan en la explotación del stock (Laurec y Le Guen, 1981). Especialmente los pescadores que practican la pesca de cerco en el océano abierto, son fundamentalmente cazadores (Cove, 1972).

En este capítulo se describen las operaciones de pesca de cerco que realizan los grandes atuneros tropicales, tratando de describir y analizar el efecto de los distintos métodos de detección y factores que afectan sobre la capturabilidad y producción de los barcos.

3.1 INTRODUCCIÓN AL ARTE DE CERCO ATUNERO

La pesca de atún con cerco es un arte que se desarrolló en España cuando los pescadores vascos, que pescaban atún rojo (*Thunnus thynnus*) y bonito (*T. alalunga*) en el Cantábrico con cañeros de cebo vivo y curricán, introdujeron a principios de los años 60 el sistema americano de cerco en el Océano Atlántico. La modernización del sistema de cerco, tal y como lo conocemos en la actualidad, se produjo por tres avances tecnológicos importantes (McNeely, 1961):

- Invención en 1953 del *halador* que conocemos en la actualidad, llamado "Puretic" en honor a su inventor Mario Puretic (Schmidt, 1962).
- Desarrollo de redes de nylon.
- Mejoras en la tecnología de refrigeración con amoníaco.

La actividad de la flota española fue expandiendo su radio de acción por el Atlántico Oriental hasta llegar al Golfo de Guinea. Desde entonces, los adelantos y mejoras fueron continuos hasta conseguir el tipo de barco cerquero congelador de gran capacidad (de 500 a 2.000 toneladas) que faenan en la actualidad en los tres océanos del mundo con aguas tropicales.

El barco atunero típico es un barco rápido y con gran autonomía, concebido principalmente para faenar en las aguas generalmente tranquilas de los trópicos cercanas al ecuador. Posee una *cofa* alta característica del atunero, utilizada para la detección de los bancos de atunes y desde donde algunos patrones controlan la operación de *largada*. La red va estibada a popa, que posee una rampa por la cual sube y baja la *panga* (Figura 26). El arte que

utilizan los barcos atuneros, considerado un arte de superficie, es una red de cerco con jareta y con *copo* simple en un lado.

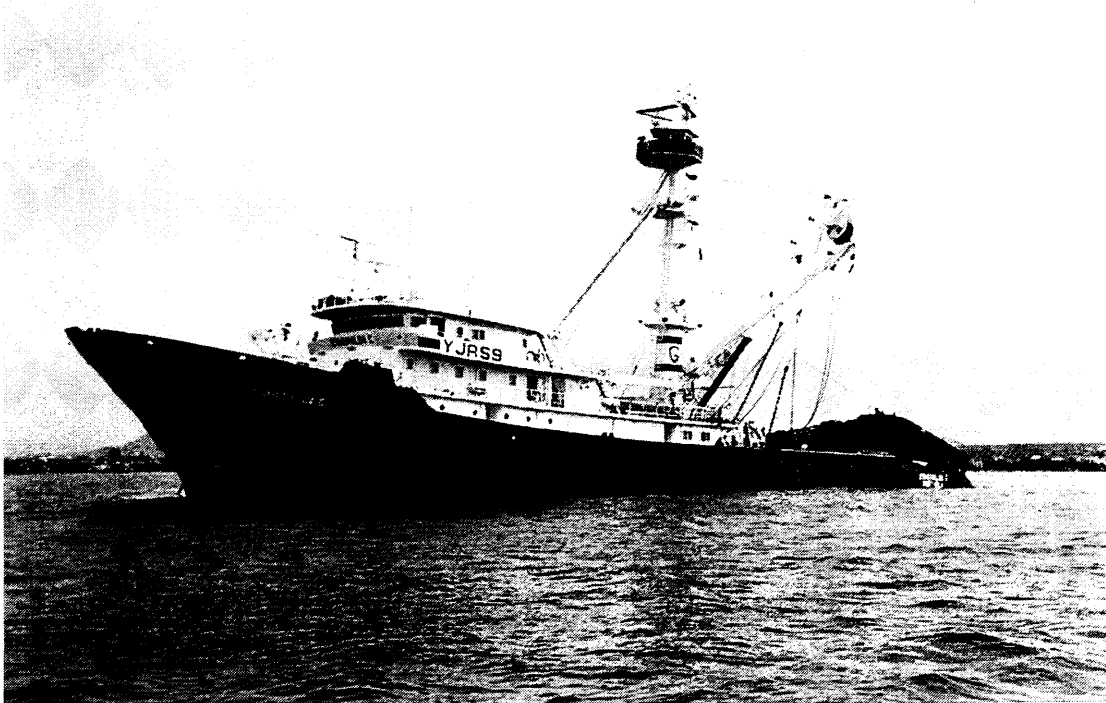


Figura 26. Barco atunero congelador de cerco.

Una vez localizado el banco de atunes y calibrado su tamaño, dirección y velocidad de desplazamiento, el patrón coloca el barco para la largada teniendo en cuenta distintos factores. Los más determinantes para esta operación de echar la red al mar son las condiciones del banco objetivo (desplazamiento y velocidad), la corriente que será la que determine la caída de la red y el viento que desplazará al barco una vez que se pare la máquina para recoger el arte y la pesca. El patrón, conociendo el tamaño de su red y la capacidad de maniobra del barco, situará la embarcación en la posición que estime más favorable para cercar el cardumen lo más rápido posible, sin perturbar el comportamiento de los animales para evitar su huida. Gaertner *et al.* (1999) hacen una evaluación del proceso de decisión que siguen los patrones para largar la red que se comentará más adelante. En teoría, la distancia ideal del barco al cardumen se calcula, según Cueva Sanz (1987), por la siguiente fórmula:

$$D = \frac{L}{2\pi} - r$$

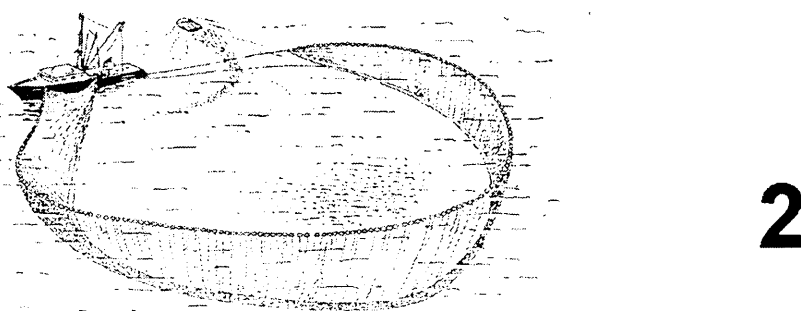
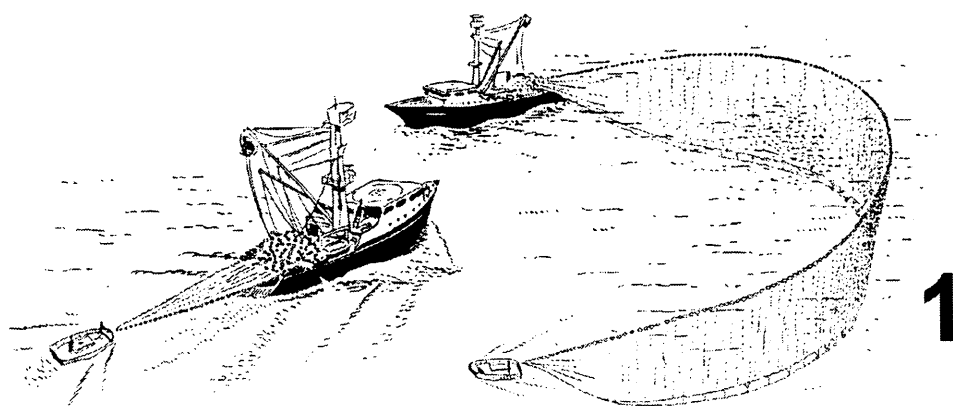
D = Distancia barco a cardumen

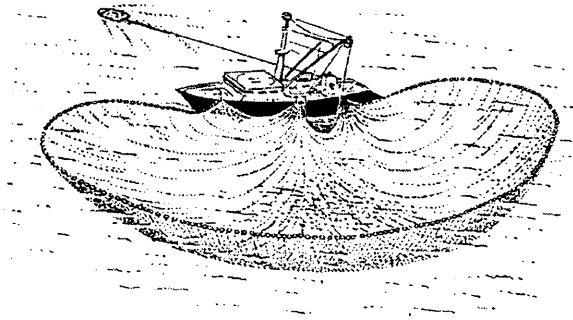
L = Longitud de la red

r = radio del cardumen

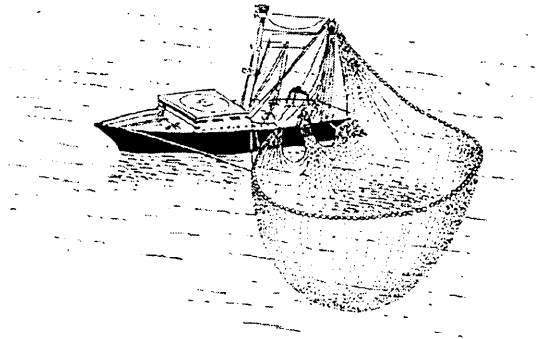
La operación de largada comienza cuando se deja caer la panga al agua sujetando el extremo de la red donde está el *saco* (Figura 27). El barco comienza a realizar el cerco a toda máquina hasta completarlo cuando llega donde dejó a la panga. Durante ese tiempo y hasta que se cierra el saco, un par de lanchas rápidas tripuladas por un hombre ayudan a evitar que el banco de atunes se escape del cerco, llegando a utilizarse en algunos casos petardos para espantar al pescado, si bien es una costumbre que va desapareciendo por el riesgo de accidentes que conlleva. El patrón regula de alguna forma el tipo de cerco que desea realizar gracias a los metros de *mano* y a la longitud de *jareta* que larga.

Cuando la panga le pasa al barco el *cabo de tiro* y el *chicote* de la *jareta* que estaba sujetando, se comienza a *virar* la *jareta* con la *maquinilla*, situada en el costado de estribor, haciendo pasar los cables por el *pescante* situado en la *amura* de babor, por donde se realiza la virada. Se termina de virar la *jareta* cuando llegan los calones o anillas por las que pasa la *jareta*, al costado del barco, lo que significa que el cerco está cerrado. Entonces se empieza a cobrar red con la ayuda del halador hasta que el pescado queda en el copo, sin subirlo a superficie para que el pescado no se presione y fuerce la red. A medida que el halador va cobrando red, esta se estiba con los corchos a estribor y la cadena de la relinga inferior a babor preparándola para la siguiente largada. La estiba de la red debe de ser hecha con cuidado para que en la siguiente largada, no haya enganches que provoquen averías al echar la red al agua.

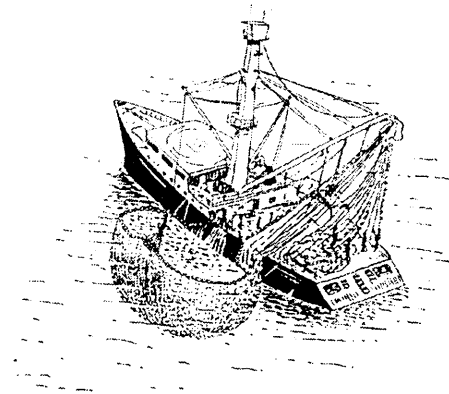




4



5



6

Figura 27. Esquema de las operaciones de pesca al cerco de un atunero. (1 = inicio del lance, largada de panga que arrastra la red; 2 y 3 = cierre del cerco; 4 y 5 = cobrando red para preparar el saco; 6 = cierre del saco y salabardeo del pescado a bordo). Tomado de Stequert y Marsac (1991).

Una vez hecho el saco en el costado de babor, comienza el *salabardeo* del pescado. La red se sigue estibando con la ayuda de un rodillo hidráulico giratorio existente en el costado desde donde se termina de cobrar la red. El *salabardo* es de gran tamaño (capacidad de 5 a 8

toneladas) y está accionado por un puntal. El pescado se introduce por la *tolva* que hay en cubierta para bajar al parque de pesca donde es conducido por unas canaletas hacia las cubas de congelación, donde se mantiene en *salmuera* hasta la llegada a puerto. Para mejor documentación gráfica sobre el arte de cerco tropical ver Stequert y Marsac (1991).

El pescado es congelado en salmuera a una temperatura de unos -15°C a la espina. En el caso de que la captura sea muy grande durante un día y exceda la capacidad de congelación del barco, el pescado se refrigera a 0°C con agua de mar y posteriormente se congela. El pescado queda almacenado en salmuera o en seco en las cubas de congelación hasta la llegada a puerto, donde se descarga por flotación, para facilitar esta operación.

3.2 SISTEMAS DE DETECCIÓN EN LA PESCA DE ATUNES AL CERCO

La etología de los atunes en general corresponde al típico comportamiento de las especies pelágicas gregarias que forman cardúmenes, que siguiendo la definición de Breder (1959), "...es un grupo de peces que nadan juntos, con rumbo paralelo y a una distancia relativamente fija entre cada pez". Todos los atunes se agrupan formando cardúmenes (Magnunson, 1963) de distinto tamaño y composición específica. El rabil y el listado tienden a formar cardúmenes con otros individuos de la misma especie y talla (Brock, 1954; Broadhead y Orange, 1960) si bien estas dos especies junto con el patudo, también forman cardúmenes mixtos (Waldron, 1963; Miyabe, 1991) en los que se pueden encontrar listados asociados con rabiles mucho mayores (Brothead y Orange, 1960). En principio el tamaño del banco depende del tamaño de los peces que lo componen (Dagorn *et al.*, 1993), de forma que cuando el tamaño del banco aumenta con la talla de los peces, menor es el número de individuos que se encuentran en el banco. Las razones del comportamiento de cardumen, se han intentado explicar por las supuestas ventajas que dicha agrupación tiene para la captura de alimento y como sistema defensivo frente a los depredadores (Pitcher, 1986).

Los bancos de atún se hacen accesibles a la pesca de cerco cuando se encuentran en los primeros 150-200 metros de la columna de agua, generalmente concentrados por motivos tróficos, lance a mancha libre, o asociados a objetos flotantes u otros animales marinos (ballenas o tiburones), lance a objeto. Por lo tanto, y según menciona Sharp (1978) basándose en observaciones biológicas, "...sólo una porción de la población total de atunes, las agrupaciones en superficie, es accesible por la pesquería de cerco de superficie", o lo que es lo mismo, una fracción variable de la biomasa permanecerá inexplorable dependiendo de la profundidad explotada por el arte de pesca (Fonteneau *et al.*, 1999).

El tamaño mínimo de banco para justificar el lance de un cerquero, depende de los patrones y las condiciones de pesca (existencia de otros bancos más grandes, largas temporadas sin pesca), pero en principio, según se desprende de las entrevistas a los patrones,

es raro largar el aparejo a bancos de menos de 10 toneladas, aunque tal y como muestra la Figura 28, precisamente los lances más frecuentes son los menores de 10 toneladas de captura. Esto puede explicarse por tres posibles causas: los lances semifallidos, los errores de cálculo del tamaño del cardumen objetivo, generalmente debido a la falta de precisión de algunos aparatos de abordo, y los largos periodos sin pesca de ciertos barcos que se ven forzados a largar a bancos pequeños, cuestión que estudiaremos más adelante.

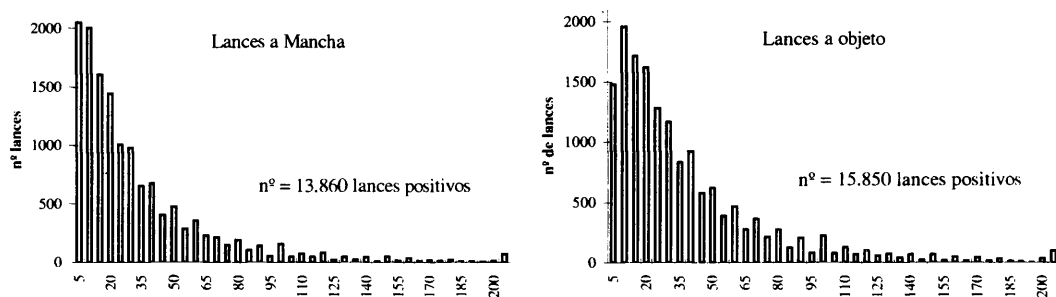


Figura 28. Distribución de frecuencias de tamaño de lance del total de lances positivos únicos efectuados por la flota de estudio desde 1984 a 1995.

Desde los orígenes de la pesca del atún, los bancos de atunes se han detectado a simple vista y asistidos por prismáticos de gran alcance más tarde, de ahí el diseño típico de la *cofa* de un atunero (ver Figura 26) para aumentar el radio de visión de los oteadores.

Posteriormente los atuneros introdujeron los helicópteros que aumentaban el área prospectada y en consecuencia las posibilidades de captura. El alto coste de mantenimiento, el riesgo de accidentes graves y la aparición de los *radares de pájaros* hicieron que el uso del helicóptero fuera desapareciendo progresivamente hasta su total retirada a finales de los 80. El radar de pájaros, puede considerarse como la gran revolución de la pesca atunera, ya que detecta con gran precisión y alcance los grupos de aves que vuelan sobre el mar y que suelen estar asociados a bancos de atunes en superficie.

Todavía no se conoce la razón por la cual, muy a menudo un banco de atunes permanece asociado a un objeto flotante. El cardumen de esta forma asociado, muy próximo a la superficie y no muy activo, es fácilmente capturable por los cerqueros. Este comportamiento, fue descubierto por los pescadores que observaron como un banco de atunes permanecía asociado a cualquier objeto flotante en el mar (tronco, rama, caja,...). Al principio, los pescadores aprovecharon éste fenómeno utilizando balizas para controlar los objetos naturales encontrados y así poder volver al cabo del tiempo a pescar sobre ellos. Más tarde, comenzaron a introducir objetos fabricados en los barcos, de igual forma balizados, que rápidamente se han convertido en el elemento principal de la pesca de cerco en todos los Océanos (CIAT, 1999).

El sonar y la sonda se utilizan como instrumentos para calibrar el tamaño y la profundidad del banco una vez localizado, y rara vez se detectan bancos únicamente gracias a estos aparatos.

En la actualidad existen barcos o grupos de barcos que se asisten de otros barcos de apoyo o *macizeros* para ayudar a detectar, balizar y *plantar* objetos, manteniendo contacto continuo con el cerquero. Un caso especial de barco auxiliar se da con los barcos fondeados en las montañas submarinas, donde la concentración de atunes es muy frecuente. Mientras el barco atunero pesca libremente por otras zonas, estos barcos remolcadores están prospeccionando continuamente en busca de concentraciones de atunes próximas a las montañas submarinas, o elevaciones del fondo submarino por encima de los 200 m de profundidad en medio del océano,.

Últimamente se están introduciendo sistemas que utilizan la capacidad de detección de los satélites para registrar las condiciones oceanográficas y meteorológicas, con el fin de encontrar zonas de alta probabilidad de concentración de atunes en superficie, basándose por ahora principalmente en la temperatura superficial del agua oceánica.

3.2.1 - La detección visual.

La detección visual es el único modo de detección con el que los pescadores contaron en principio para pescar atunes. Una vez desarrollada la pesca industrial con grandes cerqueros, la detección visual se ayudó de los prismáticos de gran alcance. En la actualidad, la mayoría de los barcos mantienen los puestos de observación con prismáticos para confirmar las concentraciones detectadas principalmente por el radar.

Existen distintos fenómenos que indican la aparición de un banco de atunes en superficie, y que han sido clasificados de distintas formas en las pesquerías de túnidos de los distintos océanos (Punsly, 1987; Ariz *et al.*, 1991; Hallier *et al.*, 1992). Por regla general, podemos agruparlos en cuatro clases:

1- Manifestaciones del propio banco de atunes: *serguera*, *sarda*, *saltos*, *brisa* y *peces aislados*.

2- Animales asociados al banco de atunes: aves marinas (pardelas, alcatraces, golondrinas de mar, paiños), mamíferos marinos (ballenas, cachalotes, calderones, delfines) y otros peces [tiburón ballena (*Rhyncodon typhus*), *carnada* y jaquetón oceánico (*Carcharhinus longimanus*)].

3- Objetos derivantes: naturales y artificiales.

4- Asistencia o cooperación con otro barco.

En principio los oteadores de los barcos buscan cualquiera de éstos índices de aparición, exceptuando el último que lógicamente depende del patrón, lo que condiciona el rumbo que tomará el barco en cada momento.

En los atuneros actuales, mientras el barco está buscando, hay siempre entre 3 y 6 oteadores continuamente en los puestos de observación. Por regla general un atunero actual, posee de tres a seis puestos de observación, dotados con prismáticos de gran aumento (aprox. 25 x 150 aumentos), además de los oteadores dotados de prismáticos normales (aprox. 8 x 30 aumentos). Por lo general se sitúan de uno a cuatro prismáticos en la cofa y de dos a cuatro gemelos más en los alerones del puente, dependiendo del barco.

Tradicionalmente, la persona que detecta un banco de atunes y se captura recibe una prima en metálico. Además el tiempo que se pasa en un puesto de observación, generalmente en turnos de media hora, es remunerado a parte del sueldo, para incentivar la búsqueda de atunes. La cuantía destinada a estos sistemas de incentivación dependen de cada patrón o compañía. Si bien este sistema remunerativo era de gran importancia antes de la inclusión de los radares de pájaros, en la actualidad se mantiene porque los prismáticos siguen teniendo importancia como herramienta de discriminación de bancos ya detectados, y por mantener un incentivo tradicional para la tripulación. Pese a que en la actualidad muchos de los bancos de atunes son localizados gracias a los radares que detectan los grupos de aves, o *pajaradas*, asociados con ellos, el uso apropiado de los observadores para discernir si las aves llevan atunes asociados o no, hace ahorrar algunas millas al barco. Es muy frecuente que una pajarada no lleve atunes asociados y en cambio se encuentren grupos de delfines y a veces de tiburones formando *sardas* similares a las del atún, o incluso se encuentren solamente bancos de *carnada*, sin concentraciones de otros grandes pelágicos.

3.2.1.1 Estudio de los índices de detección de bancos

Como ya se adelantó más arriba, los índices de detección de bancos son clasificados de distinta forma en las pesquerías de túnidos. En el caso de la pesquería de túnidos del Índico Occidental, la primera clasificación que se utilizó para clasificar la información recogida en los libros de pesca, fue adoptada en 1988 por el ORSTOM-Seychelles siguiendo los métodos empleados en el Atlántico (Hallier, *et al.*, 1992). Esta primera clasificación contenía 10 índices de aparición que se combinan con 6 modos de aparición de banco (Tabla 5).

Tabla 5. Códigos de aparición utilizados en la base de datos IEO-ORSTOM de la pesquería de túnidos tropicales del Océano Índico Occidental (tomado de Hallier *et al.*, 1992).

Código	ÍNDICE DE ASOCIACIÓN	Código	MODO DE APARICIÓN
0	sin aparición	1	serguera
1	pequeños cetáceos	2	sarda
2	ballenas	3	mancha
3	pájaros volando	4	brisa
4	objetos (naturales derivantes)	5	peces aislados
5	carnada	6	banco profundo (detectado con sonar)
6	barco		
7	objetos artificiales (derivantes o fijos)		
8	Tiburón ballena o tiburón		
9	Cachalotes		

Basándonos en la información recogida en los cuadernos de pesca de los barcos de la flota de estudio desde 1984 a 1995, podemos hacer un primer análisis de la evolución de los índices de aparición de banco, teniendo en cuenta que la información vertida en los cuadernos de pesca es bastante heterogénea y su calidad depende directamente del detalle que el capitán quiera o pueda expresar en los comentarios.

Siguiendo la clasificación básica de índices de asociación expresada en la introducción a ésta sección y utilizando los códigos presentados en la Tabla 5, podemos representar la evolución del número de avistamientos realizados según los distintos índices (Figura 29).

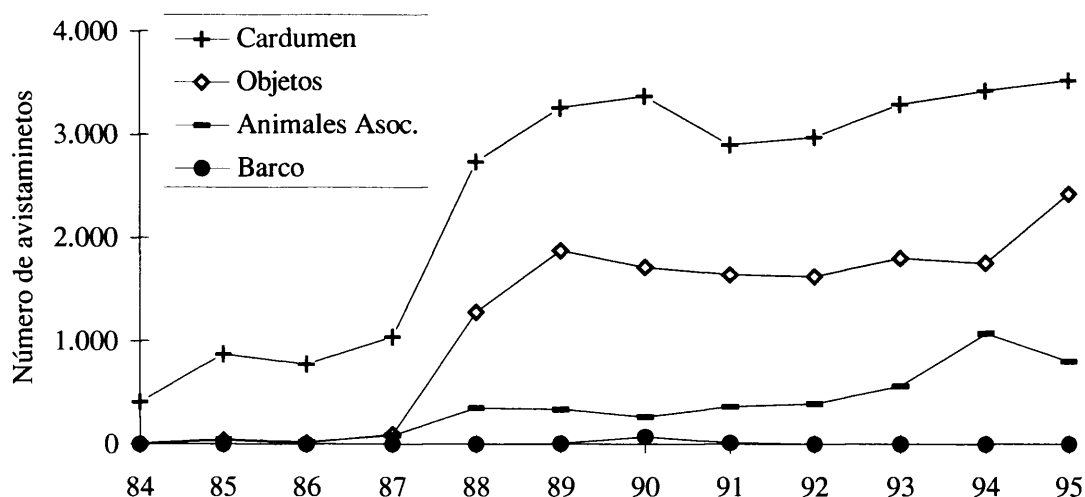


Figura 29. Número de avistamientos según los distintos índices de aparición de banco, de la flota de estudio desde 1984 a 1995.

Como se puede observar en la figura precedente, el grupo de avistamientos predominante en toda la serie son las apariciones debidas al comportamiento del propio cardumen. A partir de 1988 parecen aumentar las detecciones tanto por animales asociados a los cardúmenes de atún (aves, ballenas, tiburón ballena, ...) como por las manifestaciones propias del cardumen (sarda, serguera, saltos,...). Esto podría estar relacionado con la inclusión de los radares de pájaros, si bien es sorprendente que el número de avistamientos realizados gracias a las aves asociadas, no crezca nada más que levemente en dicho momento, lo que de alguna forma está relacionado con la manera de informar de los capitanes. Esta falta de coherencia en la información que reflejan los capitanes, se corrobora al observar el número ínfimo de bancos detectados gracias a la información proporcionada por otros barcos (otros atuneros, barcos auxiliares, ...), cuando dicha forma de detección parece ser bastante más importante cuando se analizan los índices de aparición obtenidos en el programa de observadores del SFA (Figura 30). Esto tiene una explicación lógica que está relacionada con la psicología de los patrones. Ningún patrón declarará que ha detectado una concentración de atunes gracias a la información de otro barco porque hiere su amor propio y orgullo frente a su oficiales, que por regla general son los que cumplimentan las hojas de pesca.

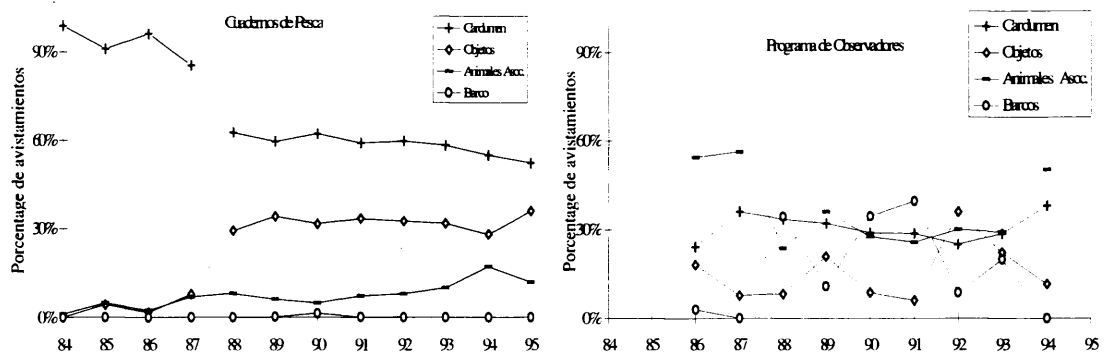


Figura 30. Comparación entre la importancia relativa de los índices de aparición según se registran en los cuadernos de pesca (izquierda) desde 1984 a 1995, y en los registros del programa de observadores sobre los barcos de la flota de estudio (derecha) desde 1986 a 1994.

La importancia relativa de los avistamientos por animales asociados y por cardumen, parece estar más o menos equilibrada en los registros del programa de observadores, situación que se aproxima más a la realidad de la pesquería. Las variaciones de los otros dos grupos de índices de aparición del programa de observadores, están sujetos a la variación estacional de la pesca (avistamientos por objetos) o a las comunicaciones que tenga un patrón con otros barcos. Para recalcar la precaución con la que hay que tomar los registros de los cuadernos de pesca, podemos señalar que el número de cardúmenes detectados con la ayuda de otro barco, según los registros del programa de observadores, que cubre solo un número muy pequeño de mareas al año, supera con creces el número de registros obtenidos en los cuadernos de pesca para el año correspondiente.

Al detectarse ciertos problemas en la codificación presentada en la Tabla 5, a partir de 1992 y como resultado de una revisión efectuada por un grupo de expertos internacionales (Pianet, 1995), la apariciones son codificadas adicionalmente según una nueva clasificación más detallada (Hallier *et al.*, 1992) (Tabla 6).

Tabla 6. Códigos dobles de aparición utilizados en la base de datos IEO-ORSTOM de la pesquería de túnidos tropicales del Océano Índico Occidental desde 1992 (tomado de Hallier *et al.*, 1992).

Código	Significado	Código	Significado
00	sin aparición	35	detección con helicóptero
10	pesca sobre montaña submarina	36	detección con radar
11	pesca en frente térmico	37	banco indicado por otro barco
12	pesca sobre línea de marea	38	zona de pesca indicada por sistema exterior (carta satelitar, centro de previsión)
13	pesca	40	carnada (sin especificar)
14	pesca de noche	41	pequeños pelágicos (sardinas, anchoas,...)
20	objeto sin precisión	42	peces voladores
21	objeto natural (tronco, ramas)	43	langostinos
22	objeto natural balizado	50	delfines
23	objeto artificial (cajas, cuerdas,...)	51	ballena
24	objeto artificial balizado	52	cachalote
25	objeto anclado	53	calderones
26	pescado bajo el atunero o la panga	60	tiburón ballena
27	pesca con cañero	61	tiburón
28	pesca con remolcador u otro barco (no cañero)	70	peces (sin especificar)
29	objeto sin precisar balizado	71	pez espada
30	aves (sin especificar)	72	marlines
31	concentración de pájaros	73	peces vela
32	detección con sonar	80	tortugas
33	detección con sonda	81	carroña
34	detección con avión	99	Sin información, desconocido.

Los problemas antes mencionados sobre la calidad de la información vertida por los capitanes en los cuadernos de pesca, se hace más obvia al utilizar este nuevo sistema de codificación (Tabla 7).

Tabla 7. Número de observaciones anuales de cada código (ver Tabla 6) registradas en los cuadernos de pesca de la flota de estudio desde la implantación del nuevo sistema de codificación, 1992 hasta 1995.

Código	91	92	93	94	95
10	0	0	10	31	53
20	121	1.633	1.820	1.828	2.521
21	0	19	20	0	129
22	16	9	12	0	10
23	4	17	7	0	1
24	0	5	7	0	6
26	2	0	0	0	0
29	0	0	0	0	55
30	41	268	458	873	595
31	1	3	4	0	3

Código	91	92	93	94	95
32	4	0	37	94	62
34	0	0	0	1	0
40	6	5	9	2	5
41	0	0	0	0	1
42	0	0	0	0	2
51	0	63	47	62	39
60	0	6	0	11	8
61	0	2	1	8	1
99	83	2.071	1.960	2.075	1.340
TOTAL	278	4.101	4.392	4.985	4.831

Como podemos observar en la tabla anterior, aunque el sistema de codificación haya cambiado, el número de registros por código es altamente variable, lo que puede estar relacionado con la forma en que los capitanes informan sobre los modos de detección de bancos o la interpretación de dicha información por los distintos técnicos que codifican e informatizan los cuadernos de pesca. En los cuadernos de pesca recogidos a los barcos de la flota de estudio, la información está por lo general bastante poco detallada, siendo los códigos 20 (= objeto sin precisar) y 30 (= aves sin precisar) los más utilizados (filas sombreadas en

Tabla 7). Para corroborar la irregularidad de la información obtenida, podemos apuntar que, por ejemplo en el año 1994 se especifican muy pocos detalles (sólo 10 códigos usados), y resaltar la falta de utilización de códigos que de verdad se utilizan en la pesquería (p.ej., código 36 = detección por radar, 37 = banco detectado por otro barco). En total, desde que en 1992 se empezó con el nuevo sistema de codificación, se utilizaron aproximadamente la mitad de los códigos listados en la tabla 6 (19 de los 41 listados), e incluso algunos de ellos de dudosa veracidad (34 = detección por avión). Además, el alto porcentaje de registros con código desconocido (99), así como la importancia de la captura correspondiente (Tabla 8), demuestra que el nuevo sistema de codificación tampoco mejora mucho la información que se obtiene en los cuadernos de pesca.

Tabla 8. Porcentaje de las observaciones codificadas como "desconocidas" y porcentaje de la captura correspondiente.

Tabla 8. Percentage of the observations coded as "unknown" and percentage of the related catch.

Observaciones Código 99	91	92	93	94	95
% del total de observaciones	30%	50%	45%	42%	28%
% del total de la captura	24%	36%	36%	31%	16%

Por lo tanto la utilización del sistema actual de códigos, sólo nos permite hacer análisis parciales y cautelosos de ésta información. En un intento de mejorar la información que se obtiene de los cuadernos de pesca, el grupo de trabajo de Muestreo Tropical⁸ sugirió un modelo nuevo de cuaderno de pesca que se hizo circular a principios de 1998, y con el que se esperaba facilitar la labor a los capitanes y patrones para que reflejen las condiciones de pesca lo más fácilmente posible.

3.2.1.2 Superficie prospectada por los oteadores con prismáticos

Greenblatt (1976) hace una revisión de los elementos que determinan la capacidad visual de los observadores en las pesquerías de atunes del Pacífico Oriental Tropical. Los principales factores que afectan a la capacidad visual son: la altura a la que el observador se encuentra del agua (Bowditch, 1966), las condiciones meteorológicas (Middleton, 1952), el tamaño del objeto o de la concentración de aves y su contraste con el cielo, la cantidad de luz y el método de búsqueda del observador (Duntley *et al.*, 1964). Por regla general un grupo de pájaros denso de forma circular con un área de unos 300 m², puede ser detectado a 2,7 millas náuticas en un día encapotado y con una visibilidad de 2,5 millas (4,5 km.), o a 5 millas en un día claro y con una visibilidad de 8,5 millas (15,5 km.) (Greenblatt, 1976; Ballance *et al.*, 1996). La distancia máxima a la que un grupo de aves o una *serguera*, puede ser detectado con

⁸ Programa del IEO en colaboración con el ORSTOM de "Análisis de la estrategia de muestreo multispecífico de túnidos tropicales" financiado por la UE.

buenas condiciones meteorológicas, es de 6 millas según Marsac (1992a), punto este confirmado por encuestas a tripulantes que trabajan en la flota española.

En principio el área prospectada por un cerquero, se calcula directamente como el producto de la velocidad del barco por dos veces la distancia de detección, fórmula sugerida también por Hillborn y Walters (1992):

$$\text{Área} = \text{velocidad} \times 2 \text{ distancia detección} \quad \Rightarrow(0)$$

Por lo tanto, considerando que la velocidad promedio de búsqueda de un barco atunero es de 12 nudos y que la distancia de detección varía entre 2,5 y 6 millas, dependiendo de las condiciones atmosféricas, el área prospectada por un barco en una hora varía entre 60 y 144 millas cuadradas, lo que al cabo del día de pesca (13 horas) supone entre 780 y 1.872 millas cuadradas, si bien esto presupone que los oteadores están continuamente prospectando, cosa que no es cierta. Los oteadores trabajan en turnos de media hora, y no se tiene información para calcular el tiempo eficaz que los oteadores, por lo general seis en cada barco, están prospectando.

Otra forma de calcular el área prospectada por un atunero es sugerida por Marsac (1992a). El modelo que propone este autor, calcula el área instantánea A cubierta en un tiempo t como:

$$A_t = \pi * L^2 * \frac{\alpha}{360} \quad \Rightarrow(1)$$

siendo L la distancia de detección y α el ángulo que cubren los oteadores.

Después supone que entre dos instantes t_1 y t_2 , el barco se desplaza un distancia dy . El área cubierta en ese intervalo mínimo (A_{dy}) se aproximaría por la siguiente expresión:

$$A_{dy} = \pi * \frac{\alpha}{360} * [(L + dy)^2 - L^2] \quad \Rightarrow(2)$$

Por lo tanto a lo largo de un cierto recorrido Z , el área prospectada durante el recorrido (A_z) se puede calcular por:

$$A_z = \left(\frac{Z * A_{dy}}{dy} \right) + A_t \quad \Rightarrow(3)$$

Basándose en las observaciones realizadas en el Atlántico durante el Año Internacional del Listado (Pianet, 1982), donde se apreció que el 90% de los bancos detectados con prismáticos estaban dentro de un ángulo de 160° y el 77% se detectaron en un ángulo de 120°, Marsac (1992a, 1992b) decide tomar el valor de 120° para describir la porción del área explorado eficazmente por los oteadores con prismáticos.

El área estimada por la fórmula (3) está sensiblemente afectada por el cálculo del área explorada durante un intervalo mínimo (fórmula 2). Esto es debido a que en la fórmula (2) se suma el desplazamiento dy a la distancia máxima de detección, lo que provoca un aumento artificioso de dicha estimación.

Para evitar el efecto que las variaciones de dy y del ángulo en la estimación del área explorada, hemos corregido el cálculo de la fórmula (2) restando el cuadrado del desplazamiento dy , de forma que:

$$A_{dy} = \pi * \frac{\alpha}{360} * [(L + dy)^2 - L^2 - (dy^2)] \Rightarrow (4)$$

se simplifica en la fórmula:

$$A_{dy} = \pi * \frac{\alpha}{360} * (2Ldy) \Rightarrow (5)$$

Usando la fórmula 5 en vez de la 2, podemos calcular el área explorada por hora de prospección utilizando siempre la fórmula 3 de Marsac (1992 a y b). En la tabla siguiente compararemos los resultados de las distintas estimaciones discutidas anteriormente.

Tabla 9. Estimación del área explorada por un atunero en función de las distintas fórmulas discutidas en el texto (fórmula 0, Hillborn y Walters, 1992; fórmula 2+3, Marsac 1992a y b; fórmula 5+3, corrección presente trabajo).

PRISMÁTICOS	Estimación de Área Explorada (millas ² por hora de prospección)				
	$dy = 0,05$				
Detección Máxima (millas)	Fórmula (0)	Fórmula (2+3) 120°	Fórmula (2+3) 160°	Fórmula (5+3) 120°	Fórmula (5+3) 160°
2,5 (mal tiempo)	60,00	70,0	93,3	69,3	92,5
6 (buen tiempo)	144,00	189,1	252,2	188,5	251,3

Los resultados presentados en la Tabla 9 muestran que la fórmula (0), subestima el área prospectada en relación con las estimaciones de las otras dos opciones, cuyos resultados se diferencian en una milla aproximadamente. Por lo tanto podemos considerar que tanto la aproximación de Marsac (1992 a y b) como la corrección de la fórmula (3+5), son estimaciones válidas, siempre que se utilicen valores suficientemente pequeños ($< 0,001$) de dy en la fórmula (2+3).

3.2.2 - El uso de helicóptero.

El primer gran adelanto tecnológico que se incorporó en la flota atunera fue el uso del helicóptero. En un principio los helicópteros fueron utilizados en el Pacífico Oriental, introducidos por la flota de cerco estadounidense, con un doble objetivo: detectar bancos de atunes o delfines y separar los delfines asociados con el atún. Las operaciones por las que los helicópteros fueron un gasto justificado en la pesquería del Pacífico, se centraban en separar los grupos de delfines de los bancos de atunes (incluso utilizando petardos), aunque lógicamente la detección también era una tarea fundamental. Al adaptar el sistema de pesca de cerco americano, en principio algunos armadores españoles incluyeron los helicópteros como medio de detección únicamente, ya que el problema de la pesca de atún asociada a delfines no se observa en el Atlántico.

El coste de mantenimiento y de tripulación especializada que requerían, en principio se amortizó por el aumento de rendimiento y por el momento de expansión de la pesquería de atún (años 70 y 80). Este sistema fue desapareciendo a finales de los años 80 por la aparición de los radares de pájaros. En el Índico, sólo seis barcos utilizaron helicópteros durante los primeros años de la pesquería, desapareciendo definitivamente entre mediados de 1989 y finales de 1990 (Tabla 10).

Tabla 10. Número de barcos de la flota de estudio con helicóptero a lo largo del periodo 1984 - 1995.

	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
Total Barcos	16	18	14	16	20	24	26	21	21	25	25	25
Con Helicóptero	3	4	1	4	6	6	4	0	0	0	0	0
Sin Helicóptero	13	14	13	12	14	18	22	21	21	25	25	25

Los helicópteros estaban tripulados por dos personas: el piloto y el ojeador. De los 6 barcos que operaban con helicóptero en el Índico, sólo tenemos información de un único barco sobre el tiempo de vuelo del helicóptero. Los datos corresponden a cinco mareas entre 1987 y 1988, que totalizan 149 días de pesca. El helicóptero fue usado en 97 días, lo que supone un 65% de los días de pesca. A finales de 1988 y primeros de 1989, dicho barco informaba únicamente si utilizaba o no el helicóptero, y el porcentaje de días de pesca que era utilizado, descendió en dicho periodo significativamente hasta el 47% (109 días de un total de 231). El tiempo de vuelo del helicóptero de este barco, fue de 1 a 7 horas diarias, con un promedio de 3 horas y 32 minutos. Los helicóptero usaban la cubierta superior del puente como pista de aterrizaje y el número de salidas diarias dependía de la autonomía de los aparatos que oscilaba entre 1 hora y 50 minutos y las tres horas.

La velocidad y altura de vuelo dependía del objetivo que se buscara y variaba entre los 100 nudos y 730 pies (= 223 m), cuando se buscaban objetos, y los 120 nudos y los 1.000 pies (= 305 m), cuando se buscaban manchas libres. Un ojeador podía avistar un objeto a sólo 2 millas, mientras que una mancha de pescado haciendo *serguera* podía ser detectada desde 9 millas, de ahí la menor altura y velocidad de vuelo cuando se buscaban objetos (Figura 31).

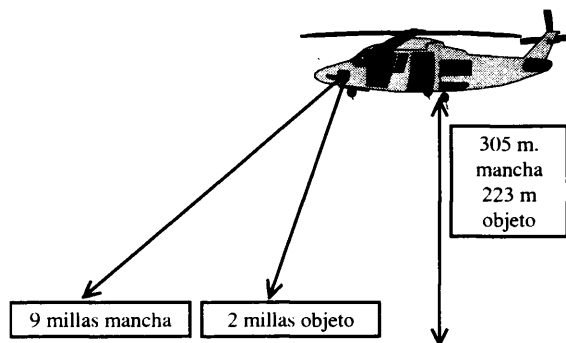


Figura 31. Altura de vuelo y distancia de detección del helicóptero.

Utilizando la fórmula 5+3 del apartado anterior, calculamos en la Tabla 11 el área prospectada por un helicóptero para los dos casos descritos más arriba: cuando el helicóptero busca mancha u objeto.

Tabla 11. Estimación del área explorada por un helicóptero según la fórmula 5+3.

	HELICÓPTERO		Área Explorada (millas ² / hora prospección) dy = 0,05
	Detección Máxima	Velocidad	Fórmula (5+3) / 180 ^º
MANCHA	4 (millas)	100 (nudos)	1.281,7
OBJETO	18 (millas)	120 (nudos)	7.294,8

La zona que prospectaba un helicóptero estaba limitada por el alcance de los radares de navegación. El helicóptero no solía alejarse más de las 12 millas de alcance del radar, para estar localizado desde el barco en caso de que ocurriera cualquier contratiempo. Por lo tanto, la zona prospectada eficazmente por el helicóptero puede estimarse en un arco de 20 millas frente a la trayectoria del barco.

Al comparar los rendimientos de los barcos con o sin helicóptero (Figura 32), queda bastante claro que a los barcos que utilizan helicóptero obtienen un rendimiento mayor que el promedio del resto de la flota que opera sin helicóptero. En principio el promedio de la diferencia entre los rendimientos de barcos con o sin helicóptero ronda el 30%, por lo que podríamos arriesgarnos a estimar que el aumento de efectividad de captura de los barcos con helicóptero ronda ese porcentaje.

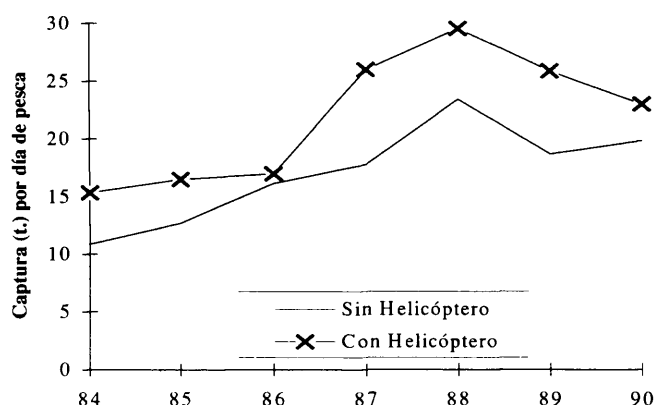


Figura 32. Comparación de los rendimientos (captura por día de pesca) de los barcos que operaron con y sin helicóptero en el Índico Occidental desde 1984 a 1990.

Existen otros factores en el uso del helicóptero que pueden influir a la hora de estimar el aumento preciso de la efectividad de captura de un barco que utiliza helicóptero, como es el factor humano, esto es: la capacidad de los ojeadores a bordo del helicóptero o la forma en que los patronos utilizaban la información que les proporcionaba desde el aire el ojeador, factores éstos casi imposibles de cuantificar.

Pese a todo, al observar cierta influencia en el rendimiento de los barcos que utilizan helicóptero, incluiremos éste factor en nuestro modelo general de estandarización del esfuerzo.

3.2.3 - Radares de detección de pájaros.

Los radares utilizados normalmente para la navegación han sido tradicionalmente los radares de banda X, que emiten con 3 cm de longitud de onda. Estos radares, en condiciones meteorológicas adversas (intensa niebla, lluvia torrencial, mar arbolada) eran poco fiables para detectar pequeñas embarcaciones. Por ello, se introdujeron los radares de banda S, que transmiten con una frecuencia más baja, 10 cm de longitud de onda, con los cuales se discernen perfectamente pequeños objetos en la superficie del mar incluso en las peores condiciones meteorológicas. Estos radares de banda S, se impusieron como equipamiento obligatorio para la navegación, en especial para los barcos mercantes con travesías tropicales, donde las lluvias torrenciales afectan seriamente a la detección de los radares de banda X.

La capacidad de estos radares para detectar objetos pequeños en la superficie del mar, fue aprovechada por los pescadores para detectar los grupos de aves, que anteriormente se detectaban con los prismáticos.

Estos radares se empezaron a introducir en la flota a principios de los 80 con aparatos de baja potencia (10 Kw⁹), pero su utilización para la detección de aves no fue práctica común en

⁹ Kilowatios

la flota atunera hasta que aparecieron los radares de 30 Kw. Entre los años 1987 y 1988, prácticamente toda la flota de cerco del Índico incorporó estos radares, lo que provocó un aumento espectacular en los rendimientos. Además del aumento de potencia, los radares incluyeron más tarde el sistema ARPA¹⁰ de *ploteo* y seguimiento de objetos en la pantalla. Posteriormente, se introdujeron los radares de 60 Kw con sistemas de *ploteo* mejorados, que permiten conocer el desplazamiento verdadero del objeto *ploteado* en pantalla, sistema muy útil para discriminar las pajaradas en movimiento, supuestamente en busca de comida, de las pajaradas estáticas, indicativo de actividad alimenticia y por lo tanto mayor probabilidad de que un cardumen de atún se esté alimentando a la vez. A su vez estos sistemas de *ploteo* son utilizados de la misma forma para vigilar la actividad de un barco vecino. Un barco parado significa que está pescando, lo cual es utilizado por el patrón para decidir sus próximos movimientos.

Más tarde, cuando el uso de objetos se hizo extensivo (1991), los radares de banda X se comenzaron a utilizar para detectar objetos balizados, gracias a la perturbación que crea la antena de una baliza. Sin embargo, tras un breve periodo, este sistema de localizar balizas con radares de banda X, fue de alguna forma neutralizado al inclinarse las antenas de las balizas, pasando de 90° a 60° con respecto a la horizontal hacia finales de 1995. Ésta propiedad de los radares de banda X para detectar objetos o sardas de túnidos es investigada por Summers y Dillard (1995). Éstos autores concluyen que el rango máximo de detección de sardas por radar es de 1 a 2 millas en situación de calma, con vientos menores de 8 nudos. Sin embargo al no tener un modelo de objeto estándar sobre el que realizar experimentos, éstos autores aplican los resultados obtenidos para la detección de sardas cuando tratan la detectabilidad de objetos con radares de banda X. Lynne *et al.* (1992) en un estudio hecho con un sistema de radar aéreo, obtienen resultados similares al estudio anterior, y además estiman que el efecto de una sarda de túnidos es similar a la perturbación que un viento de 4 nudos produce en la superficie de mar.

¹⁰ Acrónimo de la expresión inglesa Automatic Radar Position Acquirer.

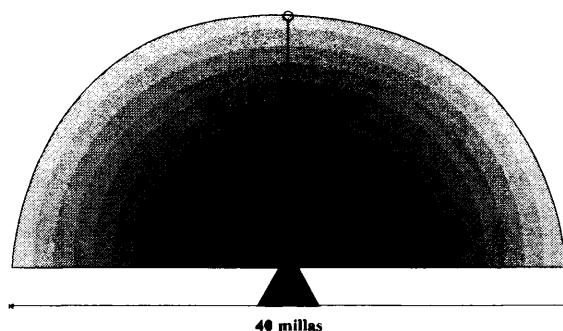


Figura 33. Área promedio barrida por un radar de 60 Kw (20 millas de alcance).

Siguiendo las fórmulas utilizadas para calcular el área prospectada por un atunero en el apartado dedicado a la detección visual, y asumiendo que el radar explora en un ángulo de 180°, podremos estimar el área prospectada por cada barco a lo largo de cada marea y comparar sus rendimientos con los obtenidos en años anteriores, cuando sólo se utilizaban gemelos.

Se puede estimar que el alcance máximo de los radares de 10 Kw es de 10 millas, los de 30 Kw hasta 15 millas y los de 60 Kw hasta 22 millas (Figura 33), siendo su alcance promedio u óptimo de 8, 12 y 20 millas respectivamente.

Si comparamos el área prospectada por un barco en una hora con prismáticos y con radar de 30 y 60 kw, obtendremos los siguientes resultados (Tabla 12).

Tabla 12. Comparación del área prospectada con gemelos y radares.

	Ángulo detección	Alcance	Área / hora	Ganancia
Prismáticos	160°	6 millas	251,3 millas²	--
Helicóptero	180°	4 millas	1.281,7 millas²	410%
Radar 30 kw	180°	12 millas	678,6 millas²	170%
Radar 60 kw	180°	20 millas	1.382,3 millas²	450%

Tal y como apuntan Gascuel *et al.* (1993) y Kwei y Bannerman (1993) la introducción de radares de detección de aves es un factor determinante para el aumento del poder de pesca en la pesca de atunes. En principio, la capacidad de detección de los barcos equipados con radares de aves es de 2 a 4,5 veces mayor que con prismáticos, si bien otros autores la consideran aún mayor (Marsac, 1992b).

La instalación de los radares de pájaros ha sido paulatina (Tabla 13). En la tabla referida, existe una fila que registra el número de barcos de los que no se ha podido recopilar la información precisa de instalación de los equipos de radar, debido a que han abandonado la pesquería o han desaparecido (hundimiento, venta, etc.). Pese a que podríamos asumir que tanto cualquier barco hasta 1986 no poseía radar (Tabla 13*) y a partir de 1990 (Tabla 13**)

no existe atunero que no tenga incorporado un radar de pájaros, realizaremos los análisis únicamente con los barcos de los que se posee información sobre la fecha de instalación. Los primeros radares de pájaros se empezaron a instalar alrededor de 1987. En los dos años siguientes, toda la flota incorpora los sistemas de radares de banda S de 30 Kw. A partir de 1989, se empiezan a introducir los radares de mayor potencia (60 kw) y a partir de 1991 se instalan los sistemas ARPA de ploteo en pantalla. A partir de 1993 toda la flota está equipada con radares de 60 kw y sistema ARPA.

Tabla 13. Número de barcos con y sin radar de pájaros desde 1984 a 1995, y número de barcos de los que no se ha obtenido información directa (desconocido).

	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
Total Barcos	16	18	14	16	20	24	26	21	21	25	25	25
Sin Radar	10	12	8	4	2							
Con Radar 30 kw				7	11	11	6	2	2	1	1	1
Con Radar 60 kw						6	13	16	19	22	23	23
Desconocido	6*	6*	6*	5	7	7	7**	3**	0	2**	1**	1**

La introducción de los radares de pájaros de 30 kw, revolucionaron la pesca del atún a mediados / finales de los años 80. Aunque los sistemas han evolucionado aumentando el alcance y la facilidad del seguimiento de los grupos de aves, el salto cualitativo en el rendimiento de los atuneros se aprecia de forma general con la inclusión de los primeros sistemas (Figura 34. Captura por día de pesca promedio de los barcos de la flota de estudio sin y con radar de pájaros desde 1984 a 1995.).

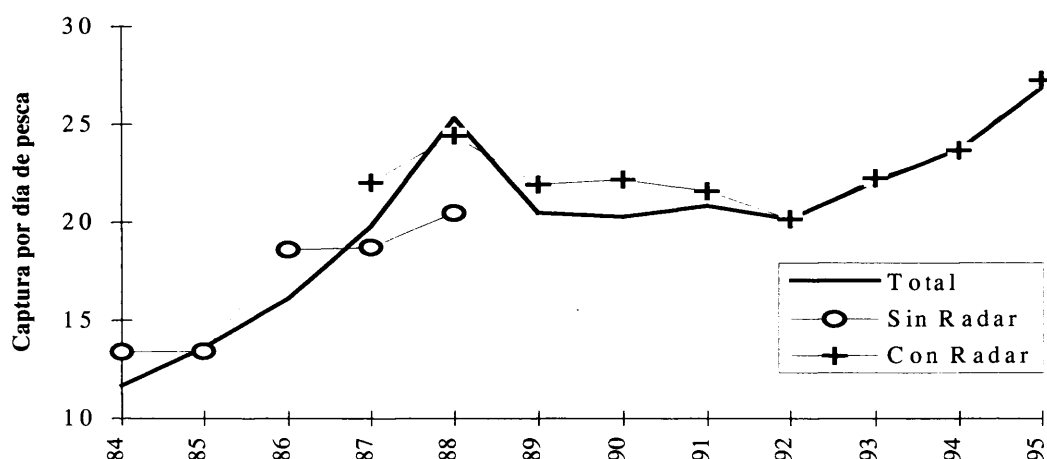


Figura 34. Captura por día de pesca promedio de los barcos de la flota de estudio sin y con radar de pájaros desde 1984 a 1995.

Observando la figura anterior, se aprecia una clara diferencia entre el rendimiento promedio de los grupos de barcos sin y con radar de pájaros. Los años en los que trabajan barcos con y sin radar, la diferencia de rendimiento es bastante patente entre ambos grupos, estimándose en un 20% de ganancia en el rendimiento por parte del grupo de barcos con radar de pájaros. Como podemos observar, la ganancia en área prospectada con radar, dos o cuatro veces mayor que la prospectada con prismáticos, se traduce en un aumento de eficacia aparente del 20%. De alguna forma, los rendimientos tan buenos del año 1988, podrían estar relacionados con la inclusión de los radares. Estas aproximaciones son bastante groseras al tratarse un solo factor de los muchos que podrían afectar el rendimiento de la flota, aunque el radar de pájaros sea, con casi total seguridad, el factor predominante.

3.2.4 - La pesca con sonar.

En la actualidad, el sonar y el radar de pájaros, son los equipos indispensables para que un barco atunero pesque con ciertas garantías de éxito. De hecho, tanto los sonares como los radares, suelen instalarse por duplicado en los puentes de muchos grandes atuneros, de forma que la avería de un equipo no impida la continuación de las operaciones de pesca. La dependencia de los patrones de pesca en este equipamiento es tan grande, que la avería de cualquiera de estos dos aparatos, sonar o radar, puede justificar la entrada a puerto del atunero para su reparación.

El factor principal que determina las características de un sonar, es la frecuencia de emisión: a mayor frecuencia de emisión mayor poder de discriminación pero menor alcance. Los primeros sonares introducidos en la flota y todavía en uso, emiten con una frecuencia de

60 kilociclos con un alcance de 500 m de profundidad. Estos modelos fueron complementados con otro sonar de 45 Kc¹¹ y con mayor alcance, hasta los 1.500 m de profundidad, si bien durante la navegación, la mayoría de los patrones sitúan el alcance del sonar entre 600 y 800 m, que es la distancia óptima de detección de estos equipos. Una vez localizado un banco de atunes, el alcance del sonar se sitúa entre 200 y 300 m, porque se considera la distancia óptima de discriminación. En la actualidad los barcos están introduciendo sonares de 80 Kc con los que se obtiene una mejor discriminación de los bancos, si bien su alcance máximo es de 400 m. Existen sonares que emiten a 145 Kc, utilizados en la flota de bajura, que son capaces de discriminar peces individualmente, si bien ese nivel de discriminación no es útil en la pesca de cerco industrial. Los grandes atuneros construidos actualmente, que navegan a más de 16 nudos durante la prospección, están encontrando ciertas limitaciones en la utilización de los equipos de sonar, ya que su poder de detección y discriminación se ve afectado por las altas velocidades.

En la actualidad la mayoría de los atuneros llevan instalados los dos modelos de sonar antes mencionados porque, dependiendo de las condiciones ambientales, el modelo de sonar de 45 Kc tiene más poder de discriminación, y una vez que el banco está próximo al barco (300/400 m) algunos patrones prefieren largar basándose en la información que les proporciona este modelo de sonar.

El sonar es utilizado generalmente para valorar el volumen y desplazamiento de los bancos de atún localizados por otros métodos (radares, objetos, etc.) tal y como apunta Gaertner *et al.* (1999) para la flota cerquera francesa en el Índico y Atlántico, y como también se utiliza en la pesca chilena de chicharro (*Trachurus murphyi*) (Hancock *et al.*, 1995). La detección de bancos de atún con sonar únicamente, es una práctica relativamente poco usual. La captura de estos bancos detectados con sonar es bastante difícil, y muy pocos patrones tienen cierta habilidad y experiencia para largar a un banco detectado por sonar únicamente (Tabla 14).

Tabla 14. Utilización del sonar como único detector de bancos de atunes por la flota de estudio, según la información de los cuadernos de pesca desde 1985 a 1995.

Nº de lances	Nºbarcos	Captura (t)	Nºbarcos	Tamaño banco	Nº lances
1 a 5 / año	18	5-100 / año	13	<10 t	57
5 a 10 / año	9	100-200 / año	7	10 - 50 t	222
10 a 20 / año	2	200-300 / año	6	50 - 100 t	83
> 20 / año	1	300-400 / año	2	100-200 t	35
		>400 / año	2	>200 t	6
Máximo 50 / año		Máximo 1.202 t / año		Máximo 350 t	

¹¹ Kilociclos

La proporción de la captura total detectada únicamente por sonar por la flota de estudio, es mínima (entre 0,02% y 3,73% de la captura anual) a lo largo de los doce años de la serie. La especie capturada mayoritariamente con sonar es el rabil, detectado en bancos puros de peces en su mayoría con un peso medio mayor de los 30 kg., siendo la categoría de más de 50 kg. la más frecuente (Tabla 15).

Tabla 15. Captura por especies y número de lances puros por especies y mixtos capturados con sonar como detector único por la flota de estudio desde 1984 a 1995. (*YFT = rabil, SKJ = listado, BET = patudo y ALB = atún blanco o atún blanco).

AÑO	CAPTURA CON SONAR					% Captura	Nº DE LANCES PUROS				Nº LANCES MIXTOS
	YFT*	SKJ*	BET*	ALB*	TOTAL		YFT	SKJ	BET	ALB	
84	4	0	0	0	4	0,02 %	1	0	0	0	0
85	10	1	0	0	11	0,02 %	1	1	0	0	0
86	0	0	0	0	0	0,00 %	0	0	0	0	0
87	216	133	0	0	349	0,49 %	5	1	0	0	4
88	661	61	82	0	804	0,74 %	15	4	0	0	3
89	477	634	113	0	1.224	0,99 %	5	3	0	0	11
90	2.499	252	42	0	2.793	2,32 %	53	2	2	0	3
91	2.543	161	130	99	2.933	2,45 %	38	4	1	0	11
92	2.280	295	62	291	2.928	2,73 %	34	4	0	8	22
93	1.082	94	10	8	1.194	0,86 %	17	1	0	0	6
94	5.032	353	358	20	5.763	3,70 %	89	11	4	1	26
95	1.484	262	76	43	1.865	0,97 %	36	6	1	2	16

La utilización del sonar como detector aumenta relativamente a medida que los equipos son instalados (Figura 35), hasta 1991 año en el que la mayoría de la flota tiene instalados los dos modelos de sonar y su utilización como detector deja de ser una novedad para centrarse en su verdadera utilidad: la valoración de bancos detectados para realizar el lance adecuadamente.

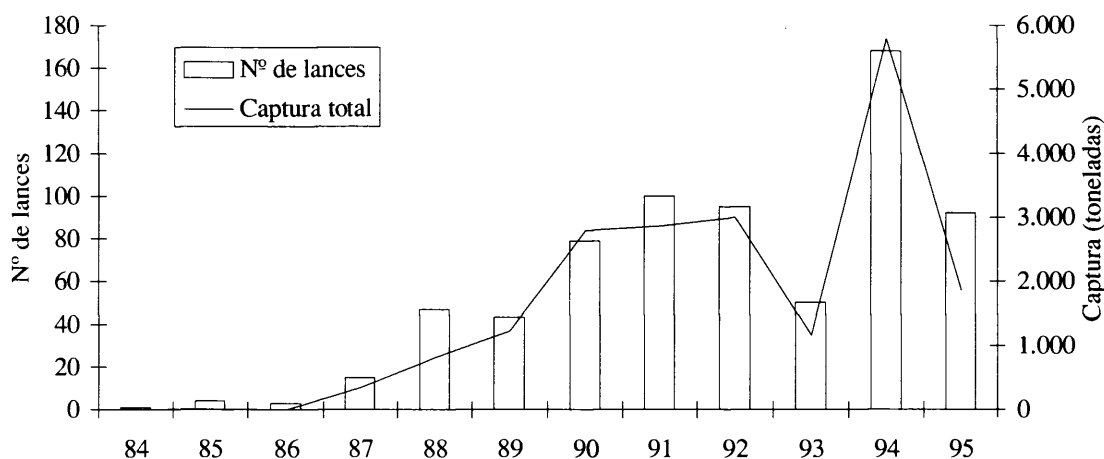


Figura 35. Número total de lances a bancos detectados por sonar y captura obtenida por la flota de estudio desde 1984 a 1995.

Durante 1994 se obtiene la máxima captura anual detectada con sonar (Figura 35) debido a que, nueve de los catorce barcos que utilizaron el sonar como detector, capturaron cantidades bastante superiores a las medias de otros años del periodo operacional de los sonar (205 t/año desde 1988 a 1995), incluyéndose la captura máxima anual por barco (1.202 t/año), correspondiente al número máximo de lances (50 lances/año), e incluyendo también el banco más grande capturado con sonar (350 t ; ver Tabla 14). Durante los tres primeros meses del año 94, se capturaron 2.838 t gracias a la detección con sonar, aproximadamente la misma cantidad que en un año normal. Estas capturas fueron realizadas en su mayoría alrededor del paralelo 5º Sur entre los 50º y los 75º Este, siguiendo la tendencia de la pesquería de correr de Este a Oeste de enero a marzo.

Como ya hemos avanzado, la utilización del sonar tiene tres fases en la pesquería de túnidos del Índico. La primera de 1984 a 1986 en la que muy pocos barcos tenían instalado el sonar de 60 Kc, y por tanto su uso era mínimo. La segunda que podemos denominar de aprendizaje, desde 1987 a 1989 en la que la mayoría de los barcos tienen ya instalado el sonar de 60 Kc, si bien su uso como detector no es muy extenso. La probabilidad media de capturar un banco detectado con sonar durante el periodo 1987-1989 es del 55%. Durante el periodo de operatividad máxima de los sonares (1990 en adelante) esta probabilidad media asciende al 65% (Figura 36).

Los rendimientos obtenidos por lance positivo, tras un aumento exponencial durante la época de aprendizaje, se estabilizan entre las 40 y 50 toneladas por lance positivo, para caer durante 1995 a las 30 t. El rendimiento por lances totales (positivos + negativos) , lógicamente sigue una tendencia similar al rendimiento por lance positivo, presentando el mismo descenso en 1995 (Figura 36).

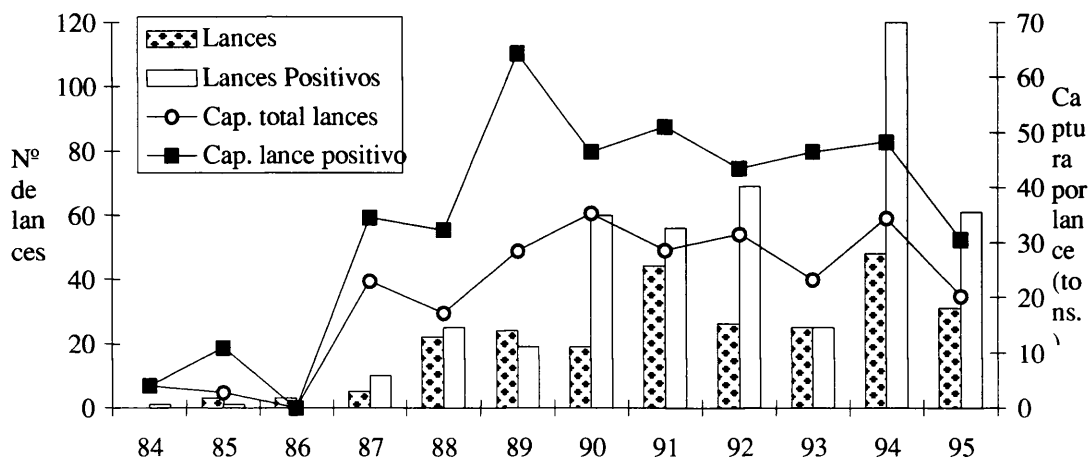


Figura 36. Número de lances positivos y negativos a bancos detectados por sonar y captura por número total de lances y por lance positivo, para la flota de estudio desde 1984 a 1995.

Como adelantamos más arriba, una vez localizado un banco de atunes, el sonar es el equipo fundamental para seguir las evoluciones del banco detectado. El patrón obtiene la información necesaria, tamaño y movimiento (velocidad y dirección) del cardumen, para efectuar un lance con las máximas garantías de éxito posibles. Por lo tanto, en teoría la introducción y mejora de los equipos de sonar, se debería traducir en una disminución de la probabilidad de lance nulo, como así parece indicar la Figura 37.

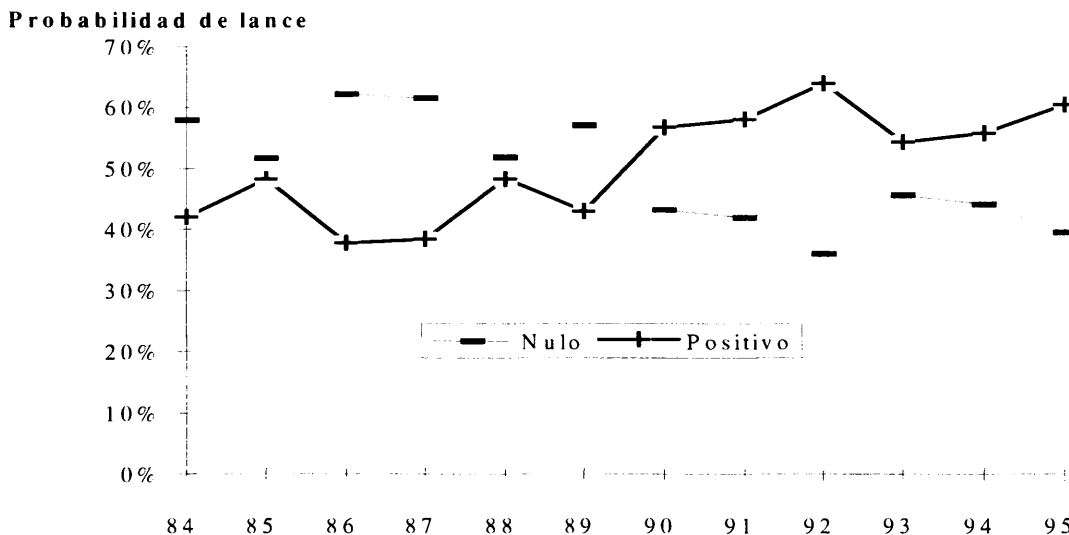


Figura 37. Porcentaje anual de lances positivos y nulos realizados a banco libre por la flota de estudio desde 1984 a 1995.

Como se adelantó más arriba, la inclusión de los sonares en los barcos de la flota de estudio fue progresiva (Tabla 16). Durante la fase de instalación de los equipos de sonar (1987-1989), se empieza a apreciar una ligera disminución en la proporción de lances nulos

con respecto a la primera fase de la pesquería (1984 -1986), en la que muy pocos barcos contaban con estos equipos. Es a partir de 1990, cuando la proporción de lances nulos disminuye considerablemente en relación al periodo anterior, estabilizándose alrededor del 42% hasta 1995. Si comparamos esta proporción con la del periodo 1984 - 1989 (57% proporción de lances nulos), podemos arriesgarnos a estimar que la introducción de los equipos de sonar de 60 Kc ha podido suponer una ganancia media en la efectividad del lance del 15% para la flota de estudio.

Tabla 16. Número de barcos con y sin sonar desde 1984 a 1995, y número de barcos de los que no se ha obtenido información directa (desconocido).

	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
Total Barcos	16	18	14	16	20	24	26	21	21	25	25	25
Sin Sonar	10	11	6	5	4							
Con Sonar 60 Kc		1	2	6	10	12	9	5	4	3	1	0
Con Sonar 60 y 45 Kc						6	10	13	17	20	23	24
Desconocido	6	6	6	5	6	7	7*	3*	0	2*	1*	1*

Esto se puede corroborar especialmente por la captura por día de pesca que obtienen los barcos con y sin sonar (Figura 38), aunque al tener sólo dos años con cantidades de barcos con y sin sonar, la comparación solo es posible hacerla en los años 1987 y 1988.

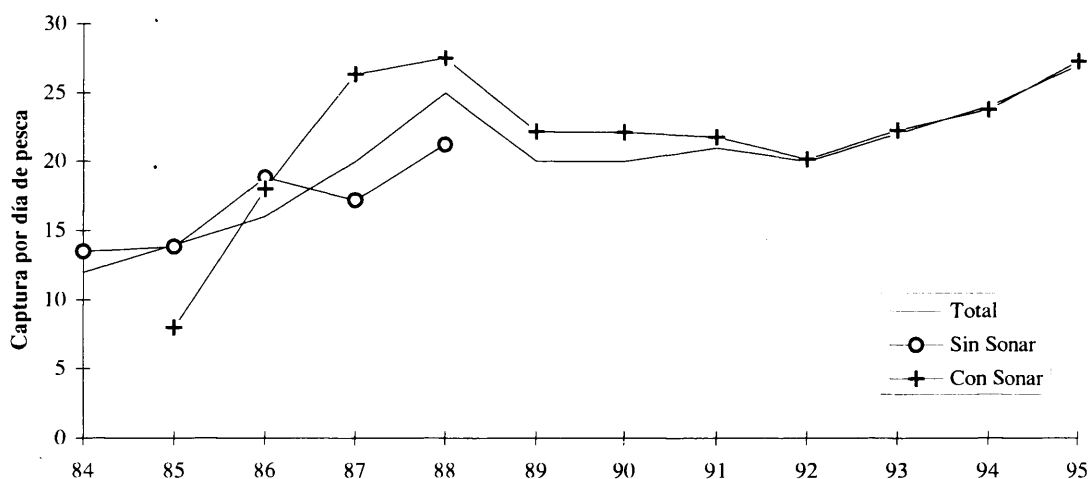


Figura 38. Captura por día de pesca promedio de los barcos de la flota de estudio sin y con sonar desde 1984 a 1995.

La mayoría de los equipos de detección que se usan en la pesca de túnidos son aplicaciones comerciales de sistemas desarrollados por la industria bélica. El "Dolphin-Safe

Research Program" del NMFS¹² es un claro ejemplo de investigación concertada entre técnicos militares y biólogos pesqueros de los EE. UU.. Dicho programa se fijó, entre otros, el objetivo de desarrollar nuevos métodos para localizar rabiles no asociados con delfines (Edwards *et al.*, 1995). Entre sus proyectos de investigación incluyeron el estudio un nuevo sistema de detección óptico (sonares de rayos láser) y el perfeccionamiento de los sistemas acústicos ya existentes para detección de largo alcance.

El sonar de rayo láser, tiene una capacidad de resolución mucho mayor que el sonar convencional y además el alcance es muy superior, pudiendo explorar grandes profundidades. Por el momento se están desarrollando sistemas de detección con rayo láser para su utilización desde el aire (helicóptero, avioneta). Estos sistemas son capaces de detectar atunes a -17 m utilizando láser de doble frecuencia (Oliver *et al.*, 1994) y distinguir entre un atún y un pez espada a una profundidad entre -46 m en aguas turbias, y -137 m en aguas claras utilizando láser y sistema de detección y distancia por luz o LIDAR¹³ (Schoen y Sibert, 1996). Por el momento sólo existe un tipo de equipo disponible en el mercado pero su precio y volumen lo hacen difícil de comercializar. Esta metodología puede tener aplicaciones inmediatas a nivel comercial para la detección local (Oliver y Edwards, 1996) de bancos de atunes desde el aire, pero a largo plazo se espera que pueda aplicarse para estudios de la distribución de peces en relación con condiciones oceanográficas, de dinámica de formación de cardúmenes y para estudios de distribución de peces a gran escala y estimaciones de tamaños de población (Schoen y Sibert, 1996).

Los estudios de Rees (1996) ponen de manifiesto que es posible desarrollar un sonar de largo alcance (40 - 200 km), pero la tecnología necesaria para ello, no está disponible a nivel comercial, por ser exclusiva para usos militares. Sin embargo, sería posible desarrollar un sonar direccional de medio alcance (3 - 40 km) una vez se solventen algunos problemas técnicos de supresión de ecos en el receptor. Tanto Rees (1996) como Nero (1996), recomiendan que para desarrollar un sonar de medio - largo alcance es recomendable utilizar altas frecuencias (2-5 kHz) para diferenciar cardúmenes de rabil grande de otros pelágicos pequeños.

3.2.5 - La utilización de la sonda

Los barcos atuneros han estado equipados desde siempre con sondas de papel para la discriminación de bancos. Aunque se hayan introducido nuevas sondas con pantallas en color y mejor resolución, el aporte de este aparato a la detección de bancos, no se considera

¹² National Marine Fisheries Service (EE.UU.)

¹³ Acrónimo de la expresión inglesa *LI*ght *D*etection *A*nd *R*anging.

importante porque su función fundamental es la de discriminar el tipo de banco y las especies que lo componen una vez detectado con otros métodos. En la actualidad, y desde hace ya más de 12 años, existen unas sondas en color de 28 a 50 kHz, con un alcance de hasta 150 brazas de profundidad, que están presentes en todos los puentes de mando de los atuneros actuales. Las sondas son aparatos más determinantes en otras pesquerías (arrastre principalmente) para la detección, pero en la pesca pelágica, constituyen una ayuda importante en el proceso de decisión de largar, sobre todo en los lances a objeto, pero en ningún caso determinante para la detección.

Por éste motivo, y por el hecho de que prácticamente todos los barcos están equipados con sondas de eficacia similar, en nuestro análisis se eludirá el posible efecto que las sondas puedan producir sobre la capturabilidad de los atuneros.

3.2.6 - La pesca con objetos artificiales y el uso de radio balizas.

Las asociaciones de atunes a objetos flotantes es conocida desde hace tiempo (Hunter y Mitchel, 1967) y rápidamente comenzaron a ser explotadas por los atuneros europeos que faenaban en el Atlántico (Bard *et al.*, 1985) y en el Índico (Hallier, 1985).

Las razones por las que los peces pelágicos se concentran debajo de objetos flotantes es todavía desconocida. Gooding y Magnuson (1967) hacen una revisión de las distintas hipótesis que se han formulado para explicar este comportamiento. Una de las primeras explicaciones que se dieron fue el lógico comportamiento trófico, es decir la atracción de nutrientes y plánton por los objetos, que a su vez atrae a peces para su alimentación (Reuter, 1938; Soemarto, 1960). Otras hipótesis más sofisticadas hablan de la búsqueda de sombra por los bancos de peces pelágicos (Suyehiro, 1952) y de la utilización de esa sombra para detectar el plancton (Damant, 1921).

También se ha cuestionado la posibilidad de que algunas especies busquen cobijo en los objetos (Suyehiro, 1952; Soemarto, 1960) imitando lo que hacen los alevines de bacalao (*Gadus morhua*) debajo de las medusas (López, 1960). Fedoryako (1989) propone que las especies que se asocian con objetos lo hacen por distintos motivos dependiendo de su estado de desarrollo. Así se piensa que los atunes jóvenes desarrollan asociaciones tempranas para evitar los predadores (Armstrong y Oliver, 1996) y el canibalismo (Yesaki, 1983), para más adelante asociarse con fines tróficos. Esto se observa con claridad en las capturas asociadas a objeto fijo (llamados "payao") del sur de Filipinas, en los que se capturan rabil muy pequeño (10 cm) con cerco y rabil muy grande (>140 cm) con líneas de mano a gran profundidad (De Jesus, 1982; Yesaki, 1983). La composición del contenido estomacal de estos rabiles adultos muestra una gran proporción de rabiles pequeños, lo que confirma la asociación trófica a los objetos de los atunes grandes y de protección de los pequeños (Yesaki, 1983). Esta razón

trófica se ve reforzada cuando se observa la gran cantidad de especies depredadoras presentes en las comunidades asociadas a objetos, donde es muy común encontrar junto al rabil, patudo y listado, especies de tiburones (*Carcharhinus spp.*), lampugas (*Coryphaena hippurus*), bananas (*Elegatis bipinnulatus*), petos (*Acantocybium solandri*), etc.

Hunter y Mitchell (1967) sugieren que los objetos flotantes pueden facilitar situación espacial y funcionar como compañeros de cardumen de las especies pelágicas en el vacío óptico del medio oceánico, Armstrong y Oliver (1996) profundizan en esta idea explicando la posibilidad de que los objetos sean utilizados como localizadores de masas de agua productivas. Algo similar es defendido por Hall *et al.* (1992) cuando sugieren que el objeto puede facilitar evidencias sensitivas a un cardumen de que las masas de agua han recibido nutrientes continentales y es una zona rica potencialmente en presas.

Otras observaciones confirman que ciertas especies de peces son atraídas por los objetos flotantes como sustrato para depositar la puesta (Besednov, 1960). Esto se puede observar en los objetos utilizados por los atuneros del Atlántico, que deben ser preparados con flotadores especiales para soportar el gran peso que se llega a acumular con las puestas de peces voladores (F. Exocoetidae). El tipo de puesta oceánica de los túnidos hace desechar ésta hipótesis para explicar los motivos de asociación de túnidos tropicales a objetos.

El fenómeno de la pesca con objeto ha sido estudiado en las distintas pesquerías de túnidos tropicales (Ariz *et al.*, 1989; Hallier, 1990; CIAT, 1992; Ariz *et al.*, 1992; Fonteneau, 1992a; ORSTOM, 1993; Pallarés *et al.*, 1994; Pallarés *et al.*, 1998; Sakagawa, 1998) pero pocos han sido los estudios que han intentado calibrar el efecto de esta modalidad de pesca sobre el esfuerzo pesquero que ejerce la flota atunera sobre las poblaciones de túnidos tropicales (Hallier, 1993; Gaertner *et al.*, 1998).

En el apartado 3.2.6. se hizo una introducción sobre las diferencias entre la captura de objeto y la de banco libre. Como ya se adelantó, la pesca a objeto es mucho más segura que la pesca a mancha libre porque el banco de atunes asociado a cualquier tipo de objeto flotante, es mucho más estático y fácil de capturar. La proporción promedio de lances positivos cuando los barcos de la flota de estudio pescan a objeto, es del 94% durante el periodo de estudio.

Hasta 1989, la pesca al objeto se realizaba casi exclusivamente con objetos naturales encontrados en la mar, entendiendo por objeto natural, cualquier tipo de cuerpo flotante, de material natural (troncos, ballenas muertas, etc.) o artificial (cajas de madera o cartón, trozos de cuerda o red, bidones, etc.) depositado en el mar de forma "natural" (desembocaduras de ríos, desechos de otros barcos) sin intención de ser utilizados para la pesca. Hasta entonces, la práctica de balizar algunos objetos naturales y revisarlos regularmente fue incrementándose al comprobar el buen rendimiento de los objetos como concentradores de túnidos, lo que se tradujo en un incremento en el número de lances a objeto (Figura 39).

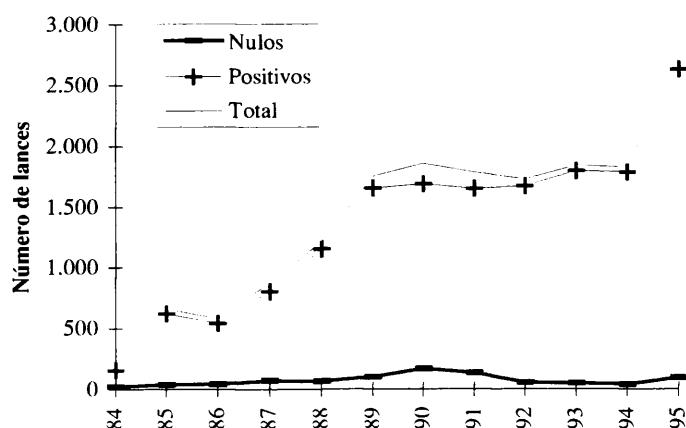


Figura 39. Número de lances positivos, nulos y totales realizados a objeto por la flota de estudio desde 1984 a 1995.

A partir de 1988, se comienzan a utilizar objetos artificiales, generalmente parrillas de bambú con redes colgando, preparados por cada barco y balizados desde de su lanzamiento al mar. El aumento del número de lances a objeto reflejado en la figura 24, está directamente relacionado con el desarrollo de la pesca con objetos artificiales. Desde entonces, los barcos solían diseminar no más de 10 objetos artificiales balizados por marea, si bien desde 1991 el número de balizas por marea lanzadas por cada barco varía entre un mínimo de 20 y un máximo de 50, dependiendo de la época y zona.

El balizamiento de los objetos permite al barco volver a localizarlo tras un cierto tiempo que el patrón considera suficiente para que éste haya concentrado pesca, y eventualmente pescar los atunes a el asociados. La balizas una vez llamadas desde el barco, son seguidas por los goniómetros que no indican nada más que la dirección en la que se encuentra el objeto, sin precisar distancia. Ha habido intentos en la flota de estudio de introducir balizas capaces de indicar la posición exacta en la que se encuentran gracias al sistema GPS¹³ por satélite, pero su alto coste no permitió hasta 1997 su uso extensivo.

El aumento tan espectacular del número de lances a objeto durante 1995, ha sido, casi con toda certeza, la causa principal del aumento de la captura total durante dicho año.

Como Hallier (1993) sugería, la captura por lance puede ser un índice de abundancia que se aproxime más a la realidad, si bien sus análisis no fueron concluyentes a este respecto. En una primera aproximación a la evolución de la captura por lance a objeto (Figura 40), observamos la caída en la producción observada por Hallier (1993) durante 1989. Como se adelantó más arriba, es en ese año cuando el uso de objetos artificiales se hizo masivo en la pesquería, y en un principio podríamos atribuir la caída en la producción por lance al aumento

¹³ Acrónimo de la expresión inglesa *Geographical Positioning System*.

de esfuerzo que supone una gran cantidad de objetos directamente monitorizados por los barcos. Sin embargo, tras ese descenso momentáneo, el rendimiento por lance vuelve a aumentar desde 1991, en gran parte por el aumento de la cantidad de rabil capturado con objeto, llegando a equipararse por primera vez en la serie la proporción de listado y rabil en la captura con objeto. Este repunte de la producción, podría estar ligado al aumento del número de balizas por marea utilizadas por cada barco mencionado más arriba.

Tras una primera fase de gran rendimiento de listado en la captura a objeto, éste parece ir decreciendo a lo largo de la serie, si bien con ciertas recuperaciones puntuales en 1990 y 1994, pero pasando de las 35 t/lance en 1986 a las 23 t/lance de 1995. El rendimiento de la captura de rabil varía entre 5 y 15 t/lance a lo largo de la serie (Figura 40), exceptuando el rendimiento tan espectacular de 1995 (22 t/lance). También es de destacar la presencia constante de patudo en la captura con objeto a lo largo de toda la serie (de 1 a 4 t/lance), y su aumento también importante en 1995 (7 t/lance).

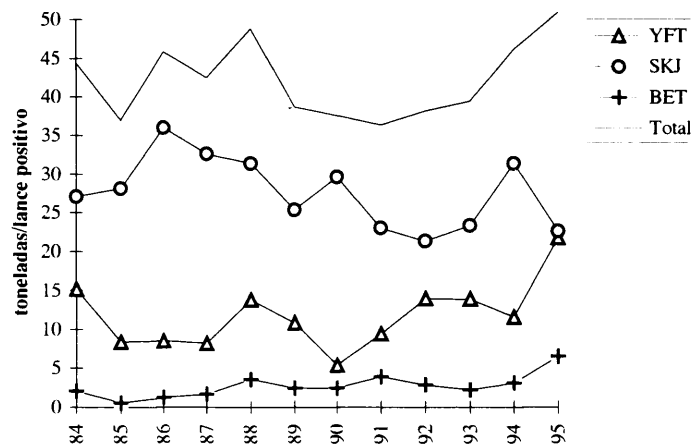


Figura 40. Captura por lance positivo realizado por la flota de estudio desde 1984 a 1995.

Por desgracia, nuestra principal fuente de información, los cuadernos de pesca rellenos por los capitanes de los barcos objeto de este estudio, no recoge la diferencia entre los objetos naturales y los artificiales. Si bien esta diferenciación está prevista en la codificación de los cuadernos de pesca, sólo unos pocos capitanes de la flota que opera en el Índico rellenan los cuadernos con el suficiente detalle para diferenciar el tipo de objeto, por lo cual el análisis del incremento de pesca debido a los objetos artificiales no se puede realizar para toda la flota.

Tampoco el programa de observadores del SFA, facilita información suficiente para poder analizar la evolución de la naturaleza de la pesca al objeto (Tabla 17). Las campañas de observadores del SFA a bordo de los barcos de la flota de estudio, se limitan a un número muy pequeño de barcos y durante épocas muy distintas en las que no siempre se pesca con objetos,

por lo que los resultados de la Tabla 17 pueden ser calificados de poco relevantes, pues si bien el número de observaciones sobre objetos naturales parece consistente a lo largo de la serie, no lo parece tanto el de objetos artificiales, especialmente durante 1991 y 1994.

Tabla 17. Número de bancos detectados con objetos naturales y artificiales por el programa de muestreo de SFA.

Año	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Objeto natural	8	39	104	175	80	45	35	39	50
Objeto artificial	0	0	0	57	70	1	53	13	1

Una reciente innovación al sistema de pesca con objetos balizados, es la utilización de radio balizas con sistema de posicionamiento geográfico. Éstas balizas son capaces de transmitir su posición real a través de satélite, pudiendo hacer un seguimiento a diario del desplazamiento de las corrientes superficiales. Pese al alto coste de estas boyas, que no las hace muy populares para su uso extensivo, son utilizadas hasta ahora por algunos barcos de la flota de estudio. El siguiente avance que se está experimentando ya en algunos barcos de la flota, son las boyas con sonar incorporado. Este tipo de boyas, valiéndose del mismo sistema que utilizan para transmitir la posición, son capaces de enviar al barco información de la temperatura de superficie así como los ecos del sonar, de manera que desde el barco se puede controlar la presencia o no de atunes asociados al objeto. Evidentemente la incorporación de estos nuevos adelantos técnicos hará cambiar el concepto de búsqueda y por lo tanto el concepto de esfuerzo de pesca. Su evaluación es algo que debe tenerse muy en cuenta para el futuro de este tipo de estudios.

3.2.7 - La pesca con barcos auxiliares.

Existen dos tipos de pesca con barcos auxiliares:

- La pesca asistida con barcos de exploración activa.
- La pesca asistida con barcos fijos.

En este apartado nos centraremos en la pesca con barcos de exploración activa, ya que la segunda clase está directamente relacionada con la pesca en montañas submarinas, de la que se hablará en el apartado siguiente.

En el lenguaje mariner, los barcos auxiliares se conocen como *macizeros*, sean fijos o móviles. La pesca de cerco industrial asistida con macizeros, tal y como se entiende en la actualidad es una derivación del sistema de pesca que se utilizó al principio de las pesquerías de cerco en el Atlántico. Por aquel entonces, los barcos cañeros servían de referencia a los barcos cerqueros para pescar manchas de pescado que el cañero tenía fijado al estar pescando sobre él, acción que se denomina macizar, término del que deriva el nombre del barco que se dedica a ello. Entonces existían acuerdos entre cañeros y cerqueros para compartir la captura

conseguida en colaboración. De hecho este sistema se continúa utilizando en el Atlántico Oriental (Gaertner *et al.*, 1996) al faenar la flota cerquera venezolana y española en cooperación.

Cuando el primer "super-atunero" de más de 2.000 t de capacidad llegó a operar al Índico (1992), trajo consigo un macizero para que lo asistiera en la pesca, si bien este macizero no efectúa labores de pesca y está destinado únicamente a asistir al barco atunero. Más tarde, a mediados de 1995, otro atunero de más de 1.300 t de capacidad de carga, introdujo otro macizero para trabajar con el único barco de esa compañía en la zona. Parte de la flota francesa trabaja con un macizero en el Índico, pero de forma distinta que los españoles, pues éste macizero asiste a un grupo de barcos de la misma compañía. Hasta 1995 existían tres barcos macizeros en el Índico que asisten o bien a un barco único o bien a un grupo de atuneros. En la actualidad existen siete macizeros, pero nuestra serie histórica alcanza hasta 1995, momento de desarrollo incipiente de la actividad de estos barcos. La pesca con este tipo de barcos es algo controvertida, y aunque están plenamente justificados desde el punto de vista de la producción y la operatividad del atunero, el trabajo que realizan es bastante criticado por el resto de la flota que no los utiliza.

El tipo de barco al que nos referimos como macizero, suele ser un barco de unos 25 m de eslora, adaptado de otro arte de pesca, palangrero o cañero generalmente. Estos barcos se modifican de forma que los espacios de bodegas se convierten en depósitos de carburante, y la cubierta queda despejada para poder trabajar con los objetos artificiales. El macizero trabaja fabricando y reparando objetos, y al mismo tiempo que comprueba las concentraciones de atunes en los objetos que encuentra, suyos o de otros barcos, para informar al atunero del que depende. El macizero va equipado con los mismos equipos básicos de detección de pesca que un atunero, esto es un radar de pájaros de 60 kw, un sonar de 45 Kc y una sonda de color.

El macizero está en contacto continuo con el atunero al que sirve, y cuando localiza un objeto con una concentración de pescado interesante, avisa al atunero y no suele esperar a que se realice la captura. Es evidente que el esfuerzo pesquero de los barcos que utilizan los macizeros debe de estar incrementado de alguna forma por la ayuda que estos le prestan. Ahora bien la calibración de esa ayuda es algo difícil para el caso del barco que faena desde 1992 porque siempre ha trabajado con macizero, de forma que es algo difícil calibrar la contribución del barco auxiliar al esfuerzo de pesca del barco principal.

En el segundo caso, la serie es muy corta, seis meses, y no pensamos que se pueda obtener una buena correlación. Como ya hemos adelantado la limitación de nuestra serie histórica (1984-1995) no permite hacer una evaluación consistente sobre el efecto de los barcos auxiliares sobre el esfuerzo de pesca. Efecto éste que sin duda debe de existir pero que

se podrá cuantificar únicamente cuando se comparen los rendimientos de un barco antes y después de utilizar macizero.

3.2.8 - La pesca en las montañas submarinas.

3.2.8.1 Introducción a la pesca en montañas submarinas

Otra faceta del comportamiento de los atunes tropicales que afecta directamente a su capturabilidad, es su concentración alrededor de las montañas submarinas. La razón última de este comportamiento, al igual que sucede con la asociación de atunes a objetos derivantes, está todavía sin esclarecer.

Las asociaciones de atunes con montañas submarinas, han sido estudiadas en el Atlántico (Fonteneau, 1991c) y en el Índico, se están analizando las posibles relaciones existentes entre las asociaciones de atunes y las características oceanográficas tan particulares existentes en las montañas submarinas a través de un programa de marcado financiado por la Unión Europea¹⁴.

El primer inventario de las montañas submarinas del Índico Occidental, fue realizado por Baudry *et al.*(1994), a partir de datos de satélite. En dicho inventario, se estudian cinco zonas de las que sólo una resulta explotada por la pesquería industrial de túnidos, la Cadena Coco de Mar (Figura 41).

¹⁴ Programa FADIO = Fish Agregating Devices as Instrumented Observatories of pelagis ecosystems.

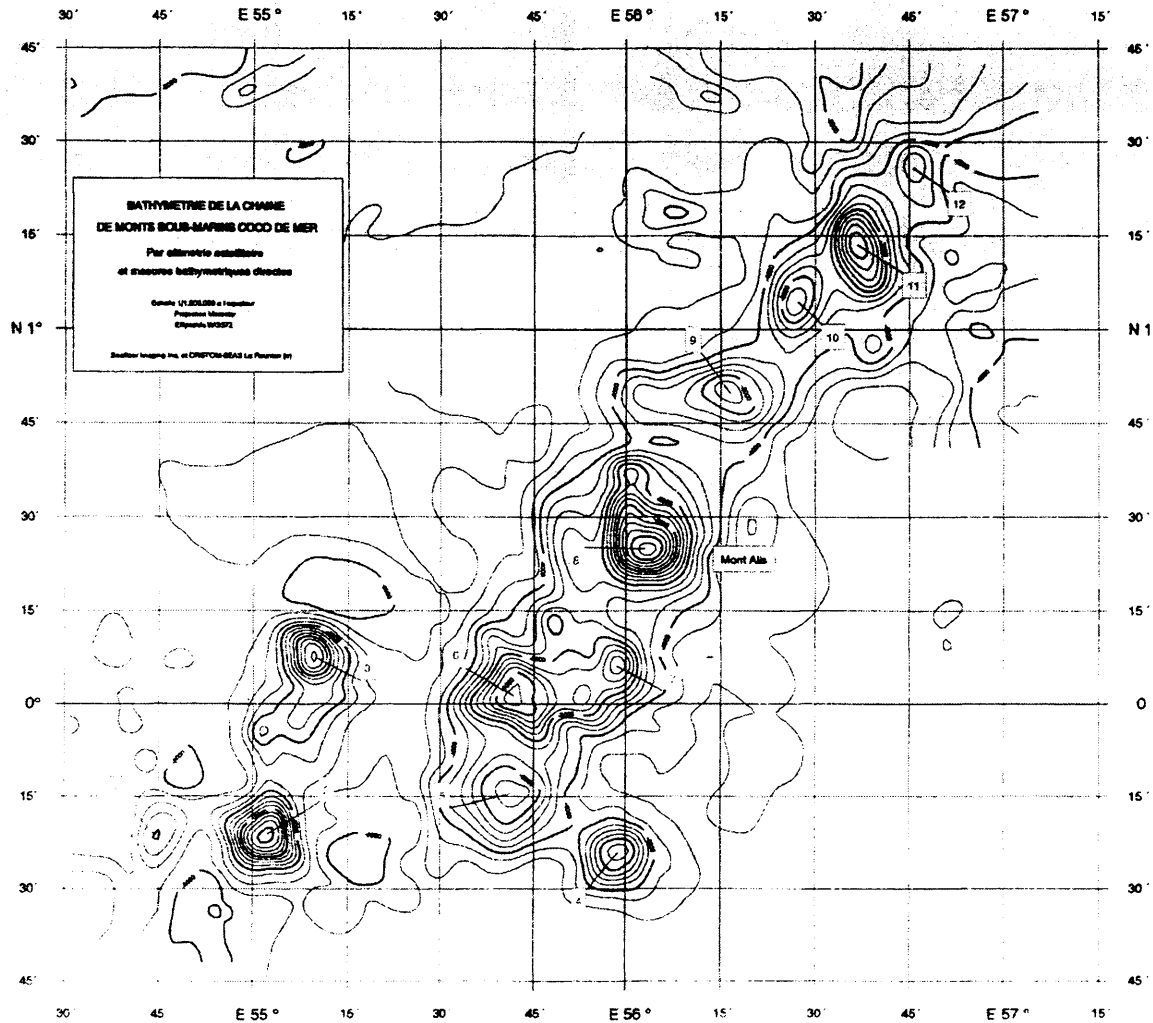


Figura 41. Cartografía de la cadena de montañas submarinas Coco de Mar (tomado de Baudry *et al.*, 1994).

Esta zona, si bien presenta un total de 12 picos submarinos, sólo uno de ellos actúa como verdadero punto de concentración de túnidos: el Monte Alis (00°25'N, 56°03'E, punto 8 en la Figura 41). La cima del Monte Alis está sumergida a 191 m. de la superficie (Figura 42).

Las aguas circundantes por encima de esta montaña empezaron a ser explotadas ocasionalmente durante los primeros años de la pesquería (1984-1987). Más tarde, una compañía española emplazó un remolcador permanentemente en esta montaña, para controlar las concentraciones de atunes alrededor de ella (1988). El año siguiente, otra compañía española emplazó un segundo remolcador en el Monte Alis. Desde entonces y hasta la fecha, estos remolcadores han estado anclados continuamente en dicha montaña submarina, cada uno sirviendo a uno o dos atuneros.

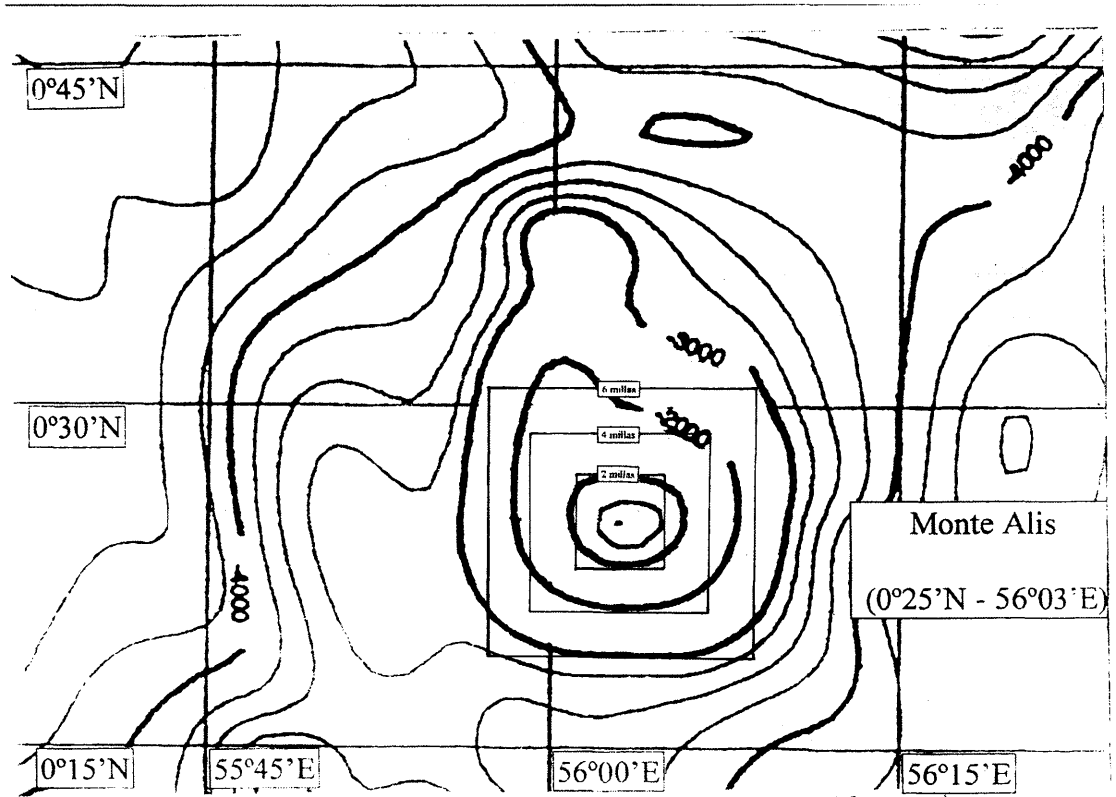


Figura 42. Detalle cartográfico del Mote Alis y zonas de estudio en el entorno de 2, 4 y 6 millas.

Estos remolcadores son de unos 30 m de eslora, equipados con sonares, sondas y radares similares a los de los atuneros, además de tener unos grandes reflectores que sirven para atraer a los peces durante la noche.

La pesca sobre montañas submarinas, es por lo tanto exclusiva de dos o cuatro barcos, dependiendo del año, si bien otros barcos de la flota de estudio aprovechan casualmente las concentraciones alrededor de la montaña submarina. Las operaciones de pesca están coordinadas entre el remolcador y el atunero al que sirve. Mientras el atunero explora libremente como cualquier otro barco, el remolcador le mantiene informado a diario de las concentraciones que observa en la montaña. Cuando el patrón del atunero decide que merece la pena el trayecto desde donde se encuentre hasta la montaña, el barco se desplazará para capturar una concentración observada y estimada por el remolcador.

Por lo tanto la capacidad de búsqueda de los barcos que explotan las concentraciones de túnidos alrededor de las montañas submarinas se ve incrementada con la ayuda de los barcos auxiliares fijos o remolcadores. Estos barcos auxiliares fijos, conocidos coloquialmente como "supplies", son remolcadores de 60 m de eslora que permanecen anclados en las montañas submarinas continuamente. Están provistos de reflectores para que las concentraciones de pescado no se dispersen por la noche. Solo recientemente (1997-98) se tiene conocimiento de la realización de lances nocturnos a dichos auxiliares por parte de un solo atunero. A

continuación trataremos de evaluar esta modalidad de pesca y su efecto sobre la capacidad de búsqueda y capturabilidad de los barcos asistidos por los remolcadores.

3.2.8.2 Capturas en las montañas submarinas

Como se adelantó anteriormente, las capturas alrededor del Monte Alis, comienzan a aumentar después de 1988, cuando se instala el primer remolcador y alcanzan su máximo un año después de que se instale el segundo remolcador. A partir de 1992, la captura disminuye hasta los niveles de 1988. En el último año de la serie, la producción de la montaña submarina prácticamente se duplica en comparación con 1994 debido a la gran captura de rabil (Figura 43).

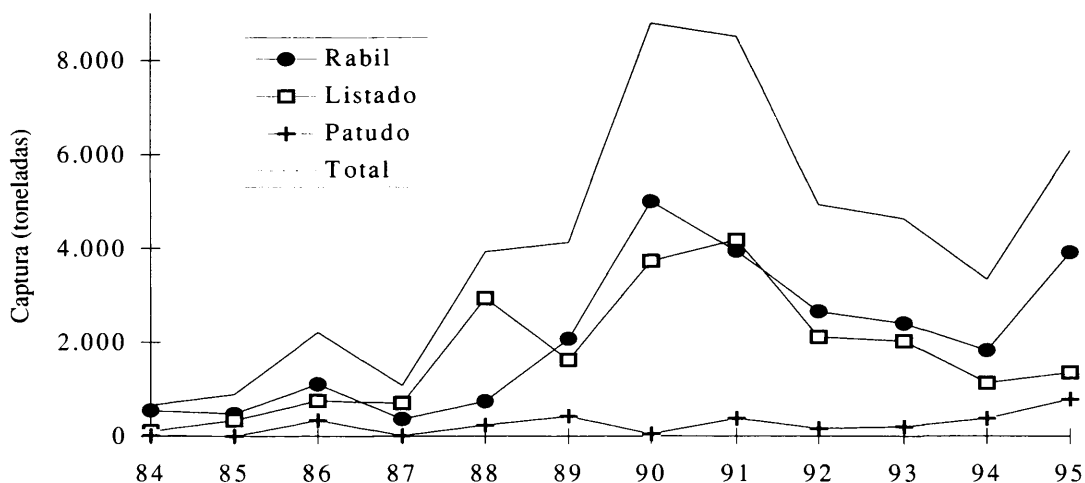


Figura 43. Captura anual de la flota de estudio alrededor de la zona de influencia del Monte Alis (00°25'N - 56°03'E, y sus diez millas circundantes) desde 1984 a 1995.

Sobre la composición específica de la captura cabe destacar que el rabil y el listado presentan una proporción bastante cercana, si bien en los últimos años la captura de rabil parece ser más importante que la de listado. El patudo, en menor medida, está presente en todos los años de la serie y también durante los dos últimos años ve incrementada su captura.

En un principio hemos considerado que el área de influencia de la montaña submarina, comprende las diez millas en torno a ella. Analizando la captura por área (Figura 44), queda patente que la mayor proporción de captura se concentra en las dos millas alrededor de la montaña (64%) y que más allá de las cuatro millas (27%), la proporción de captura disminuye drásticamente (4 - 2%) pese al aumento de área considerada, lo cual deja patente que el efecto de la montaña submarina como concentrador de atunes es bastante patente en el radio de las cuatro millas.

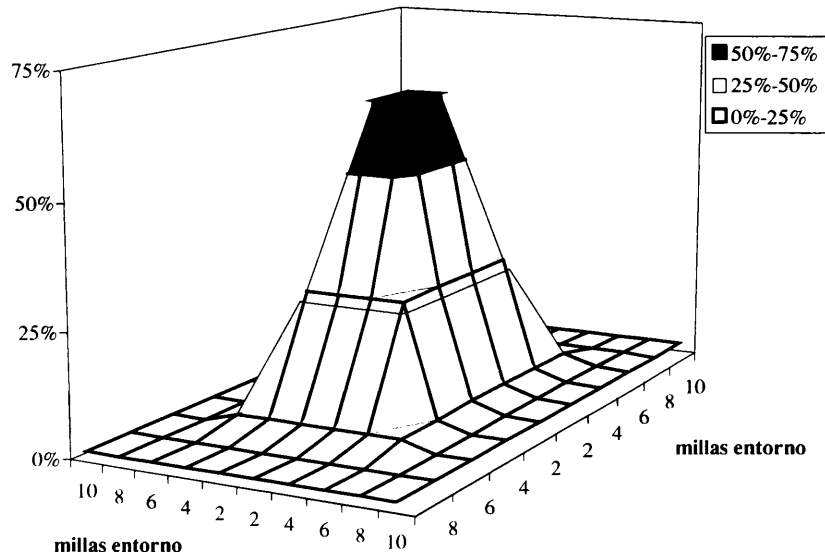


Figura 44. Proporción media de captura alrededor del Monte Alis realizada por la flota de estudio desde 1984 a 1995.

Para los estudios de esfuerzo y rendimiento, compararemos los resultados de los análisis realizados sólo en las tres zonas primeras alrededor del Monte Alis, ya que como parece ser la captura más allá de las seis millas no se ve afectada por el efecto concentrador de la montaña submarina. El perfil de las capturas se corresponde bastante bien con el perfil de la montaña submarina según se aprecia en la cartografía del fondo de la montaña submarina (Figura 45), donde podemos apreciar que el verdadero pico submarino no sobrepasa las 6 millas de longitud.

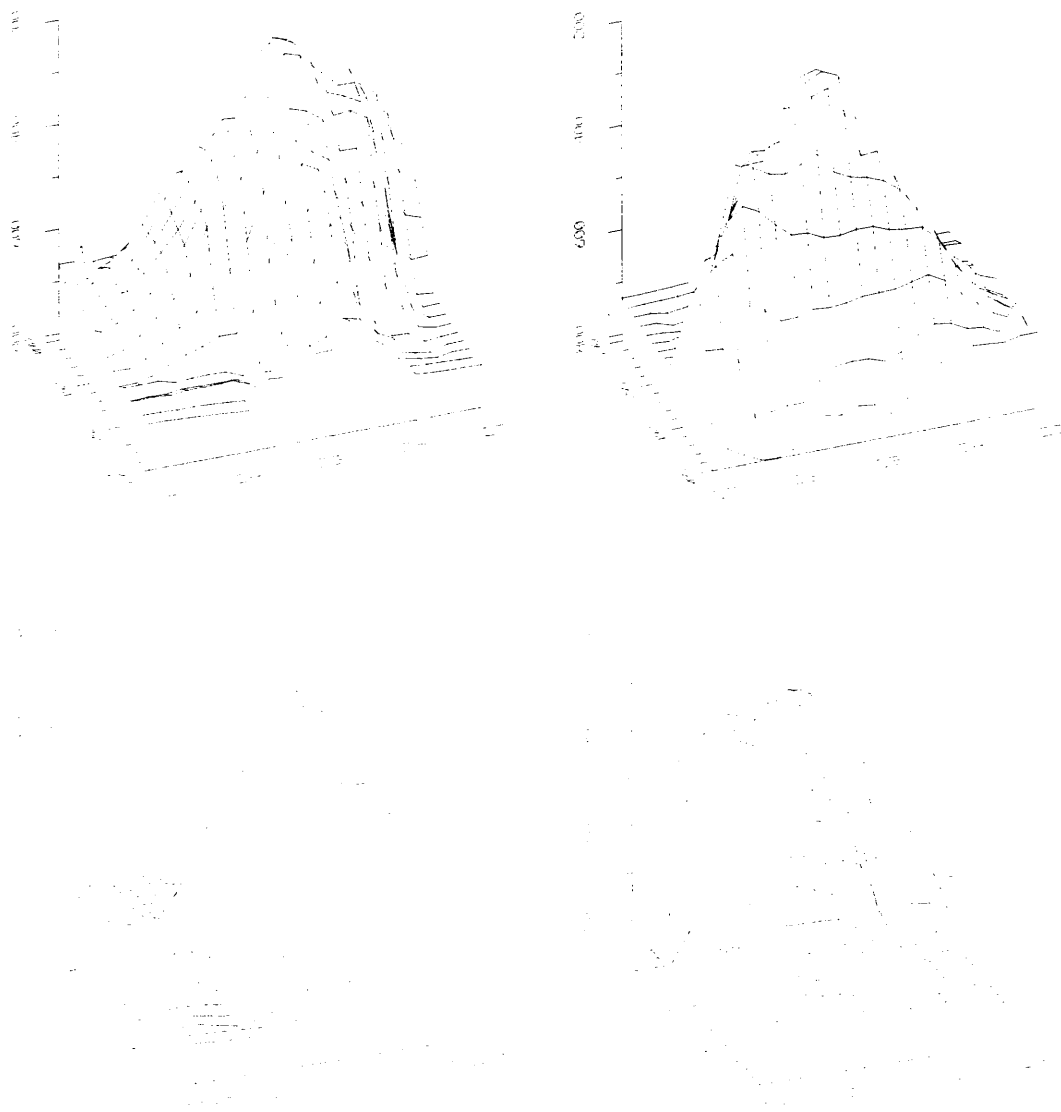


Figura 45. Vista desde los cuatro puntos cardinales de la cartografía de profundidad del Monte Alis (Marsac, com. pers.).

Como muestra la Tabla 18, la proporción de captura en el área más próxima a la montaña submarina (2 millas), ha aumentado una vez que los remolcadores se instalaron permanentemente en el Monte Alis, siendo ligeramente menor alrededor de las cuatro millas en el segundo periodo por la concentración de la actividad alrededor de los remolcadores. Mucho más significativo es el aumento de la captura total a partir de la inclusión de los remolcadores, cifrándose entre el 400 y el 300% de aumento de la captura promedio del periodo 88-95 con respecto al anterior (84-87), dependiendo de la zona.

Tabla 18. Captura promedio alrededor del Monte Alis y proporción correspondiente, realizada por la flota de estudio durante los periodos 1984-1987 y 1988-1995.

Distancia al Monte Alis (millas)	2	4	6	8	10
captura promedio 1984-1987	716	382	67	17	24
% del total del periodo	59%	32%	6%	1%	2%
captura promedio 1988-1995	3.595	1.483	238	125	102
% del total del periodo	65%	27%	4%	2%	2%

3.2.8.3 Esfuerzo de pesca en las montañas submarinas

El esfuerzo pesquero ejercido por la flota de estudio sobre la zona del Monte Alis, puede ser estimado de dos formas distintas: por el tiempo que la flota pasa en el área y por el número de lances efectuados.

El tiempo exacto que un atunero pasa en el área de influencia del Monte Alis, es imposible de conocerse a partir de los datos de base que obtenemos de los cuadernos de pesca. Los capitanes suelen rellenar una línea de la hoja de pesca por cada lance o día, en la que indican la posición de captura o la posición a mediodía del día sin captura. A dicha posición se le asigna el tiempo de mar y de pesca, para un cálculo posterior del esfuerzo por cuadrícula de un grado. Consideraremos que el sesgo que obtenemos al asignar el día completo (de mar o de pesca) a la posición de captura o de mediodía diaria, puede estar compensado por el tiempo pasado por los barcos en la zona e incluido en el tiempo asignado en otra posición, fuera del área de influencia del Monte Alis.

Este tiempo de pesca, también estará afectado por el incremento que supone la inclusión de los remolcadores anclados en la montaña desde 1988. Su presencia es continua a lo largo de todo el año y controlan la zona prácticamente 24 horas al día.

Hecha esta salvedad, podemos apreciar la diferencia de esfuerzo ejercido en las distintas zonas alrededor del Monte Alis (Figura 46). La zona de las dos millas alrededor de la montaña, es la más frecuentada por la flota durante toda la serie, excepto durante 1986 y 1990, en el que el esfuerzo ejercido en la zona de las cuatro millas es igual que en la de dos millas.

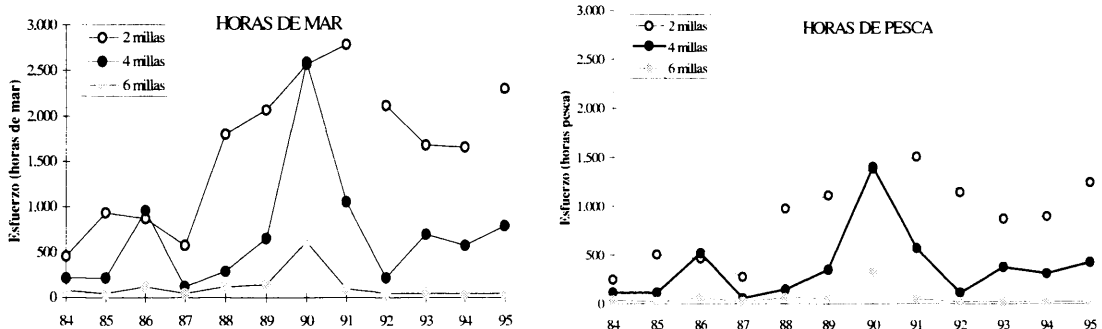


Figura 46. Esfuerzo anual ejercido por la flota de estudio (horas de mar, derecha; horas de pesca, izquierda) alrededor del Monte Alis desde 1984 a 1995.

En los años siguientes a la inclusión de los remolcadores (1988), el tiempo que pasa la flota en la zona de las dos millas alrededor de la montaña submarina, aumenta exponencialmente hasta 1991. El esfuerzo en las otras dos zonas consideradas, no refleja semejante aumento, lo que prueba una vez más que la presencia de los remolcadores es determinante para la explotación de la montaña.

En cuanto al número de lances realizados por la flota en las distintas zonas (Figura 47), podemos apreciar la misma tendencia que la observada en el esfuerzo pesquero medido en tiempo. Como cabe esperar, existe una buena correlación entre el esfuerzo de pesca en horas de mar y el número total de lances y entre el esfuerzo en horas de pesca y el número de lances positivos.

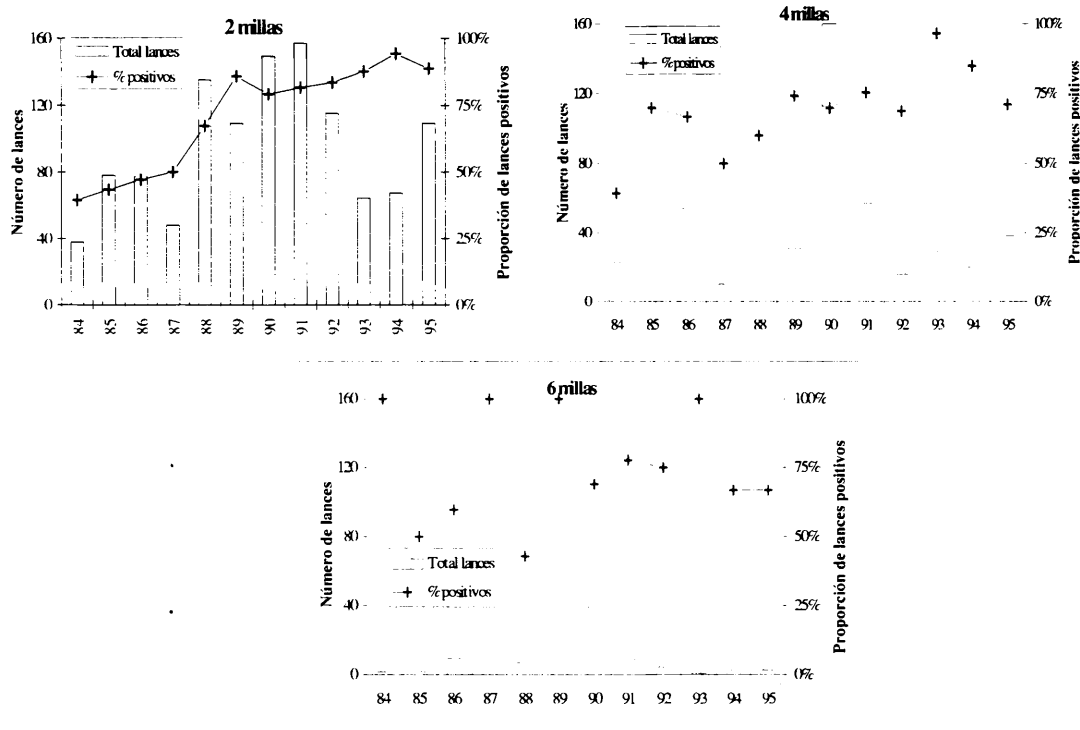


Figura 47. Número de lances y proporción de lances positivos realizados alrededor del Monte Alis (área de 2 millas izquierda; 4 millas derecha y 6 millas centro) por la flota de estudio desde 1984 a 1995.

También podemos apreciar un aumento de la efectividad de lance a partir de 1988. La inclusión de los remolcadores hace aumentar la probabilidad de lance positivo en la zona de las dos millas (Figura 47). En la zona de las cuatro millas el aumento de la efectividad de lance parece seguir la misma tendencia, si bien el número reducido de lances afecta mucho a esta proporción. Dicho aumento de la efectividad de lance no estaría en principio relacionado con la utilización de remolcadores, y puede estar relacionado con el aumento natural de la efectividad de la flota mencionado en otros apartados. El efecto de la muestra pequeña de lances sobre la proporción de lances positivos, se hace más patente en la zona de las seis millas.

El aumento en la efectividad de lance debido a la inclusión de remolcadores, puede ser estimado aproximadamente en un 40%, ya que se pasa del 45% de probabilidad media de lance positivo durante el periodo 84-87, a una probabilidad media del 85% durante el periodo 89-95. El año 88 no ha sido considerado porque solo existía un remolcador y por lo tanto es un año de transición con probabilidad intermedia (65% lance positivo).

Aunque el lance en la montaña submarina es bastante seguro, todavía no alcanza la probabilidad de lance positivo a objeto promedio para la serie (1984-1995), que se estima en un 94% (Figura 40). Esto puede ser debido al comportamiento más activo del atún concentrado alrededor de las montañas submarinas, lo cual hace pensar que la montaña no actúa como un objeto gigante que atrae el mismo atún que los objetos (Hallier, 1990).

3.2.8.4 Rendimiento global en las montañas submarinas

A continuación, estudiaremos los rendimientos obtenidos por la flota de estudio alrededor del Monte Alis, según las zonas que hemos delimitado anteriormente.

El rendimiento por tiempo de mar y tiempo de pesca (Figura 48), sigue una cierta tendencia ascendente desde el principio de la serie. Las tres zonas consideradas tienen rendimientos similares ($F_{0.05, 2, 33}=0,094$ cpue h. mar; $F_{0.05, 2, 33}=0,142$ cpue h. pesca), si bien los rendimientos tan altos en la zona de las seis millas durante 1987, están directamente afectados por el escaso esfuerzo ejercido.

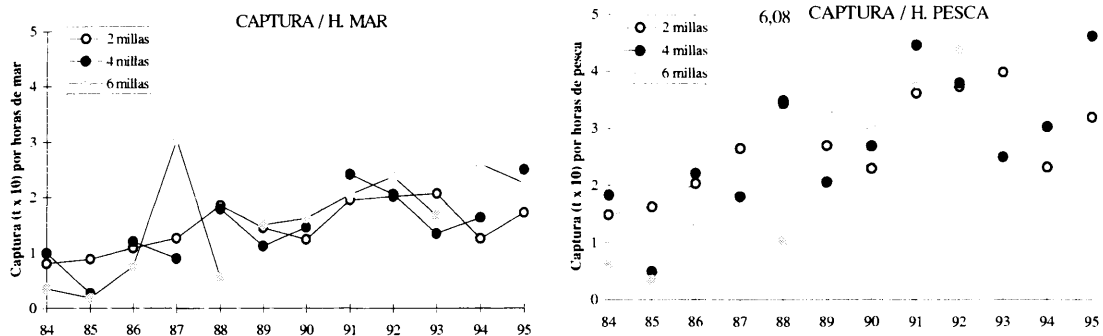


Figura 48. Captura por horas de mar (izquierda) y horas de pesca (derecha) obtenida por la flota de estudio alrededor del Monte Alis desde 1984 a 1995.

El aumento del rendimiento medio por tiempo de pesca, es considerable en las tres zonas si comparamos los dos periodos mencionados en el apartado anterior (1984-87 y 1989-95). El rendimiento medio es de 25, 21 y 27 toneladas/día de pesca para las tres zonas correspondientes (2, 4 y 6 millas respectivamente) durante el primer periodo. Tras la inclusión de los remolcadores en la montaña submarina, observamos que la zona de 2 millas tiene un rendimiento medio para el periodo 89-95 más bajo que la zona de cuatro millas (40 t/Días de pesca por 43 t/Días de pesca respectivamente), lo que supone un aumento del rendimiento del

60% en la zona de las 2 millas y de más del 100% en la zona de las cuatro millas. Los rendimientos de la zona de 6 millas están muy afectados por el bajo esfuerzo, pero pese a todo sufre un incremento del 80% durante el segundo periodo.

Las capturas por lance presentan la misma tendencia ascendente que presentaban los rendimientos por tiempo de pesca en las tres zonas estudiadas ($F_{0,05, 2, 33}=0,009$ cpue total lances; $F_{0,05, 2, 33}=0,125$ cpue positivos), si bien la captura por lance positivo parece más estable a lo largo de la serie, sobre todo en la zona de las dos millas (Figura 49).

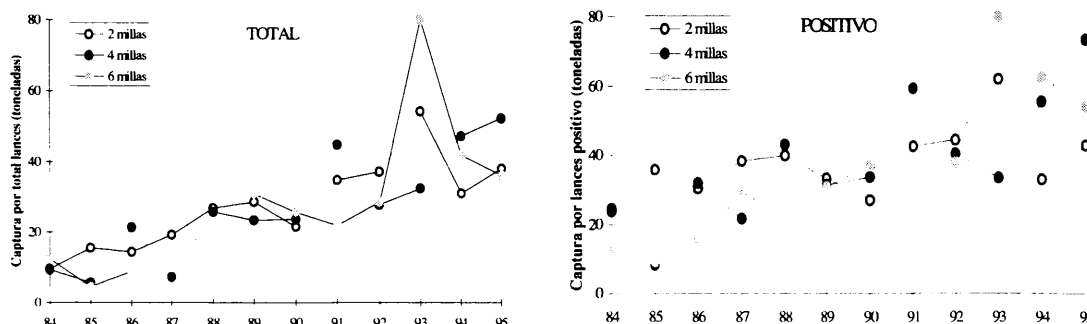


Figura 49. Captura por total lances (izquierda) y por lance positivo (derecha) obtenido por la flota de estudio alrededor del Monte Alis desde 1984 a 1995.

El aumento del promedio de la captura por lance total (Tabla 19), está directamente relacionado con el aumento de la efectividad de lance propiciado por la inclusión de los remolcadores. El aumento de la captura por lance positivo, después de la introducción de los barcos auxiliares, no es tan espectacular en la zona de las dos millas como lo es en las otras dos zonas. Esto es debido a que la montaña submarina propicia grandes concentraciones de atunes sin necesidad de barcos auxiliares, que a lo único que contribuyen es a la capturabilidad del barco, y nunca actúan como concentradores de atunes.

Tabla 19. Promedio de la captura anual por lances totales y positivos obtenida por la flota de estudio alrededor del Monte Alis por los periodos 1984-1987 y 1989-1995.

	Captura por lances totales			Captura por lances positivos		
	84/87	89/95	% aumento	84/87	89/95	% aumento
2 millas	15	35	133%	32	41	28%
4 millas	11	36	227%	21	47	123%
6 millas	14	38	171%	16	47	193%

Los rendimientos obtenidos en la montaña submarina, lejos de estabilizarse tras la inclusión de los remolcadores, continúan aumentando debido a la mejor utilización de la información que éstos proporcionan a los atuneros. Es decir, que a través de los años, los observadores de los remolcadores y los patrones de los atuneros aprendieron a aprovechar al máximo las operaciones de pesca en la montaña submarina, esperando más para obtener una concentración mayor de pescado que rentabilice al máximo el viaje del atunero al Monte Alis,

como parece indicar el incremento del número de grandes lances (más de 100 t) y de captura máxima en un solo lance hasta 1993 (Tabla 20). En los dos últimos años, la proporción de grandes lances parece disminuir ligeramente, obteniéndose por contra el lance más grande de la serie en 1995.

Tabla 20. Número de lances de más de 100 toneladas, captura máxima en lance único y número de lances considerados, en el área de las seis millas alrededor del Monte Alis obtenido por la flota de estudio desde 1984 a 1995

Año	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
Nº de lances de +100 t.	1	2	3	1	4	5	6	20	11	11	7	10
Muestra (nº lances)	18	26	73	29	84	120	218	157	106	85	82	122
% de nº lances de +100 t	6%	8%	4%	3%	5%	4%	3%	13%	10%	13%	9%	8%
Máximo (toneladas)	135	130	150	170	200	175	165	260	265	254	200	295

Precisamente los barcos que realizan más lances grandes son los que operan con los remolcadores, además de ser siempre los que capturan los bancos más grandes. Desde 1988 a 1995, los 8 máximos anuales son conseguidos por dos barcos que trabajan con remolcador.

La relación entre las capturas obtenidas alrededor del Monte Alis y el esfuerzo, parece seguir una relación lineal: al incrementar el esfuerzo de pesca se incrementa proporcionalmente la captura obtenida (Figura 50).

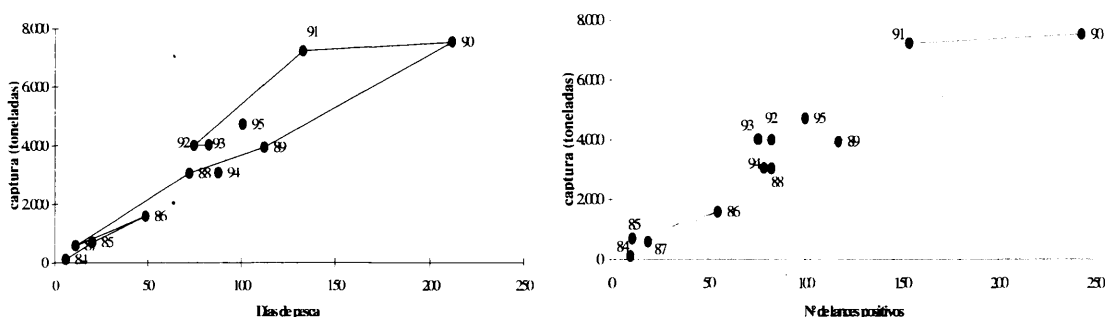


Figura 50. Representación de la captura en el Monte Alis frente al esfuerzo en días de pesca (izquierda) y lances positivos (derecha) realizada por la flota de estudio desde 1984 a 1995.

3.2.8.5 Rendimiento por barco en las montañas submarinas

A partir de la inclusión de los remolcadores en el Monte Alis, su explotación es llevada a cabo por un cierto grupo de barcos pertenecientes a las compañías propietarias de los remolcadores. A continuación vamos a analizar la evolución de la explotación del Monte Alis por los distintos barcos de la flota de estudio. Para ello vamos a limitar el área de estudio a las seis millas alrededor de la montaña submarina, como se ha hecho en los apartados anteriores, y en principio seleccionaremos los barcos que pasan un tiempo significativo en el área (mínimo

de diez días al año), para un primer análisis de rendimiento por barco en la montaña submarina (Tabla 21).

Tabla 21. Numero anual de barcos presentes en el área de seis millas alrededor del Monte Alis (*presentes*), número de barcos con una presencia mínima de diez días al año en el área (+ *diez días de pesca*) y porcentaje de la captura total en el área obtenida por los barcos seleccionados.

Año	Presentes	+ 10 días de pesca	% captura seleccionados
84	9	1	20%
85	13	2	78%
86	12	4	72%
87	13	1	60%
88	13	6	77%
89	12	6	100%
90	19	11	95%
91	20	8	88%
92	14	3	83%
93	12	2	89%
94	8	2	97%
95	19	4	78%

Con esta selección hemos eliminado los barcos que han operado en el Monte Alis casualmente en algún año y hemos seleccionado los barcos que en algún momento de la pesquería han explotado el Monte Alis con regularidad. Anteriormente hemos hablado de dos fases principales en la explotación de la montaña: antes y después de la instalación de los remolcadores. Como ya se apuntó más arriba, la explotación de la montaña durante la primera fase (1984-87) fue exploratoria y solo dos barcos con más de diez días de pesca repiten capturas en años consecutivos, lo que muestra de alguna forma el carácter experimental de las pescas en el Monte Alis. El nivel máximo de captura anual en esta fase excede las 750 toneladas por barco y año. Durante esta fase tres barcos obtienen más del 10% de su captura anual en la zona que rodea al Monte Alis.

En 1988 el primer remolcador es instalado y lógicamente los barcos de esa compañía son los que obtienen mejores resultados. Ese año solo dos barcos obtienen más del 10% de su captura en el Monte Alis, superando las 1.000 toneladas.

El año siguiente (1989) se instala el segundo remolcador los dos barcos de ésta compañía capturan más de 1.200 toneladas cada uno en el Monte Alis (13 y 24 % de su captura anual). Estos dos barcos junto con cuatro de la otra compañía con remolcador, son los únicos que faenan en la montaña durante ese año. La compañía que instaló el primer remolcador, distribuye la explotación del remolcador entre sus cuatro barcos, obteniendo un rendimiento menor en la montaña submarina, entre 100 y 600 toneladas por barco (5% de su captura anual).

Durante el año 1990, las capturas de los barcos de la segunda compañía superan las 1.350 toneladas o el 30% de la captura anual de cada barco. La otra compañía con remolcador, continúa explotando la montaña submarina de igual forma aumentando el rendimiento medio

por barco (450 t ó 7% de la captura anual). A diferencia del año anterior, cinco barcos de otras tres compañías que no poseen remolcador en la montaña, realizan capturas bastante importantes en la zona de la montaña submarina y alcanzan un promedio de 750 t para cinco barcos, lo que supone alrededor del 14% de su captura anual. La caída de los rendimientos en el resto de la pesquería, como se observa también en el Atlántico (Fonteneau, 1991a) , hace que estos barcos visiten la montaña submarina para compensar la mala temporada que tuvieron durante 1990 y 1991.

El año 1991 la primera compañía cambia de estrategia de pesca y asigna la explotación de su remolcador a dos barcos que obtienen una captura que oscila entre las 650 y las 700 t (9% de la captura anual). La segunda, tras diversos problemas financieros, se queda con un solo barco que se dedica en exclusiva a la explotación de su remolcador obteniendo una cifra récord de captura anual en la montaña submarina de más de 4.200 t (53% de su captura anual). La captura que obtienen el otro grupo de barcos sin remolcadores, pese a que continuaron pescando con cinco unidades, desciende considerablemente (315 t por barco ó 7% de su captura anual).

A partir de 1992, la explotación en la montaña se estabiliza, siendo prácticamente exclusiva de las dos compañías con remolcadores. La primera compañía con remolcador utiliza asigna la explotación del macizero a dos barcos en 1992 (650 t. promedio ó 10% cap. anual); durante 1993 y 1994 solo a uno (1.000 y 2.100 t ó 13% y 24% de captura anual respectivamente) y a tres en 1995 (+1.100 de promedio ó del 3 al 27% de su captura anual). La segunda compañía mantiene su único barco capturando más de 2.500 t en 1992 y 1993 (34 y 37% de la captura anual) y bajando al 13-14% de la captura anual en los dos últimos años de la serie (1.000 y 1.400 t respectivamente).

Observando la evolución de la explotación del Monte Alis, se pone de manifiesto que la presencia de remolcadores aumenta la producción en la montaña por la supervisión continua de la montaña, si bien las capturas de otros barcos sin remolcadores pone en evidencia que el remolcador sólo actúa como localizador y no como concentrador de túnidos como sucede en otras pesquerías (Gaertner *et al.*, 1998). También queda claro que la forma en que el remolcador es explotado parece afectar al rendimiento, y así cuando la primera compañía distribuye la explotación del remolcador entre cuatro barcos, tanto el rendimiento total como el individual es menor que cuando sólo uno o dos barcos explotan el remolcador, como lo demuestra los rendimientos de la segunda compañía.

En cuanto a la captura por día de pesca, generalmente los rendimientos en la montaña submarina son mayores que en el resto de la pesquería (Figura 51). Solamente en cinco ocasiones un barco de los seleccionados obtiene un rendimiento anual menor en la montaña

submarina que en el resto de la pesquería. Cuatro de éstos son de las compañías que trabajan con remolcadores y sólo uno de las que no trabajan con macizero.

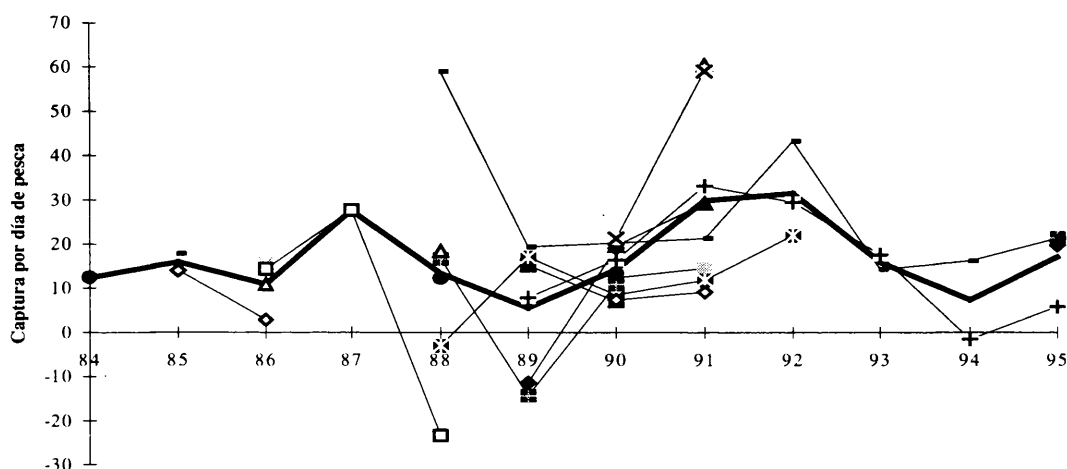


Figura 51. Diferencia entre la captura por día de pesca obtenida en el Monte Alis por los barcos seleccionados y su rendimiento medio en toda la pesquería desde 1984 a 1995 (promedio en trazo grueso).

Es obvio que los rendimientos en la montaña submarina son superiores a los obtenidos por los mismos barcos en el resto de la zona de pesca. El efecto montaña submarina se considerará dentro del efecto zona para la mayoría de los barcos, pero en nuestro modelo de estandarización, tendremos en cuenta los barcos que pescan sistemáticamente con barco auxiliar en la montaña submarina, como factor que parece incrementar su capturabilidad.

3.2.9 - La teledetección por satélite.

La utilización de la información recogida por los satélites meteorológicos con fines pesqueros es algo que se lleva intentando perfeccionar desde hace tiempo (Butler *et al.*, 1990; Petit *et al.*, 1994). En la actualidad la teledetección por satélite es la última tecnología que se está introduciendo en la pesquería de túnidos, y una de las que más perspectivas de desarrollo tiene en el futuro inmediato. Por el momento, el problema fundamental para la aplicación de la teledetección pesquera, es la interpretación de la información recogida por los satélites y su relación con las concentraciones de peces.

Hasta ahora el único parámetro oceanográfico medido por los satélites e interpretado con fiabilidad es la temperatura superficial del mar. Otros parámetros oceanográficos susceptibles de afectar las concentraciones de atunes: salinidad, profundidad de la termoclina, oxígeno disuelto en agua, sales nutritivas y la producción primaria y secundaria (Marsac, 1992a); no son tan fácilmente interpretables como la temperatura del agua.

Algunos atuneros de la flota francesa que opera en el Índico han comenzado a introducir ordenadores a bordo capaces de recibir diariamente las cartas de temperatura

superficial del mar elaboradas por el laboratorio SEAS de La Reunión (Petit, M., com. pers.). Los barcos de la flota de estudio todavía son reacios a introducir esta tecnología debido a la falta de confianza de los patrones sobre los resultados obtenidos gracias a este avance. Pese a ello algunas compañías privadas empiezan a ofrecer, de forma experimental y gratuita, éste sistema de partes diarios de temperatura superficial y de predicción de pesca aprovechando la instalación de ordenadores a bordo de la mayoría de los barcos.

Una vez que los parámetros oceanográficos puedan ser interpretados por los centros de recepción satelitar y se relacionen adecuadamente con los rendimientos de la pesquería, será posible hacer previsiones a corto y largo plazo sobre la producción de la pesquería, lo que ha venido a definirse como Oceanografía Operacional Pesquera (Laevastu, 1989).

3.3 CAPACIDAD DE PESCA DE LA FLOTA DE CERCO.

En este apartado queremos resaltar las características propias del barco que aunque no están directamente relacionadas con la detección de atunes, si afectan de alguna forma en la capacidad de pesca de los atuneros. En principio, observando la evolución de la construcción de los nuevos cerqueros, podríamos suponer que cuanto más capacidad de carga, más veloces y mayores redes tenga un barco, más podrá aprovechar las grandes concentraciones de atunes; más superficie recorrerá y por lo tanto más probabilidades de detectar un banco de atunes tendrá; y más superficie y más calado cercará la red y en consecuencia podrá capturar bancos más grandes y profundos.

A continuación describiremos las características de los barcos que componen la flota de estudio y analizaremos cual es el posible efecto de éstas sobre la capacidad de captura del barco.

3.3.1 - Capacidad de carga.

La capacidad de carga de los barcos de la flota de estudio varía entre las 700 y las 2.250 toneladas, estimando alrededor de las 1.000 t la capacidad de carga del barco promedio de la flota. Representando la capacidad de carga por mes presente en la pesquería (Figura 52), podemos apreciar que sigue la misma tendencia que el esfuerzo total (Figura 22).

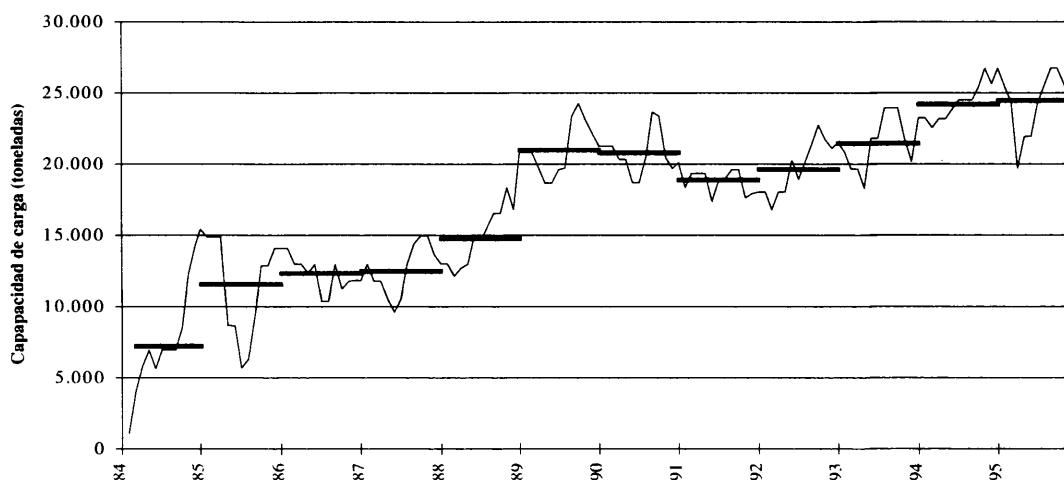


Figura 52. Capacidad de carga mensual de los barcos de la flota de estudio presentes en la pesquería y su promedio anual (trazo grueso) desde 1984 a 1995.

A partir de 1988, la flota intenta maximizar su presencia durante el periodo agosto - octubre, reconocido como el periodo de máxima producción en la pesquería. La flota aprovecha los meses de baja producción (abril-mayo) para realizar reparaciones en los barcos (Figura 53).

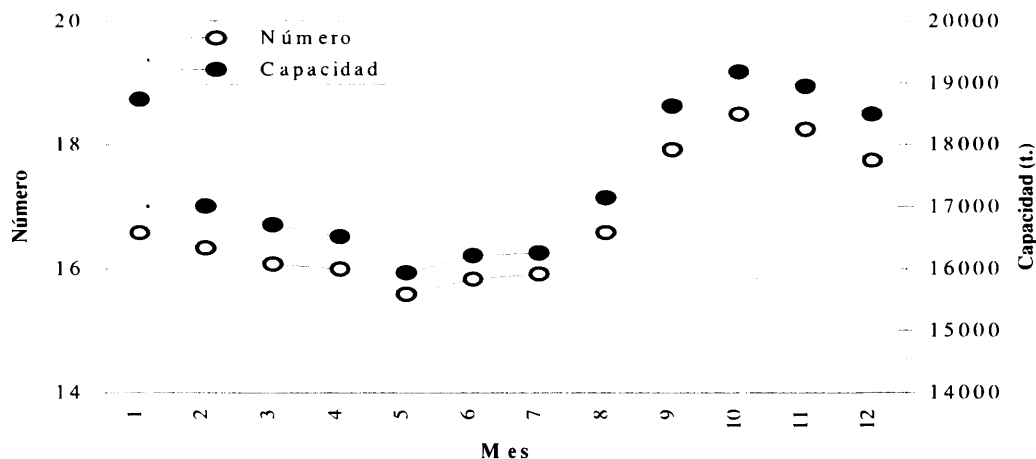


Figura 53. Promedio mensual del número de barcos y de su capacidad de carga durante el periodo de estudio (1984 - 1995).

Conociendo lo anterior, podemos estimar la capacidad de captura anual de la flota, como el promedio del producto de la capacidad de carga mensual por el número de barcos presentes en la pesquería cada mes. Si observamos la proporción de la captura estimada verdaderamente capturada (Figura 54), podemos observar que aumentó hasta 1988, producido por el aumento paulatino de la cpue sin aumento significativo del esfuerzo.

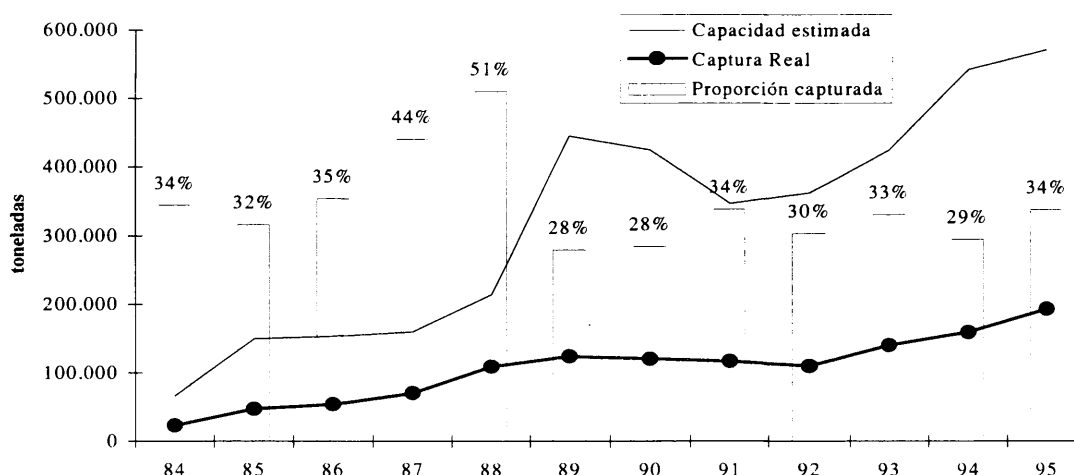


Figura 54. Comparación entre la capacidad de carga estimada y la captura total de la flota de estudio desde 1984 a 1995, y proporción de la captura sobre la capacidad estimada.

Estos buenos rendimientos propiciaron la entrada masiva de barcos en 1989, con el consiguiente aumento de la capacidad de carga de la flota y descenso de la proporción capturada, manteniéndose desde éste año hasta el final de la serie, alrededor del 31%. El gran aumento de la captura durante los tres últimos años va acompañado de un aumento también muy significativo de la capacidad de carga de la flota debido a la construcción de barcos mayores.

Parece existir cierta similitud en la tendencia lógica, a lo largo de la serie entre el esfuerzo pesquero y la capacidad de carga estimada, y entre la proporción de dicha estimación verdaderamente capturada y la cpue, algo que se ha corroborado en el Atlántico con anterioridad (Fonteneau *et al.*, 1998).

Vamos a realizar un análisis de las cpue por categoría de barco, para ver si el factor categoría por si solo es lo suficientemente importante para marcar diferencias de producción significativas.

Como las categorías utilizadas en el tratamiento de datos ORSTHON (Hallier *et al.*, 1992) son demasiado amplias e incluiría a la mayoría de la flota de estudio dentro de una categoría única (cat. 7 = 800 a 1.200 t), hemos decidido utilizar las categorías de la Tabla 3 presentada más arriba, porque se adecuan más a los tipos de barcos de la flota de estudio (Figura 55) y son similares a las categorías utilizadas por la CIAT en el Pacífico Oriental (CIAT, 1994).

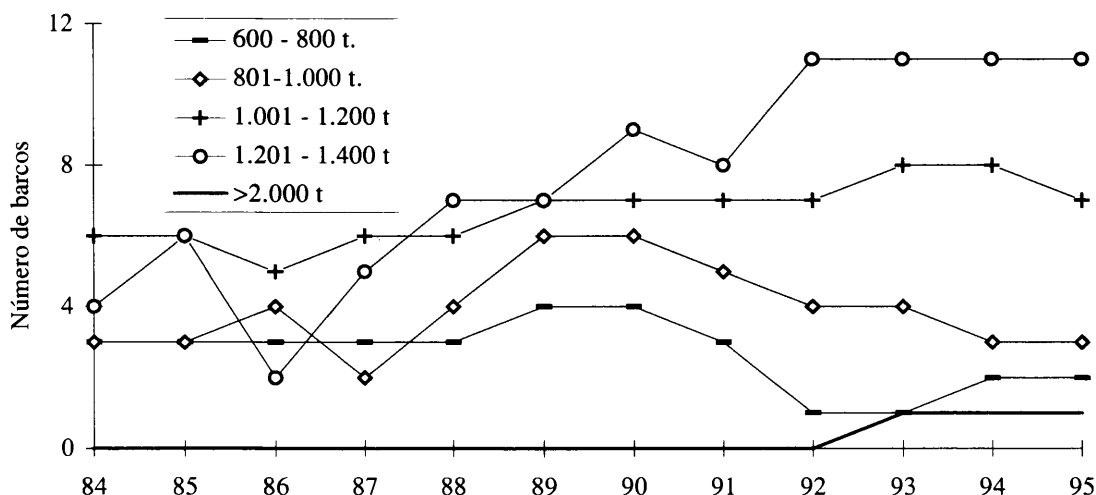


Figura 55. Número anual de barcos de cada categoría incluidos en la flota de estudio desde 1984 a 1995.

Estas categorías están de alguna forma relacionadas con la tendencia histórica en la construcción de buques atuneros por parte de los armadores españoles, salvando algunas excepciones. Las dos primeras categorías reflejan un tipo de barco típico de los años setenta, cuando un barco de 1.000 t era considerado muy grande para el nivel de capturas de aquellos años. Las categorías 10 y 12, son los modelos de barco de gran capacidad que componen el grueso de la flota en la actualidad que se comenzaron a construir a finales de los setenta. Las nuevas unidades que se han ido incorporando a la flota hasta primeros de los noventa, son barcos comprendidos en estas dos categorías. La categoría 20 representa la tendencia futura de la construcción de atuneros, iniciada ya con un prototipo en 1992, y continuada en 1996 con dos nuevas unidades de 2.000 t destinadas a la flota española del Índico, y en 1997 con tres más destinadas a la flota francesa y española.

Representando la evolución de los rendimientos promedio por categoría de barco (Figura 56) podemos observar una clara ventaja de los barcos grandes durante el periodo 1987 - 1991. A partir de entonces, a excepción los barcos pequeños (categoría 6) que están muy por debajo, la tasa de captura de las categorías 8, 10 y 12 son prácticamente similares. Es más, desde 1993 al final de la serie los rendimientos de la categoría 10, están por debajo de los de la 8, que van parejos a los de la 12. Los rendimientos de la categoría 20, al estar referidos a un único barco, los podemos considerar altamente variables, aunque parece claro que, salvo en 1994, el rendimiento es mayor que el de las demás categorías.

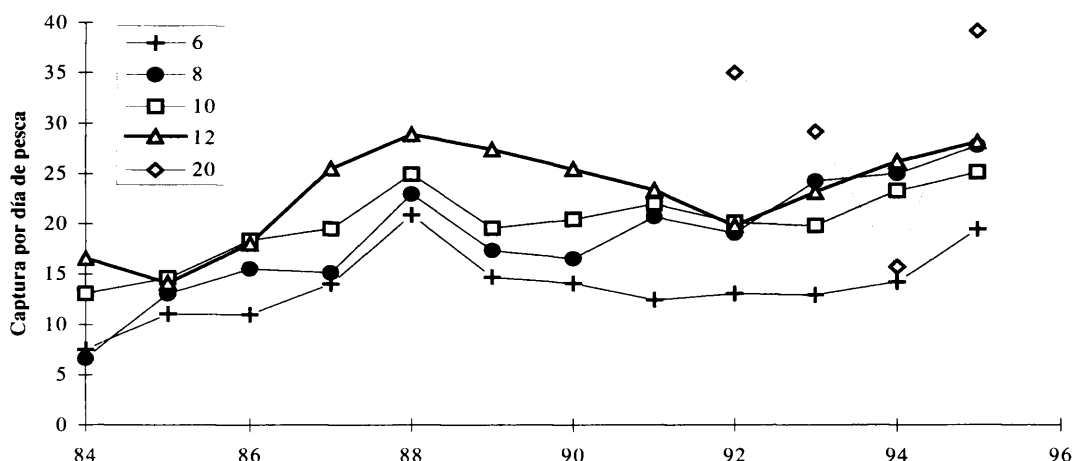


Figura 56. Tasa de captura por día de pesca de los barcos de la flota de estudio según su categoría de capacidad de carga (ver tabla 8) desde 1984 a 1995.

Parece ser que la capacidad del barco afecta de alguna forma el rendimiento de los atuneros, debido principalmente a que un barco grande puede aprovechar mejor las grandes concentraciones de atunes que se producen en un espacio corto de tiempo (días) y una zona determinada. Luego la capacidad de carga del barco será un factor importante para incluir en nuestro modelo.

3.3.2 - Velocidad y distancia recorrida.

La velocidad de un atunero es un factor determinante para optimizar la captura de los bancos detectados. Por una parte, la velocidad media de prospección estará directamente relacionada con la superficie que un atunero es capaz de explorar. La velocidad promedio que utiliza la flota de estudio está en torno a los 12 nudos (= millas marinas por hora), aunque depende del tipo de barco según se desprende de las encuestas realizadas en los barcos de la flota de estudio (Tabla 22). Por otra parte, la velocidad máxima que son capaces de desarrollar, condiciona directamente la velocidad del lance, el alcance de bancos detectados o de objetos balizados por la noche, el traslado a zonas de pesca y las rutas a puerto o caladero.

Tabla 22. Velocidad promedio de los barcos de la flota de estudio presentes en el Índico Occidental desde 1984 a 1995.

Categoría	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
6	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,5	10,5	10,3	10,0	10,0	13,3	13,3
8	11,5	11,0	11,0	11,5	11,3	11,2	11,2	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3
10	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,3	12,1	12,7	12,6	12,7	12,7	12,7
12	13,1	12,9	12,8	12,9	13,0	13,0	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,0	15,0	15,0

Como podemos apreciar en la Tabla 22, la velocidad está directamente relacionada con la categoría de barco y por lo general es muy constante a lo largo de los años, salvo para la categoría 6, cuyas unidades fueron reparadas y dotadas de nueva máquina para adquirir una velocidad competitiva durante los dos últimos años de la serie.

Los cuadernos de pesca utilizados en la pesquería de estudio, no recogen el dato de la velocidad del barco pero sí la distancia recorrida por marea, aunque desgraciadamente los patrones rara vez han rellenado dicha información a lo largo de los años. Durante el programa de muestreadores del SFA tampoco se recogieron regularmente las distancias recorridas por marea (Sabadach y Hallier, 1993).

Este tipo de información es de suma importancia para poder hacer una estimación del área barrida por cada atunero en un momento dado y poder establecer alguna correlación entre la abundancia de bancos detectados por unidad de área. Futuras investigaciones del esfuerzo de pesca deben tener muy en cuenta éste factor por lo que se recomienda un mayor esfuerzo en la recopilación de ésta información.

3.3.3 - El efecto de la red sobre la capturabilidad.

La aparición de fibras sintéticas a principio de los 60 han hecho que las redes sean mas resistentes a la abrasión y a la descomposición por la acción de microorganismos marinos (du Pont, 1962). El desarrollo de una red atunera se encomienda a técnicos especialistas de cada compañía que eligen los compuestos adecuados en cada parte de la red para mejorar el comportamiento de la red en el agua. El diseño de una red es uno de lo secretos mejor guardados por las compañías armadoras, pero básicamente todas las redes atuneras se ajustan a un diseño parecido (Figura 57) si bien existen muchas variantes en las dimensiones, tipos de malla y lastrado. Todas estas variaciones van buscando optimizar la captura de la red calando más profundo y lo más rápidamente posible, para evitar que el pescado se sumerja por debajo del alcance de la red y escape, sin aumentar en exceso el peso de la red para facilitar una maniobra rápida y eficaz

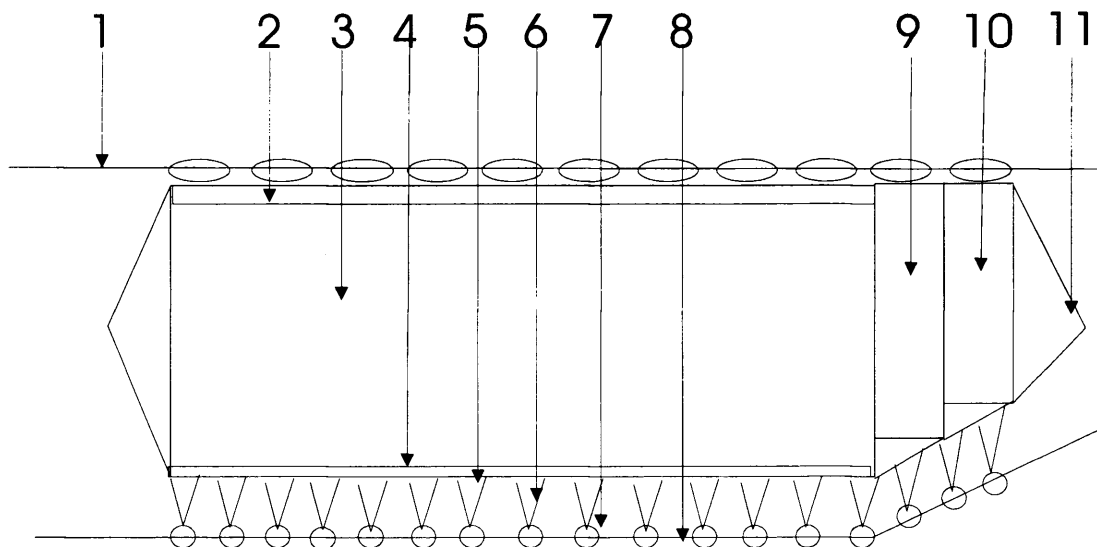


Figura 57. Diseño esquemático de una red atunera (1 = relinga superior, 2 = cadeneta superior o calza de corchos; 3 = cuerpo; 4 = cadeneta inferior o calza de cadena; 5 = relinga inferior de cadena; 6 = patas de gallo; 7 = anillas de la jareta o cáncamos; 8 = jareta; 9 = antesaco; 10 = saco o copo; 11 = calón).

La evolución general en el diseño de las redes utilizadas en el Índico, pasa por tres fases generales:

- al inicio de la pesquería (1984) la mayoría de las redes tenían una longitud de 1.200 a 1.400 m y un calado de 200 a 220 m.
- entre 1989 y 1990, las dimensiones aumentaron ligeramente, montándose redes de 1.500 a 1.600 m de largo y 240 m de calado.
- recientemente (1994-95) la mejora de la resistencia de las mallas que forman las redes, ha permitido montar redes aún más grandes: entre 1.700 y 1.900 m de largo por 280 - 300 m de calado.

Esta descripción es muy general porque cada compañía y/o patrón tienen unos criterios distintos y muy variables sobre el diseño y dimensiones de redes, y podemos encontrar en la actualidad barcos que se mantienen con el mismo tipo de red desde hace 10 años.

En los primeros años de la pesca a objeto, los patrones observaron que una vez realizado el lance a un objeto determinado, en algunas ocasiones el sonar seguía detectando pescado a más profundidad de la barrida por la red, lo que incluso propiciaba un lance consecutivo sobre el mismo objeto al cabo de unas horas e incluso inmediatamente. Esto hizo pensar que aumentando la altura de las redes, los lances podrían ser mayores al capturar más atunes distribuidos más abajo en la columna de agua. El aumento de la longitud, está en cierto modo dirigido a aumentar la superficie barrida por la red, especialmente útil en la pesca a cardúmenes libres y en movimiento.

El trabajo de la red en el agua, depende mucho de las distintas corrientes existentes en la columna de agua. Para ello casi todos los atuneros de la flota de estudio, han incorporado

corrientómetros, para obtener información de la magnitud y sentido de las corrientes a distintas profundidades. Conociendo la velocidad y sentido de las distintas corrientes, los patrones largan el aparejo para optimizar el trabajo de la red con arreglo al desplazamiento del banco de atunes.

En teoría, a mayor altura de red, mayor profundidad alcanza, pero esto no siempre es verdad debido a las corrientes antes mencionadas, al cable de jareta que se largue y a la velocidad a la que se realice el lance. Por regla general, el lance a objeto debería ser más lento que el lance a mancha porque el pescado asociado al objeto está más estático, y por lo tanto es posible esperar más para que la red cale al máximo de lo que permiten las corrientes. El patrón regula el cable de jareta que se larga lo que sirve para controlar el trabajo de la red. Largando más cable y esperando a que la red cale, se optima la captura, ya que la probabilidad de que el pescado escape a la red es bastante baja. Sin embargo, en el lance a mancha libre, cuando el pescado está más activo e incluso en movimiento rápido, lo que más interesa es cerrar el cerco antes de que el pescado escape, por lo que el lance se realiza a mayor velocidad y largando menos cable.

En la práctica, el tiempo efectivo que tarda un barco en cerrar la red, esto es desde que la panga se suelta al agua y se cierra el cerco, y el tiempo que tarda en comenzar a meter pescado a bordo con el salabardo (=salabardear) es prácticamente el mismo en lances a mancha u objeto (Tabla 23).

Tabla 23. Tiempo medio (horas y minutos) que tarda un barco en cerrar la red y comenzar a salabardear según el tipo de lance (mancha u objeto). Datos de los programas de observadores del SFA (1986-1994) y del IEO (1995).

AÑO	Cierre Red		Comienzo salabardo	
	Mancha	Objeto	Mancha	Objeto
1986	0:24	0:24	-----	1:27
1987	0:33	0:34	1:48	1:44
1988	0:27	0:28	1:25	1:33
1989	0:30	0:31	1:32	1:43
1990	0:30	0:32	1:49	1:46
1991	0:31	0:30	1:41	1:46
1992	0:43	0:32	1:19	1:49
1993	0:31	0:31	1:50	1:44
1994	0:31	0:31	1:49	1:41
1995	0:34	0:31	1:44	1:39
Promedio Total	0:31	0:31	1:41	1:42

Las redes van montadas con arreglo a un coeficiente de colgadura (α), que es la razón entre la longitud de la red armada (L_r) y la longitud de la red con el paño totalmente estirado (L_m) (Cueva Sanz, 1987):

$$\alpha = \frac{Lr}{Lm} \rightarrow E = 1 - \alpha$$

La red se dice que va montada a un porcentaje que es el complemento a 1 del coeficiente de colgadura, esto se denomina *embando* (E), lo que determina la profundidad máxima real que alcanzará la red en el agua en condiciones óptimas. De esta forma la mayoría de las redes van armadas al 15-20%, lo que quiere decir que una red de 200 m de altura, alcanzará una profundidad máxima de 170-160 m.

Al analizar el tamaño de lance promedio de algunos barcos (Figura 58), parece que la inclusión de redes más profundas puede tener algún efecto sobre el tamaño del lance.

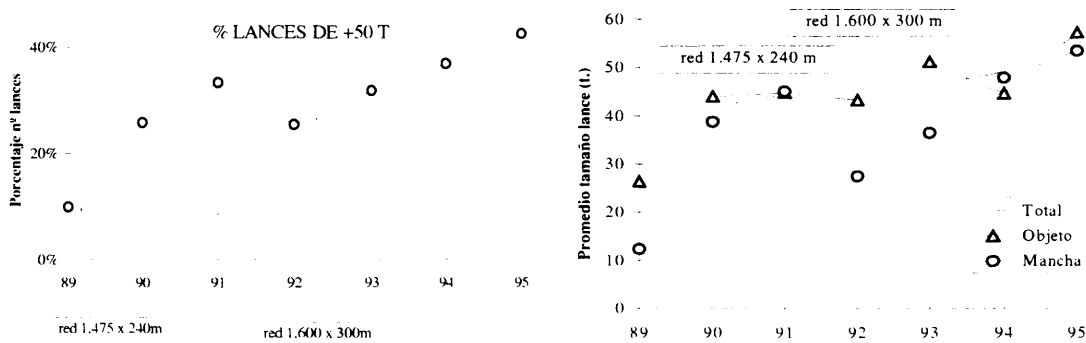


Figura 58. Evolución de la proporción de lances de más de 50 t. (izquierda) y del tamaño medio de los lances a mancha y objeto (derecha) de un barco de la flota de estudio en comparación con el tipo de red usada.

Como podemos observar en los gráficos anteriores, el cambio de red realizado en este barco en abril de 1992, podría tener alguna relación con el aumento en el tamaño de los lances, ya que aumenta la proporción de lances grandes (+50 t) y el tamaño medio del lance, efectos que también pueden deberse a la inclusión de otros avances técnicos explicados anteriormente (radar, sonar).

Por lo tanto el efecto red será tenido en cuenta a la hora de evaluar los efectos que contribuyen a aumentar la capturabilidad de una barco, si bien la importancia relativa de esta innovación técnica, será calibrada con respecto a otras, a priori más importantes, como ya mostraran Allen y Punsly (1984).

3.3.4 - Otros adelantos mecánicos y mejoras técnicas

En un atunero existen mucho componentes mecánicos cuyo rendimiento incide en las prestaciones del barco, es decir en su eficacia.

El más importante de los cambios que se puede dar en un atunero es el cambio de motor principal. Existen dos razones principales por las que un motor puede ser cambiado: por avería grave o para mejora de las prestaciones. Durante el periodo de estudio, sólo dos barcos han cambiado el motor principal, y ambos ha sido para mejorar las prestaciones del barco. los

cambios de motor, inciden principalmente en la velocidad del barco, por lo que ya han sido tomados en cuenta en el apartado dedicado a estudiar la velocidad.

El resto de las reparaciones o mejoras registradas en los barcos de la flota de estudio, son relativas al equipamiento que maneja la red o la captura, por lo que inciden directamente en la duración de la operación de pesca. Los equipamientos susceptibles de mejora son principalmente: la maquinilla que vira la jareta, la panga, el halador y las cintas transportadoras para cargar y descargar el pescado.

Los atuneros actuales, tienen un diseño muy logrado a través del tiempo, lo que les da una eficacia difícil de superar. Pese a todo y gracias al gran dinamismo de la flota atunera y su gran capacidad económica, el arte de cerco atunero se encuentra en continua evolución, por lo que no se descartan otras innovaciones técnicas que mejoren e incluso revolucionen la pesca atunera. Tal es el caso de dos grandes cambios que describimos a continuación.

El primero de ellos, que ha sido puesto en la práctica recientemente (1996) por una compañía armadora francesa, ha sido la construcción del buque atunero factoría. En el año 1992, un armador español hizo un intento de incluir el procesado a bordo de un atunero, experiencia que no resultó ser muy favorable. Los armadores franceses que hemos mencionado, han construido dos barcos factoría de 107,5 m de eslora, con una capacidad de congelación de 900 t. en seco y 1.400 t. en salmuera.

3.4 TIEMPO OPERACIONAL DE LA FLOTA.

En este apartado estudiaremos como utiliza el tiempo un atunero una vez que se hace a la mar para pescar. Como los cuadernos de pesca no proporcionan información alguna sobre la utilización del tiempo en la mar, nos basaremos en los resultados obtenidos por el programa de observadores del SFA (Karpinski, 1988; Montaudouin *et al.*, 1990; Sabadach y Hallier, 1993) que funcionó desde 1986 a 1994.

Si bien la actividad de un barco puede dividirse en muchas categorías dependiendo de sus actividades, el programa de observadores del SFA, utilizó sólo siete (Montaudouin *et al.*, 1990; Sabadach y Hallier, 1993) u ocho (Karpinski, 1988) categorías que describen las posibles actividades de un barco en la mar, sin tener en cuenta otras posibles clasificaciones que describen actividades en puerto e incluidas en otros programas de observadores (Ariz, *et al.*, 1991). Estas son las siguientes:

1. Pesca: actividades directamente relacionadas con la operación de pesca, esto es desde que se larga el arte hasta que se recupera la panga.

2. Búsqueda: cuando el barco está buscando activamente bancos de atunes, esto incluye las detecciones directas y las asociadas (ballenas, aves, etc.)

3. Tránsito diurno: cuando el barco navega durante el día entre zonas de pesca o en dirección a puerto sin buscar activamente concentraciones de atún.

4. Tránsito nocturno: cuando el barco navega de noche entre zonas de pesca, hacia puerto o hacia una boya localizada con el goniómetro, sin buscar activamente concentraciones de atún.

5. Deriva nocturna: cuando el barco para máquina y queda al paio durante la noche.

6. Avería: tiempo que el barco pierde con averías propias de la maquinaria del barco o del aparejo.

7. Capa: cuando el oleaje y el viento no permiten trabajar al barco.

8. Deriva vigilante: cuando el barco queda a la deriva cerca de un objeto con atunes concentrados o incluso cerca de un banco de atunes previamente localizado.

El desplazamiento del barco hacia zonas de concentración, informadas por otros barcos, supone un cierto tiempo en la actividad del barco que podría estimarse como tránsito, pero siguiendo a Laurec y Le Guen (1977), lo consideramos dentro del tiempo de búsqueda activo del buque, ya que el barco sigue prospectando activamente durante ese movimiento. El tiempo de caza o persecución de un banco detectado, debería considerarse por separado ya que puede suponer un porcentaje considerable del tiempo de actividad del barco (8%, Herrera com. pers.) y es un tiempo en el que se deja de prospectar para centrarse en la caza, pero en nuestro análisis al no tener información sobre ello, lo incluimos en tiempo de búsqueda.

Para estimar la distribución del tiempo de mar, hemos analizado todos los datos existentes en la base de datos del programa de observadores del SFA (Tabla 24) referentes a los barcos de la flota de estudio.

Tabla 24. Distribución del tiempo de mar de los barcos de flota de estudio incluidos cubiertos por la campaña de observadores del SFA desde 1986 a 1994.

Año	Mareas	Pesca	Búsqueda	T. día	T. noche	D. noche	Avería	Capa	D. vigilante
86	1	6%	80%	7%	2%	4%	0%	0%	0%
87	2	6%	40%	2%	24%	22%	5%	0%	1%
88	4	13%	35%	2%	16%	23%	1%	0%	9%
89	7	5%	34%	3%	25%	26%	1%	0%	7%
90	7	9%	37%	6%	19%	22%	1%	0%	5%
91	3	11%	37%	4%	22%	17%	0%	0%	8%
92	2	9%	40%	3%	22%	25%	0%	0%	0%
93	2	6%	41%	4%	19%	18%	1%	0%	12%
94	2	13%	34%	3%	23%	7%	0%	4%	17%
Promedio	3,3	8%	37%	4%	21%	22%	1%	0%	7%

Los resultados que obtenemos aquí, están en consonancia con los análisis de Sabadach y Hallier (1993) para los años 1986-1991 para toda la flota europea que faena en el Índico, y no son similares a los que presentan Gaertnet *et al.* (1999) para la flota venezolana del Atlántico

Oriental. Teniendo en cuenta la información limitada que provee el programa de observadores, ya que se cubren muy pocas mareas al año (máximo 3% de las mareas realizadas por la flota de estudio), podemos estimar que el porcentaje de tiempo que emplea la flota española en buscar concentraciones de túnidos supone el 37% del tiempo del día de mar, que junto con el 8% del tiempo dedicado a operaciones de pesca y el 7% a vigilancia de bancos detectados, hace algo más del 50% del tiempo de mar dedicado a operaciones directamente relacionadas con la pesca (Figura 59). Los tránsitos a zonas de pesca o puerto suponen el 25% del tiempo de mar y el 25% restante puede estimarse que es utilizado para descansar por la noche y otras operaciones (capa, averías).

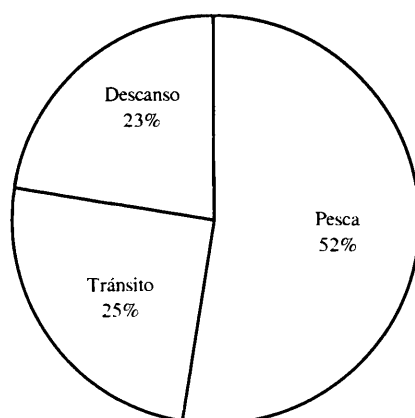


Figura 59. Distribución promedio del tiempo de mar.

3.4.1 - Duración del lance.

Una vez detectado el banco de atunes, el patrón decidirá largar el aparejo según los distintos condicionantes ambientales (viento, corriente) y según se comporte el banco objetivo. En el momento de arriar la panga al agua, comienza el lance u operación de pesca, que terminará cuando la panga se ice a bordo de nuevo.

La operación de pesca puede dividirse en cuatro fases:

- *Largada*, o extensión de la red.
- Cierre del cerco, operación que se realiza cuando se recoge la jareta.
- *Salabardeo*, o embarque de la captura.
- Recogida de red e izado de panga.

La duración de un lance va en relación directa con la captura obtenida en el lance, lo que se refleja en el tiempo que se tarde en embarcar el pescado durante la operación de salabardeo. El resto de las maniobras en principio deberían ser igual, si bien pueden existir ligeras diferencias dependiendo de los metros de mano que se largaran.

A continuación analizaremos la duración total del lance con relación a la captura, para poder evaluar posteriormente el tiempo efectivo de búsqueda que emplea el barco a lo largo del día de pesca.

Los datos de los que se dispone para analizar la duración del lance provienen de los programas de observadores del SFA (1986 - 1994) y del IEO¹⁵(1995). Durante los embarques de los observadores se cronometraron un total de 910 lances durante los diez años cubiertos por los dos programas (Tabla 25).

Tabla 25. Numero de lances positivos y nulos a mancha u objeto cronometrados por observadores del programa del SFA (1986 - 1994) y del IEO (1995) en barcos de la flota de estudio.

Año	Positivos			Nulos			TOTAL
	Mancha	Objeto	Total	Mancha	Objeto	Total	
1986	0	3	3	1	1	2	5
1987	5	10	15	6	2	8	23
1988	17	83	100	17	49	66	166
1989	26	68	94	49	13	62	156
1990	18	97	115	23	33	56	171
1991	27	33	60	35	24	59	119
1992	4	34	38	6	2	8	46
1993	11	21	32	5	5	10	42
1994	17	27	44	14	1	15	59
1995	33	68	101	14	8	22	123
TOTAL	158	444	602	170	138	308	910

La cobertura por categoría de barco es bastante irregular, y sólo la categoría 12 está adecuadamente representada a lo largo de los años (Tabla 26). Esto es debido principalmente a un problema práctico de espacio para alojar al observador. Cuando las compañías armadoras son requeridas para embarcar observadores a bordo, ofrecen los barcos en los que pueden alojar un tripulante extra sin molestar a la tripulación habitual, es decir los más grandes, por lo general de categoría 12.

¹⁵Programa de "Estudio de las especies asociadas a las pesquerías de túnidos tropicales", financiado por la UE y ejecutado por el Instituto Español de Oceanografía y el ORSTOM.

Tabla 26. Numero de lances según categoría de barco cronometrados por observadores del programa del SFA (1986 - 1994) y del IEO (1995) en barcos de la flota de estudio.

Año	Categoría Barco				TOTAL
	6	8	10	12	
1986	5	0	0	0	5
1987	0	0	23	0	23
1988	8	30	0	128	166
1989	9	48	34	65	156
1990	11	97	0	63	171
1991	0	0	37	82	119
1992	0	0	0	46	46
1993	0	0	14	28	42
1994	0	0	0	59	59
1995	0	15	24	84	123
TOTAL	33	190	132	555	910

Nos es imposible analizar el efecto de la categoría de barco a lo largo de la serie, al haber tan pocas observaciones de las categorías 6, 8 y 10, incluso aunque utilizásemos las categorías de barcos que usan Fonteneau *et al.* (1986), ya que las tres clases superiores se agruparían en una sola, y su comparación con la clase 6 seguiría siendo imposible. Pese a todo, las muestras obtenidas por los observadores entre 1988 y 1990, cubren todas las categorías de barcos, si bien el número de muestras para las categorías 6 y 10 son algo escasas. De los 493 lances cronometrados desde 1988 a 1990, 309 fueron lances positivos y 185 nulos de los que 7 fueron rechazados para los cálculos al ser lances nulos por avería o problemas operacionales (Tabla 26). Si analizamos la duración promedio del lance nulo (Tabla 27), parecen existir diferencias entre las categorías de barcos, aunque los resultados estén condicionados por el número de observaciones, sobre todo en la categoría 6.

Tabla 27. Tiempo promedio (horas : minutos) que tarda un barco en cerrar la red y duración promedio del lance nulo según categorías de los barcos de la flota de estudio durante 1988, 1989 y 1990 (Datos del programa de observadores del SFA).

Categoría	Cierre Red	Duración lance	Número de lances
6	0:34	1:53	8
8	0:31	1:41	63
10	0:30	1:30	24
12	0:28	1:33	83

Los barcos más pequeños parecen tardar más en cerrar y recoger la red, mientras que prácticamente no existen diferencias entre los barcos de categoría 10 y 12.

Estas diferencias entre categorías se ven corroboradas cuando se analiza la duración de lance positivo con respecto a la captura obtenida (Figura 60).

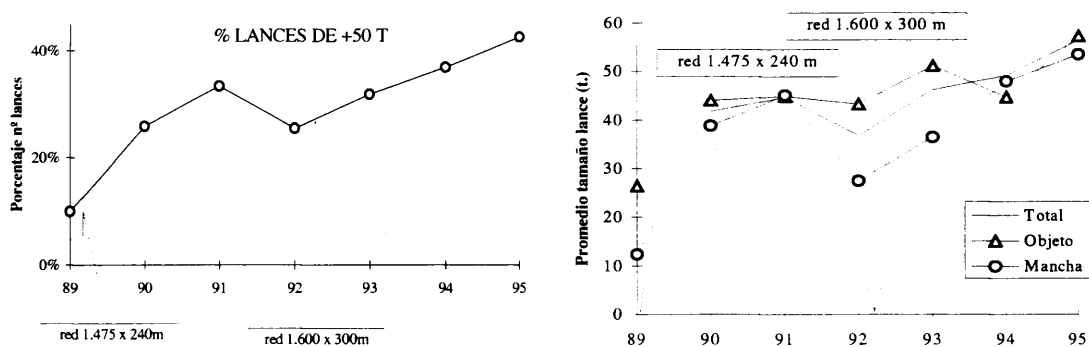


Figura 60. Evolución de la proporción de lances de más de 50 t. (izquierda) y del tamaño medio de los lances a mancha y objeto (derecha) de un barco de la flota de estudio en comparación con el tipo de red usada.

Según esta comparación, los barcos de la categoría 6 parecen los más lentos en maniobrar mientras que los de la categoría 10, seguramente por la falta de datos existentes ($n = 10$), son los más rápidos en recoger la captura. Sin embargo, aunque la maniobra de los barcos de categoría 12 es más rápida que los de categoría 8, a medida que los lances son mayores, las rectas de regresión de ambas categorías se van aproximando.

Por lo visto anteriormente, no podemos rechazar la hipótesis de que la categoría del barco afecta a la velocidad del lance. Esto tiene una explicación que se corresponde con lo avanzado en otros apartados. Los barcos más grandes, son por lo general más actuales y con equipamiento mecánico e hidráulico más nuevo y por lo tanto más rápido, lo que hace disminuir el tiempo de duración de lance.

La falta de datos de otras categorías de barcos nos hace restringir los análisis siguientes a los barcos de categoría 12.

3.4.1.1 - Duración del lance nulo

Analizando la duración del lance nulo podemos evaluar, como ya lo hicieran anteriormente distintos autores (Fonteneau *et al.*, 1986; Marsac, 1986; Karpinski, 1988; Pallarés *et al.*, 1989; Mountadouin *et al.*, 1990), la velocidad de la maniobra del lance completo de pesca.

De un total de 555 lances cronometrados en barcos de la categoría 12 desde 1986 a 1995, 179 fueron nulos de los cuales 12 fueron rechazados para posteriores análisis debido a que fueron lances nulos por problemas mecánicos u operacionales con una duración de más de 2:30 horas. La evolución de la duración del lance nulo se analiza en la Tabla 28.

Tabla 28. Duración promedio anual de lance nulo según modalidad de pesca (mancha u objeto) en los barcos de categoría 12 de la flota de estudio, cronometrados por los observadores de los programas del SFA (1988 - 1994) y del IEO (1995).

Año	Mancha		Objeto		Total	
	Duración	n	Duración	n	Duración	n
1988	1:33	15	1:33	32	1:33	47
1989	1:30	22	1:47	4	1:33	26
1990	1:36	8	1:48	2	1:39	10
1991	1:39	30		0	1:39	30
1992	1:44	5	2:17	2	1:54	7
1993	1:46	4	1:41	1	1:45	5
1994	1:42	12	1:31	1	1:41	13
1995	1:54	14	1:55	5	1:54	19
Promedio Total	1:39	110	1:39	47	1:39	157

La duración promedio del lance a objeto es bastante irregular a lo largo de la serie debido al número tan bajo de lances nulos que se producen en esta modalidad de pesca, por lo tanto el número tan bajo de lances cronometrados, y también en parte debido a que un lance nulo a objeto puede tener atún muy pequeño que es descartado (Mountadouin *et al.*, 1990), u otras especies no deseadas por el barco como: lampugas (*Coryphaena hippurus*), bananas (*Elegatis bipinnulatus*), pinchudos (*Cauthidermis maculatus*), etc.; que se enmallan en la red y es necesario limpiar antes de estibar la red para el próximo lance, lo que retrasa considerablemente la maniobra.

Sin embargo la evolución de la duración del lance nulo cuando se pesca a mancha, parece indicar que el lance se va alargando con el tiempo, en principio explicable por la incorporación de redes más grandes y lentas de manejar. Como se indicó en el apartado 5.3.3., las redes han ido aumentando de dimensiones para optimizar la captura, lo que ha acarreado una ligera ralentización de la maniobra.

3.4.1.2 - Duración del lance con respecto a la captura

Considerando un lance positivo como aquel en el que se captura al menos una tonelada de atún, vamos a estudiar la duración de lance con respecto a la captura. Pese a limitar el análisis a los 387 lances positivos cronometrados durante el periodo 1988 - 1995 en barcos de categoría 12, para evitar el efecto categoría de barco discutido en el apartado anterior, la evolución anual de la duración del lance con respecto a la captura es altamente variable (Figura 61).

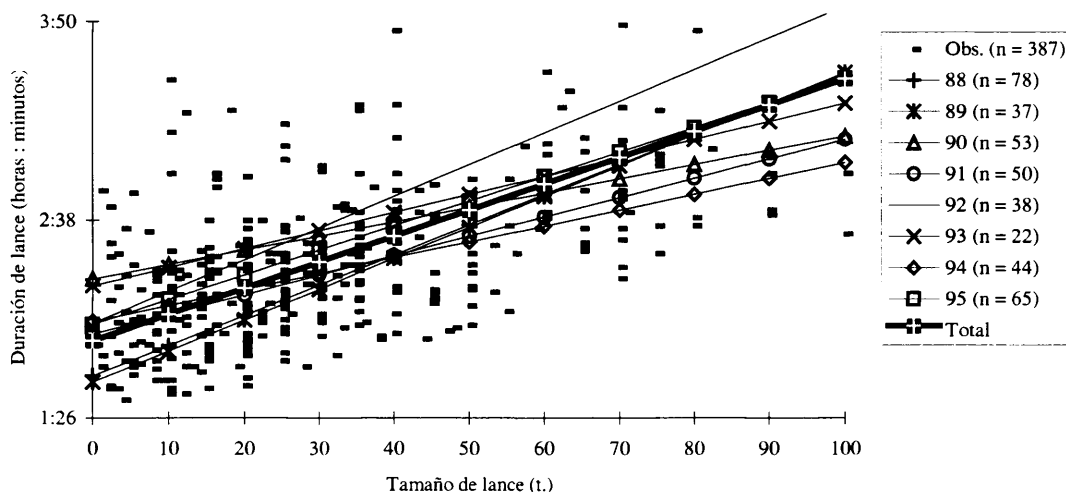


Figura 61. Rectas de regresión anual de la duración de lance positivo con respecto a la captura, para los barcos de categoría 12 desde 1988 a 1995 (Datos de los programas de observadores del SFA (1988 - 1994) y del IEO (1995)).

Los coeficientes de regresión obtenidos en distintos años son bastante pobres en general y particularmente malos en los años 1990, 91 y 94 (Tabla 29), pese a que el número de lances cronometrados en éstos años no es excesivamente bajo. Estos análisis pueden estar condicionados por el número tan bajo de muestras y por otros factores, por ejemplo el sistema de cronometraje empleado por los distintos muestreadores, de difícil cuantificación con la información de que se dispone en la actualidad.

Tabla 29. Parámetros de las rectas de regresión anuales representadas en la Figura 61 (P=0,05).

Año	88	89	90	91	92	93	94	95	Total
a	0,00076	0,00078	0,00036	0,00049	0,0008	0,00046	0,0004	0,00062	0,00066
b	0,0707	0,0691	0,0951	0,0813	0,0839	0,0934	0,0844	0,0837	0,0795
r ²	0,576	0,502	0,226	0,376	0,596	0,569	0,223	0,645	0,495
n	78	37	53	50	38	22	44	65	387

Pese a todo, podemos explorar la relación que existe entre la composición específica del lance y su duración. Para ello, disponemos de un total de 320 lances positivos cronometrados en los barcos de categoría 12, con información sobre la composición específica de la captura. De éstos, un total de 87 son lances puros de rabil, 82 lances puros de listado y 176 lances mixtos de ambas especies más patudo y bonito. De estos 320 se rechazaron 14 lances (6 de rabil, 4 de listado y 4 mixtos) que por problemas técnicos o mecánicos del barco, excedían mucho de la duración normal del lance, y otros 52 (9 de rabil, 17 de listado y 26 mixtos) en los que se realizaron descartes, maniobra que retrasa la duración del lance. En total disponemos de 254 lances (69 puros de rabil, 50 puros de listado y 135 mixtos) para estudiar la duración de lance con respecto a la composición específica (Figura 62).

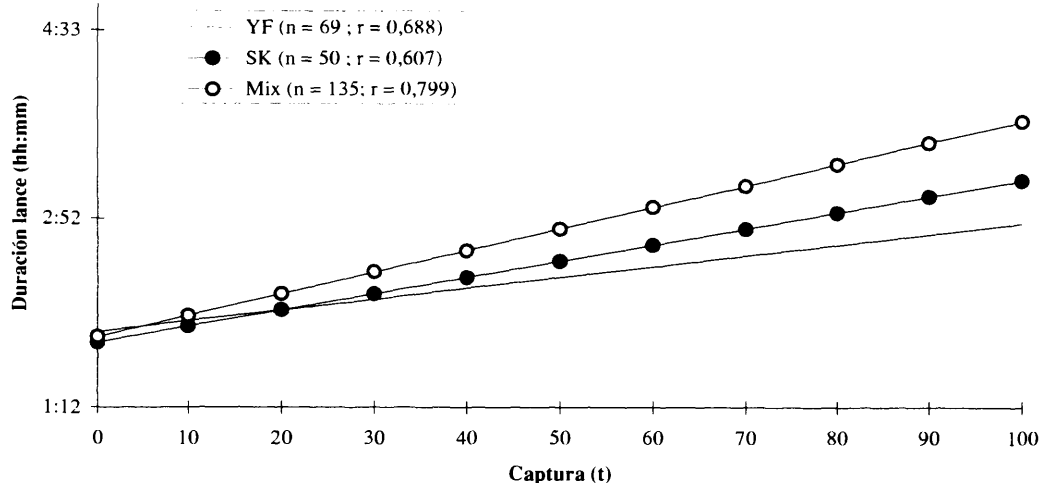


Figura 62. Rectas de regresión de la duración de lance frente a la captura de las distintas especies (rabil = YF, listado = SK y mixto = Mix) de los lances cronometrados en barcos de la categoría 12 desde 1986 a 1995 (Datos de los programas de observadores del SFA (1986 - 1994) y del IEO (1995)).

Por regla general un lance pequeño (hasta 10 t), viene a durar lo mismo independientemente de la especie que se capture, pero a medida que los lances son más grandes los que realizan a bancos puros de rabil se terminan antes, porque suelen ser peces bastante grandes, más fáciles de embarcar que los listados grandes de los bancos puros de ésta especie. Los lances mixtos son algo más lentos porque al capturar peces normalmente más pequeños, hay que limpiar la red de los atunes pequeños y otras especies asociadas a la captura a objeto que se enmallan, operación que retrasa considerablemente la estiba de la red,

y por lo tanto la duración del lance. Por lo tanto parece bastante claro que la duración del lance está condicionada por el tipo de pescado que se capture, y en principio, a mayor tamaño de pescado menos tiempo suele durar el lance.

3.4.2 - Tiempo de búsqueda.

Entendemos por tiempo de búsqueda, la porción del día de pesca que un barco dedica a prospectar el mar en busca de atunes, incluyendo los desplazamientos del barco hacia grandes concentraciones (Laurec y Le Guen, 1977). En principio se podrá calcular restando al tiempo de pesca el tiempo perdido en una operación de pesca, es decir la duración del o de los lances realizados en un día de pesca.

Como hemos observado en los apartados anteriores, la duración del lance está condicionada principalmente por la categoría del barco y por el tipo de pescado que se pesque. La diferencia interanual es difícil de valorar cuando se estudia la duración de lance con respecto a la captura, pero analizando la duración del lance nulo, parece claro que puede existir una cierta ralentización de la maniobra de pesca con los años al introducir redes mayores.

Por lo tanto tomaremos la duración promedio anual del lance nulo (N=1,63946 horas), para restar al día de pesca los lances nulos realizados por los barcos de la flota de estudio. El tratamiento de la duración de lance positivo (P) es algo más complicado porque depende de dos factores principales, la categoría de barco y el tipo de pescado (especies asociadas, descartes). Para su medición hemos calculado la siguiente fórmula que nos da la duración del lance (P) en función de la cantidad capturada (C):

$$P=N+0,025518*C$$

3.5 EXPERIENCIA Y CONOCIMIENTO DE LA PESQUERÍA.

Aparte de todos los factores expuestos hasta ahora, existen otros factores más difíciles de cuantificar que tienen mucho que ver con la capacidad propia de los pescadores. En esta sección intentaremos exponer y discutir el posible efecto que tienen sobre la capturabilidad distintos factores difíciles de encuadrar en apartados anteriores como la experiencia de los patrones y las comunicaciones entre barcos.

3.5.1 - Tripulación y experiencia.

Uno de los factores más importantes en la pesquería de cerco atunera, es el factor humano. Como ya adelantaba Rothschild (1972), la calidad de los patrones puede ser un factor determinante en una operación de pesca, al tiempo que reconocía que la pericia del patrón es ignorada en muchos análisis y no ha sido formulada nunca adecuadamente, si bien podemos

citar varios trabajos que han explorado las variaciones de las tasas de captura considerando de algún modo la eficacia, las tácticas o el proceso de decisión de los patrones (Abrhams y Healey, 1990; Sampson, 1991; Gaertner *et al.*, 1996, 1998 y 1999). Y aunque Pálsson y Durrenberger (1992) concluyen que el efecto patrón es prácticamente nulo en la pesquería de bacalao en Islandia frente al tamaño del barco que explica la mayoría de la varianza de la captura, consideramos que en la pesca de cerco atunero, la pericia del patrón puede ser una fuente de sesgo en la estimación del esfuerzo pesquero (FAO, 1975).

Esta pesquería es conocida en todo el mundo por el alto nivel de experiencia requerido a los patrones y por las buenas remuneraciones que estos reciben a cambio. Podemos decir que las tripulaciones de los barcos atuneros son de las mejor remuneradas de la flota española, y todo ello porque los armadores exigen un alto nivel de profesionalidad de la tripulación. Sin embargo, y como ya mencionan Hillborn y Walters (1992) existe una falta de consideración por parte de los científicos sobre el papel de los pescadores en las evaluaciones de poblaciones de peces explotadas, por lo que el factor humano ha sido ignorado hasta ahora en los análisis de esfuerzo pesquero de las flotas de cerco atunero.

Las tripulaciones de los atuneros suelen estar compuestas por unas 24 personas, independientemente del tamaño del barco. Esto está condicionado por dos motivos: el número de oficiales de puente y máquinas es el mismo para gobernar un atunero grande que uno pequeño; y el número de marineros de cubierta es prácticamente el mismo porque las maniobras de pesca son iguales y el manejo de las grandes redes de cerco requiere el mismo número de personas. La tripulación de un atunero normal está distribuida según la Tabla 30.

Tabla 30. Tripulación de un barco atunero congelador.

Oficiales	Patrón	Capitán	Oficial Puente	Jefe de Máquinas	Oficiales de Máquina		Total
nº	1	1	1-2	1	1-2		5 - 7
Marineros	Cocinero	Contraestre	Panguero	Marineros	Engrasadores	Marmitón	Total
nº	1	1	1	10 - 12	1 - 2	1	15 - 18

Por regla general, el patrón es el que suele seleccionar a su tripulación, por lo que suele ir asociado un patrón con una tripulación más o menos estable. La dotación de oficiales suele ser siempre de nacionalidad española junto con el cocinero, contraestre y panguero, incluso en barco no españoles. La marinería suele incluir algunos marineros de otras nacionalidades sin sobrepasar la mitad, requerimiento éste necesario para los barcos de bandera española. La inclusión de marineros extranjeros comenzó por la imposición de algunos países ribereños de incluir marineros locales en los barcos que quisieran adquirir licencias para pescar en sus aguas, práctica ya común en todos los acuerdos de pesca que tiene la flota española y asociada, tanto en el Índico como en el Atlántico. Muchos de los marineros que trabajan permanentemente en barcos españoles del Índico son africanos provenientes de Senegal o

Ghana, que comenzaron como marineros cuando ésta flota no se había extendido al Índico, y que permanecen enrolados por la buena cualificación que obtuvieron en el Atlántico y por el menor coste que suponen al armador. En la actualidad aparte de las nacionalidades mencionadas, existen marineros de Seychelles, Madagascar y Kenia enrolados en la flota de estudio.

El sistema de relevos que se emplea en la actualidad en los barcos es de cuatro meses de embarque y dos de vacaciones para toda la tripulación, excepto para el patrón, y algunos jefes de máquina y capitanes, que disfrutan de cuatro meses de vacaciones tras cuatro de embarque. Existe algún caso extraordinario en el que los patrones hacen tres meses de vacaciones tras tres meses de embarque. Este sistema de relevos, que podemos calificar de privilegiado entre las flotas de pesca de todo el mundo, junto con la alta remuneración que obtiene la tripulación, hace de esta flota una de las más motivadas y estables dentro del difícil mundo de la pesca. El sistema de remuneración de la tripulación consta de un salario fijo más una proporción determinada de la captura. Toda la tripulación suelen cobrar un porcentaje del tonelaje anual capturado por el barco, excepto algunos patrones que cobran un porcentaje del precio final de venta de la captura. Por esto, la mayoría de los patrones no buscan con especial interés optimizar la captura con especies más valiosas, sino capturar la mayor cantidad posible en el menor tiempo.

Este sistema es diferente al sistema utilizado por la flota atunera francesa donde los patrones trabajan tres meses pero solo obtienen 45 días de vacaciones. Este sistema de vacaciones es considerado peor por los profesionales. Además la flota francesa enrola a la práctica totalidad de la marinería de países africanos (Senegal, Costa de Marfil, Ghana, Madagascar, Seychelles, ...). Algunos profesionales franceses y españoles consideran que el sistema francés de remuneración, vacaciones y dotación de tripulantes es peor que el español, lo que en opinión de éstos profesionales podría estar ligado al continuo desfase de rendimientos entre flotas, técnica y operacionalmente similares, como la española y francesa. Sin embargo, una afirmación de esta consideración sólo podrá ser tomada en cuenta una vez se analicen conjuntamente los datos españoles y franceses.

El hecho de que los patrones seleccionen la tripulación, da una mayor importancia a la figura del patrón como elemento clave para el buen funcionamiento de un atunero. Esto viene a simplificar el análisis del factor "tripulación", ya que podemos asumir que analizando el factor "patrón" se consigue integrar la capacidad del patrón en detectar y capturar atunes, y la eficacia de la tripulación. La información de la que se dispone sobre el nombre del patrón, comprende la mayoría de las mareas realizadas por los barcos de la flota de estudio desde 1984

hasta 1995. De los 63.144 registros¹⁶ que poseemos de la flota de estudio, hemos logrado recuperar la información del patrón en 52.919 registros, lo que supone una cobertura del 83% de los registros, teniendo en nuestra base de datos 85 patrones registrados. De todos ellos se han seleccionado los patrones que pasan un mínimo de 10 meses faenando en el caladero, esto es algo más e dos mareas de 4 meses, restringiendo por tanto nuestro análisis a 57 patrones. De esta forma estudiaremos a los patrones que han permanecido en el caladero durante un tiempo mínimo razonable para considerarlos como conocedores de la pesquería.

Para el análisis, cada patrón se ha identificado con un código particular para evitar referencias personales, y esta información se ha incluido en el fichero correspondiente a la marea. En cada marea de un mismo barco, sólo existe un patrón a bordo, por lo que cada marea es la correspondiente a un patrón determinado. Un mismo patrón puede haber tripulado dos barcos distintos por lo que el código patrón se ha considerado único para cada patrón, independientemente del barco, teniendo en cuenta que la mayoría de los barcos mantiene una cierta estabilidad en la dotación de patrones.

Para introducir la importancia que tiene el “efecto patrón” sobre el rendimiento de un barco, expondremos a continuación un ejemplo práctico de rendimiento comparado de dos barcos con el mismo patrón.

En la Figura 63 podemos observar la captura por día de pesca comparada de dos barcos tripulados por un mismo patrón y su relación con el promedio de toda la flota.

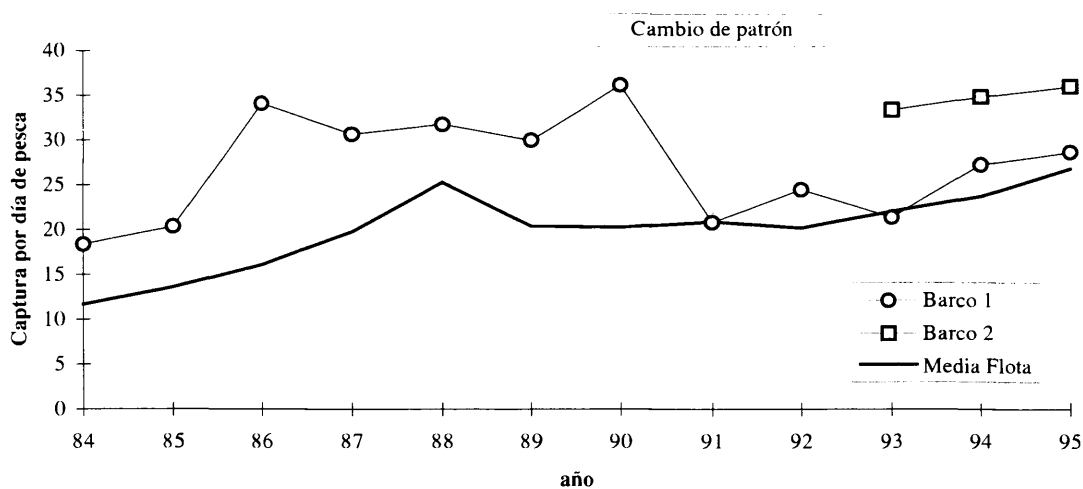


Figura 63. Promedio anual de la captura por día de pesca comparado de dos barcos tripulados por el mismo patrón (Barco 1 y 2) y de toda la flota de estudio (trazo grueso) desde 1984 a 1995.

El barco 1 ha estado siempre por encima del rendimiento promedio de la flota desde el comienzo de la pesquería. Este barco estaba tripulado por uno de los mejores patrones de la

¹⁶ Llamamos registro a cada una de las líneas que se rellenan en los cuadernos de pesca. Normalmente se rellena una línea por día de mar, salvo en el caso de que exista mas de un lance en el día que se rellenan tantas líneas como lances.

flota de estudio hasta 1991. Cuando comparamos el rendimiento promedio con el del barco 1, podemos apreciar que el rendimiento de dicho barco se sitúa entre el 25% y el 112% (promedio de 60%) más que el resto de la flota desde 1984 a 1990. Sin embargo a partir de 1991 y hasta 1995, el rendimiento de dicho barco se sitúa alrededor del promedio de la flota, con un máximo del 21% y un mínimo del -3% (promedio 8%). Esta circunstancia coincide con el cambio de patrón del barco 1 al barco 2. El barco 2 es de nueva construcción, y tras pescar en aguas del Atlántico al principio de su singladura (año 1992), vuelve al Índico donde alcanza rendimientos de la misma magnitud que el barco 1 con el mismo patrón, esto es: máximo de 51% y mínimo del 34% (promedio 44%) más que el resto de la flota.

Este fenómeno ilustra la importancia que tiene un patrón en el rendimiento de un barco concreto. Esto es bien sabido por los armadores, que lógicamente, como sucede en éste ejemplo, dotan a sus barcos nuevos con la mejor tripulación disponible, mientras que en el barco 1, queda una tripulación que no destaca de igual manera que la que tripula el barco 2.

En este ejemplo hablamos sólo de un patrón, mientras que como se ha explicado antes, el sistema suele ser de dos patrones por barco relevándose cada cierto tiempo. Para poder hacer una evaluación científica de éste factor hemos preparado un archivo de patrones por barco y marea, en el que se contiene el tiempo preciso que un patrón tripula cada barco de la flota de estudio.

Haciendo un primer análisis de los rendimientos individuales de los patrones podemos apreciar los distintos niveles de eficacia de los patrones incluidos en el estudio. Al igual que hicimos con el rendimiento por barco, el rendimiento individual por patrón es bastante variable, encontrándose patrones con alto nivel de eficacia, y otros que se mantienen por debajo de la media de la flota, aunque lógicamente estas situaciones no duran mucho tiempo, porque o bien mejora en su rendimiento o es reemplazado por otro (Figura 64).

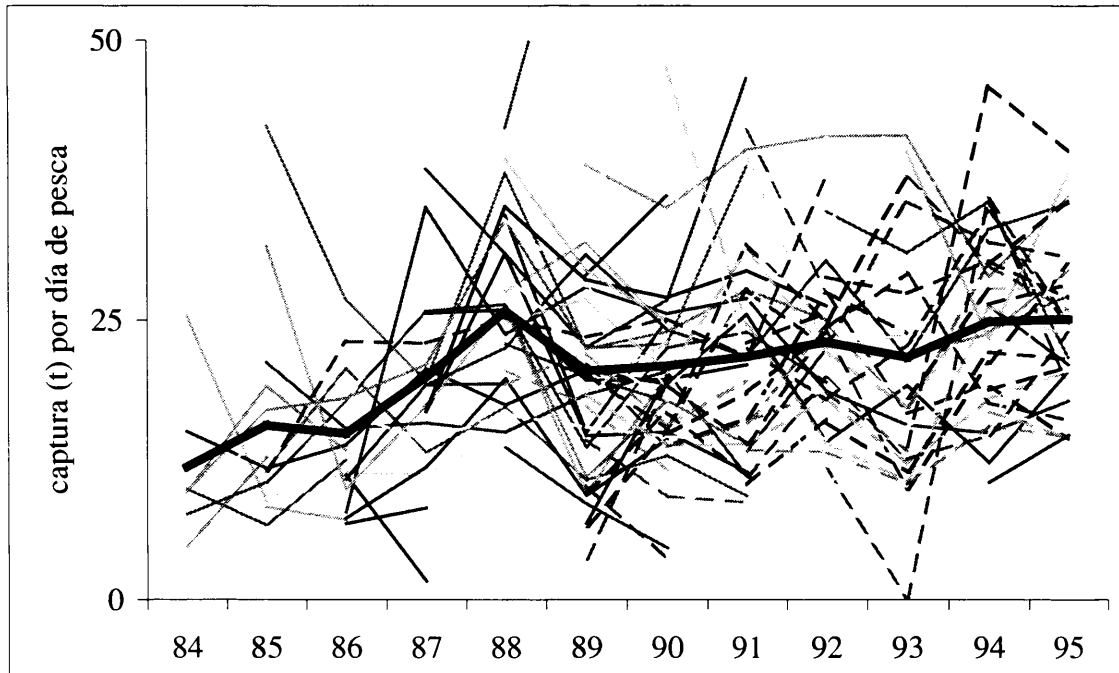


Figura 64. Captura anual (t) por día de pesca de los patrones que han faenado más de dos años en la flota de estudio en el Océano Índico desde 1984 a 1995.

Podemos apreciar que la media de los rendimientos crece durante los primeros años de explotación de la pesquería hasta 1988 (26 t/d.p.) correspondiéndose con el proceso de aprendizaje de inicio de una pesquería nueva (FAO, 1976). Durante los años siguientes la tasa media de captura por día de pesca parece estacionaria (21-23 t/d.p.) y en los dos últimos años de la serie aumenta hasta casi los niveles de 1988 (25 t/d.p.). Y siguiendo con la descripción teórica expuesta en FAO (1976), esta última fase correspondería a la época en que la pesquería está en pleno rendimiento y bien desarrollada. Es durante este periodo cuando la eficacia de un patrón podrá ser estudiada de forma más coherente para que el proceso de aprendizaje no sesgue la verdadera capacidad de un patrón.

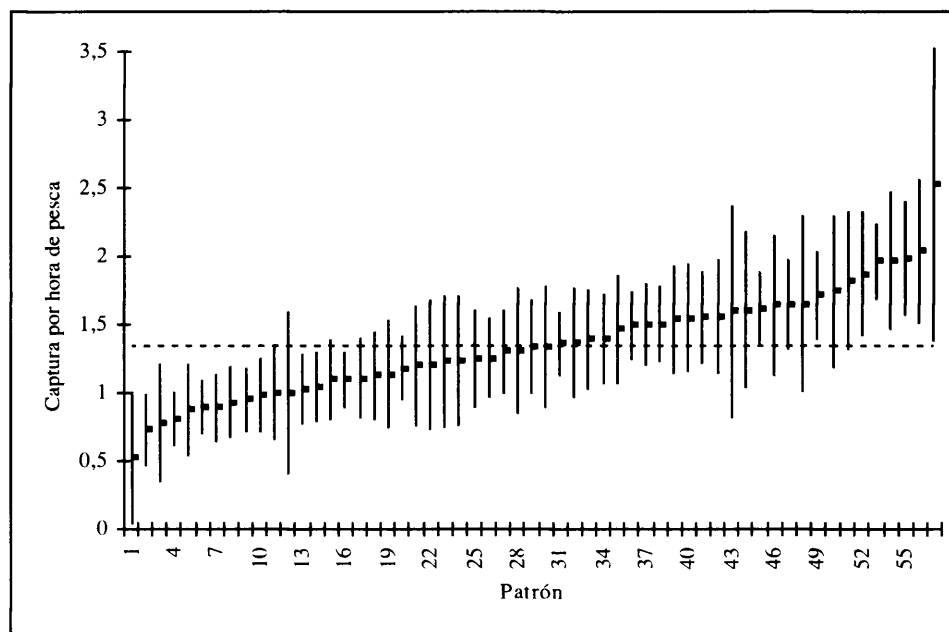


Figura 65. Rendimiento mensual (captura total por hora de pesca) individual de los patrones que han faenado un mínimo de 10 meses a bordo de algún barco de la flota de estudio en Océano Índico desde 1984 a 1995 (la línea discontinua marca el rendimiento promedio).

Para poder incluir el factor “patrón” en nuestro modelo, hemos de establecer una clasificación según el rendimiento de cada patrón (Figura 65). De esta forma y atendiendo al nivel de rendimiento individual de cada patrón medido como captura total por hora de pesca, podemos establecer cuatro categorías de patrones a intervalos de 0,5, empezando en 0,5 y acabando en más de 2, según la siguiente tabla:

Clase	Intervalo	Clase	Intervalo
1	0,5 – 1	3	1,5 - 2
2	1 – 1,5	4	>2

Si analizamos el rendimiento individual de los patrones, pero atendiendo al criterio de número de lances positivos por hora de pesca, podemos observar que la clasificación no coincide con la anterior (Figura 66). De los 13 patrones que están por encima del promedio de lances positivos, aunque los dos patrones de la categoría 4 están también por encima del promedio de lances positivos, encontramos patrones de las otras tres categorías (3 en la cat. 3, 6 en la cat. 2 y 2 en la cat. 1).

Esto puede explicarse por la cantidad de lances nulos que se realizan en la pesca a banco libre, reflejo de la destreza de los patrones para capturar rabil que nada deprisa en horizontal y vertical, lo que pone a prueba la destreza de los patrones a la hora de usar principalmente los sonares y las redes.

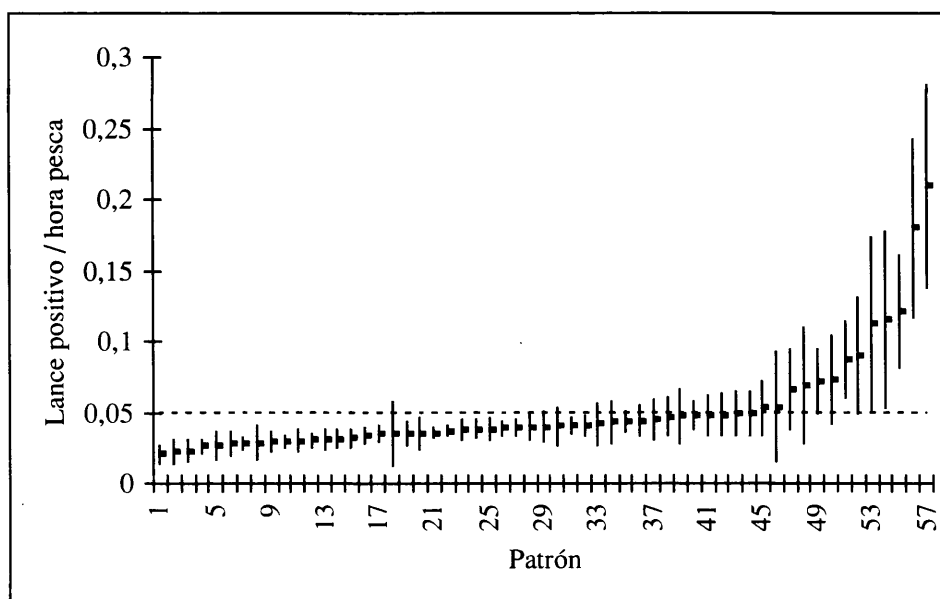


Figura 66. Rendimiento mensual (número de lances positivos por hora de pesca) individual de los patrones que han faenado un mínimo de 10 meses a bordo de algún barco de la flota de estudio en Océano Índico desde 1984 a 1995 (la línea discontinua marca el rendimiento promedio).

Así pues nos limitaremos a estimar el rendimiento individual de los patrones como la captura total por hora de pesca, para poder incluir el factor patrón en nuestro modelo.

3.5.2 - Superficie explorada por la flota.

Las principales especies de atunes tropicales, como prototipo de grandes peces pelágicos, poseen una distribución muy amplia en las zonas tropicales y subtropicales de los tres mayores océanos (Collette y Nauen, 1983). Esto condiciona las características que debe poseer un barco atunero tropical: gran velocidad y autonomía para recorrer grandes distancias en persecución de sus dos principales especies objetivo (rabil y listado). La flota atunera de cerco es conocida en el mundo entero por ser una de las más móviles y rápidas, quizá solamente superada por la flota palangrera oriental en cuanto a su movilidad. Las grandes pesquerías de túnidos en principio no se extendían más allá de la zona de influencia costera (Fonteneau, 1992b), en principio limitadas por la autonomía de las embarcaciones. A finales de los años sesenta en el Pacífico Oriental y mediados de los setenta en el Atlántico Oriental los barcos atuneros comenzaron a expandir su radio de acción explotando las zonas oceánicas abiertas (Fonteneau, 1992b). En el Índico no se ha producido una evolución similar porque cuando se empezó a explotar esta zona de pesca, los barcos ya eran lo suficientemente autónomos para poder pescar en aguas oceánicas sin ningún problema.

En una comparación de tres de las cuatro pesquerías mundiales de túnidos tropicales de cerco existentes, Marsac (1993), siguiendo el trabajo de Fonteneau (1992b), pone de manifiesto que la zona explotada por la flota del Índico es mucho menor que en el Atlántico

Oriental y en el Pacífico Oriental (Tabla 31). Aunque no exista un estudio similar para el Pacífico Occidental, la base de datos del SPC contiene dicha información (Hampton com. pers.) y es comparada en la tabla siguiente.

Tabla 31. Número promedio de cuadrículas de 1º x 1º exploradas por la flota atunera de cerco, comparado con su captura anual y estimación de la captura por cuadrícula explorada, de las cuatro grandes pesquerías de cerco (según: ¹Fonteneau, 1992b; ²Marsac, 1993; ³Hampton com. pers.).

Océano	Pacífico Oriental	Atlántico Oriental	Índico Occidental	Pacífico Occidental
Nº de cuadrículas exploradas	18.411	7.691	4.942	10.503
Captura anual - t.(año)	368.360 (94)	299.400 (93)	279.013 (94)	755.337 (95)
Captura (t.) por cuadrícula	200	389	565	719

Observando las estimaciones realizadas sobre la captura por cuadrícula explorada, podemos arriesgarnos a asegurar que la pesquería del Índico, es la segunda pesquería de túnidos tropicales de cerco más productiva, por detrás de la pesquería del Pacífico Occidental, como ya se apuntó en el apartado 4.1. de éste trabajo.

El número de cuadrículas exploradas por la flota de estudio oscila entre las 278 del principio de la pesquería (1984) y las 507 del año 1994, situándose el promedio total desde 1984 a 1995 en las 376 cuadrículas (Tabla 32).

Tabla 32. Proporción del número de cuadrículas con captura según la clasificación de la primera fila y número total de cuadrículas exploradas por la flota de estudio desde 1984 a 1995.

Año	Captura por Cuadrícula								Nº Cuadrículas
	0 t.	10 t.	50 t.	100 t.	200 t.	500 t.	1.000 t.	+1.000 t.	
1984	60%	8%	8%	8%	5%	8%	2%	1%	278
1985	32%	9%	19%	13%	8%	11%	8%	1%	366
1986	37%	6%	17%	8%	10%	14%	6%	3%	305
1987	29%	4%	13%	12%	10%	17%	10%	4%	304
1988	23%	4%	14%	10%	15%	15%	13%	7%	333
1989	19%	6%	17%	11%	12%	17%	10%	8%	349
1990	26%	5%	14%	12%	11%	18%	8%	7%	417
1991	23%	4%	16%	9%	11%	18%	12%	6%	396
1992	26%	5%	20%	15%	17%	25%	13%	6%	345
1993	25%	4%	12%	12%	12%	18%	10%	8%	440
1994	25%	3%	16%	10%	10%	17%	11%	8%	507
1995	23%	5%	15%	10%	10%	18%	11%	9%	473
Promedio Total	29%	5%	15%	11%	11%	16%	9%	6%	376
Promedio 84-89	33%	6%	14%	10%	10%	14%	8%	4%	323
Promedio 90-95	25%	4%	15%	11%	12%	19%	11%	7%	430

En la tabla anterior además del total de cuadrículas exploradas por la flota de estudio, se presenta la proporción en número de las cuadrículas en las que no se pescó (0t), en las que se pescó escasamente (10 t) y en el resto según distintos niveles de captura. Al final de la tabla se comparan los promedios de las dos épocas que hemos podido identificar en la pesquería (84-89

y 90-95). Durante el primer periodo se puede observar una mayor proporción de cuadrículas sin captura o con escasa pesca (cerca del 40%) que durante el segundo periodo (30%). En consecuencia, durante el segundo periodo aumenta la proporción de cuadrículas con más de 200 t. de captura, casi 50% frente al 36% del primer periodo. La proporción de cuadrículas medianamente explotadas parece constante durante los dos periodos.

Durante el comienzo de la pesquería, el número de cuadrículas explotadas se mantiene estable porque la pesquería se está empezando a desarrollar: se obtienen cpues muy buenas y la captura total va aumentando sin necesidad de buscar zonas nuevas. Durante el periodo 90-95, parece existir una tendencia similar entre el número de cuadrículas y la cpue y captura obtenidas (Figura 67).

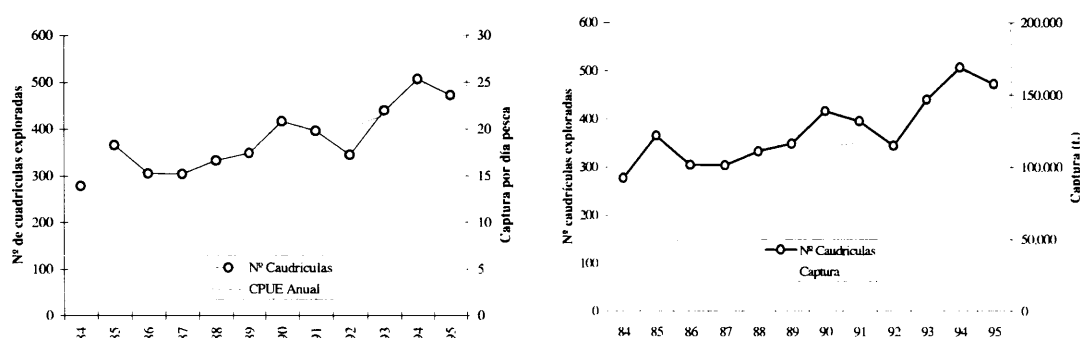


Figura 67. Comparación entre el número de cuadrículas de un grado exploradas anualmente y la cpue (izquierda) y la captura (derecha) anual de la flota de estudio desde 1984 a 1995.

Con lo observado anteriormente, parece que la creencia natural de los pescadores de aumentar el área de pesca para aumentar la producción, tiene un fundamento aparente en esta pesquería. Ciertamente es que en una pesquería como la que estudiamos, donde la producción se ha mantenido en niveles aceptables y rentables para los pescadores, un aumento de la zona de pesca, y por lo tanto de los costes de combustible, se justifica sólo cuando la producción en el área nueva es notablemente mejor que la existente en la zona tradicional (ejemplo la expansión hacia el Archipiélago de Chagos). Por lo tanto es lógico observar hasta el momento, un aumento en el rendimiento y la captura cuando se aumenta la zona de pesca.

El descenso de la proporción de cuadrículas sin captura o muy escasa puede estar también ligado al aumento de la efectividad de detección de la flota. Por lo visto anteriormente, parece ser que el efecto área prospectada, directamente ligado a la accesibilidad del recurso, puede tener algún efecto sobre la capturabilidad de la flota y puede influenciar la estimación de la producción aparente del stock (Laloe, 1989), por lo que será tenido en cuenta en nuestro modelo general.

3.5.3 - Cooperación y competición entre barcos.

Es de sobra conocido, que uno de los factores más importantes de la pesca de cerco atunero a nivel operativo, es la transmisión e intercambio de información entre barcos. La pesca de atún tropical se caracteriza por la aparición de grandes concentraciones de atún en zonas y periodos muy limitados. Esto condiciona el flujo de información entre barcos.

Por regla general existen grupos de barcos, pertenecientes a la misma compañía o asociación, que mantienen un cierto flujo de información entre ellos. Esto no quiere decir que ciertos barcos no tengan comunicación con otros grupos o flotas que operan en la misma zona. El flujo de información es muy variable, y los grupos pueden cambiar bastante dependiendo de los patrones que estén a bordo en cada momento.

El intercambio de información entre barcos depende directamente del patrón. Por regla general, los patrones que se comunican suelen ser conocidos o amigos, sin que esto sea sinónimo de fiabilidad absoluta.

En la flota de estudio, en la actualidad podemos diferenciar tres grupos principales de comunicación. Existen dos grandes bloques de barcos: el primero, que denominaremos grupo 1 compuesto de 7 - 8 barcos pertenecientes a la misma compañía y otro, que denominaremos grupo 2, compuesto de 14 barcos pertenecientes a tres compañías asociadas en la comercialización. Un tercer grupo 3, en el que englobamos 7 barcos pertenecientes a cuatro compañías independientes. Los tres grupos mencionados se han confeccionado basándonos en la información de pertenencia a compañías, para ilustrar el posible efecto de las comunicaciones sobre el rendimiento de un barco. Sin embargo las relaciones entre pescadores son muy complejas y dentro de los mismos grupos existen patrones que están en contacto con otros grupos, con otras flotas de cerco que faenan en la zona e incluso con otras flotas atuneras (palangreros o cañeros).

El grupo 1 trabaja en conjunto, intercambiando información de forma bastante eficaz entre todos los barcos que lo componen. El hecho de que pertenezcan a una misma compañía, facilita este intercambio. Aunque el patrón tiene total libertad de movimiento, en ciertas ocasiones, el armador sugiere a sus patrones zonas de pesca a explorar en determinados momentos del año.

El grupo 2, es algo más heterogéneo debido a que son tres compañías independientes. Cada compañía tiene su estrategia propia de pesca, pero existe un cierto flujo de información entre los barcos del grupo.

En el grupo 3 incluimos cuatro compañías que tienen de uno a tres barcos operativos en el Índico. Aquí las estrategias son muy distintas y van desde la compañía que posee tres

barcos, que trabaja en equipo verdaderamente conjuntado, hasta una compañía con un solo barco, se comunica muy escasamente con el resto de la flota y centra sus operaciones en la montaña submarina mencionada más arriba, u otra que posee un macizero que le asiste en la pesca al objeto.

Estos tres ejemplos reales de sistema de comunicación, son altamente cambiantes según las condiciones de pesca y sobretodo según las relaciones entre los patrones. Por ejemplo, se da el caso en que una compañía puede hacer el vacío a un patrón de la misma compañía por haber pasado mala información al resto. O se puede dar el caso, en que un cierto patrón tenga muchas relaciones entre otros barcos de grupos distintos o incluso flotas de otras nacionalidades.

Este fenómeno de cooperación / competición entre barcos, ha pasado por distintas fases a lo largo de los años de la pesquería. Durante los primeros años (1984-1988), la cooperación y comunicación entre los distintos grupos era bastante fluida por la necesidad de conocer las zonas y épocas de pesca de un Océano nuevo para la pesca atunera de cerco. En esta primera fase, las campañas realizadas por la flota francesa en años anteriores (1982-1984) y mencionadas en la primera parte de este estudio, fueron de bastante utilidad para todos los barcos que comenzaban a explorar el Índico. Más adelante, con el paso del tiempo y los distintos avatares de la pesca, estas comunicaciones empezaron a deteriorarse, y comenzaron a cerrarse los grupos de comunicación.

A principios de los 90, con el desarrollo de la pesca al objeto, las cosas se deterioraron aún más. Cuando se empezaron a balizar objetos naturales, la mayoría de la flota respetaba las balizas e incluso la pesca que el objeto tenía asociada. Más tarde, se comenzó a pescar en objetos balizados por otro barco. De ahí, se pasó a robar directamente cualquier baliza que se encontraba en el mar, que tras cambiar el código de transmisión era perfectamente utilizable por el barco que la robó.

Todo esto no hizo más que deteriorar más el sistema de comunicaciones entre barcos, hasta que se llegó a la situación que hemos descrito más arriba, que como ya se ha mencionado no es una situación estable.

La evaluación científica del efecto, llamémoslo “comunicación” o “grupos de código” según lo definía Orbach (1977), sobre la capturabilidad de la flota es muy difícil. Los cuadernos de pesca no están diseñados para recoger la información de los cambios de zona de pesca realizados por sugerencia de otros patrones, y en las observaciones de los cuadernos de pesca nunca se facilita información sobre un cardumen capturado gracias a la información de otro barco. Greenblat (1976), intentó hacer una evaluación tentativa del efecto de la cooperación entre cerqueros del Pacífico Oriental, usando datos de observadores, pero los resultados no fueron muy concluyentes principalmente la dificultad de definir un índice de

cooperación. Más tarde Rostchild (1977) y Allen y Punsly (1984) comentan la posibilidad de que estos grupos de comunicación faciliten índices de captura mayores. Pese a que estos grupos de parecen estar bien definidos en la pesquería del Pacífico Este, Allen y Punsly (1984) suponen que el intercambio de información es constante durante el periodo de tiempo de su estudio, y no tendrá ningún efecto sobre los índices de abundancia relativa.

Pese a todo, hemos hecho una comparación entre los rendimientos de los grupos de comunicación descritos más arriba y el promedio anual de toda la flota (Figura 68).

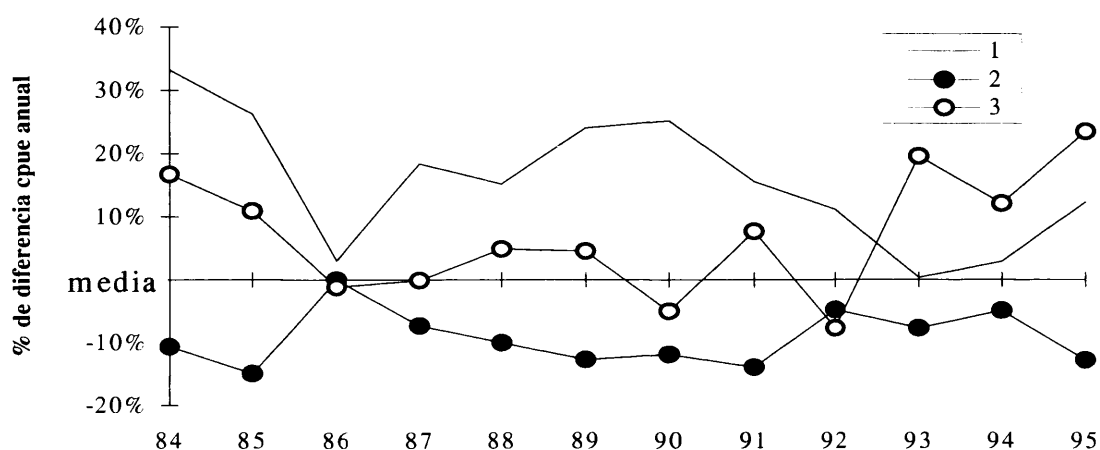


Figura 68. Diferencia en porcentaje entre el rendimiento promedio anual de los grupos de comunicación y el promedio total de la flota de estudio desde 1984 a 1995.

En la figura anterior podemos observar tres comportamientos distintos según los grupos de comunicación descritos más arriba.

El grupo 1 se mantiene por encima del promedio total a lo largo de la serie, con altibajos que oscilan desde el +33% al 0% más del promedio total, con una media para los 12 años de estudio del 16%.

El grupo 2 nunca está por encima del promedio de la flota y oscila entre el -15% y el 0%, con una media de -9%.

El grupo 3, es algo más irregular, oscilando por encima o por debajo del promedio, según los barcos presentes en los distintos años. Durante los tres últimos años se ha destacado con rendimientos alrededor de +20%, siendo el más eficaz de los tres desde 1993.

Las diferencias de rendimiento entre grupos, no pueden ser totalmente explicadas por el intercambio de información, y se deben principalmente a otros factores más determinantes, como la categoría de barco. Por lo tanto, y como ya hemos adelantado anteriormente, la evaluación objetiva de la importancia del “factor comunicación” sobre la capturabilidad, es imposible de realizarse con la información que se posee, y se considera prácticamente imposible obtener la información necesaria para realizar análisis consecuentes. Por lo tanto,

este será otro de los factores que consideraremos menores o enmascarados por otros de mayor importancia, como el de experiencia del patrón, con el cual consideramos que va ligado el sistema de comunicaciones de un barco.

3.5.4 Los acuerdos de pesca como factor limitante de la actividad pesquera

Las operaciones de pesca de un atunero cerquero se distribuyen por una zona muy amplia del océano que incluye, en ciertas ocasiones, Zonas Económicas Exclusivas (ZEE) de países ribereños. Desde la aprobación en 1982 de la Convención de la Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (ONU, 1984), los países costeros tienen derecho a reclamar jurisdicción sobre las aguas que se extienden desde su costa hasta las 200 millas náuticas. Desde entonces, las operaciones de barcos extranjeros debe regularse a través de acuerdos de pesca entre el país ribereño y el país o la compañía que desea pescar en sus aguas. Lógicamente el rendimiento de un barco que pesque solo en aguas internacionales, sin acceso a las ZEE de los países costeros, está condicionado por esa limitación al acceso a zonas de pesca.

La negociación de acuerdos de pesca es variada dependiendo de la bandera del barco y de las relaciones entre los países. Así podemos encontrar acuerdos de pesca bilaterales entre la Unión Europea (UE) y los países ribereños, contabilizando cuatro acuerdos de este tipo en la zona de estudio, entre la UE y Seychelles, Madagascar, Comores y Mauricio. Bajo estos acuerdos se acogen lógicamente sólo barcos con pabellón comunitario, y los barcos con banderas extranjeras a la UE, suelen firmar acuerdos privados con dichos países. Los países con los que la UE no tiene establecido un acuerdo, suelen negociar acuerdos privados con las compañías armadoras a través de sus Organizaciones de Productores, en cuyo caso se incluyen tanto barcos españoles como de otras banderas. Bajo este último tipo podemos contabilizar cinco acuerdos en la zona de estudio: Mozambique, Kenia, Somalia, Territorios Británicos del Océano Índico (Islas Chagos) e Islas Francesas del Canal de Mozambique (Mayotte e Illes Éparses).

En la actualidad toda la flota de estudio cubre la zona de estudio con los acuerdos mencionados más arriba, y todos los barcos tienen licencias bajo dichos acuerdos, de manera que no existe efecto limitante de las operaciones de pesca por problemas de acceso al recurso en aguas de los países ribereños.

4.- MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LA ABUNDANCIA

4.1 INTRODUCCIÓN

Las Comisiones Internacionales con competencia en la regulación de las poblaciones de túnidos (CICAA¹⁷, CTOI¹⁸, CIAT¹⁹ y SPC²⁰) para poder calibrar el efecto de la pesca sobre las poblaciones y gestionar su explotación de forma racional, utilizan métodos de evaluación de stocks que requieren estimaciones de la abundancia de los distintos recursos bajo su gestión. Estos estimadores se pueden utilizar directamente en el ajuste de los modelos (modelos globales o de producción) o como índices externos de calibración de los resultados de los modelos (modelos estructurados por edades o analíticos). En el caso de los túnidos tropicales los primeros, más simples, que definen la dinámica del stock y, en consecuencia, el efecto de la pesca sobre el recurso en función de sus cambios de biomasa, son los más utilizados ya que los modelos estructurados por edad son de difícil aplicación dado que la estimación de la edad en las especies tropicales resulta bastante difícil (Fonteneau *et al.*, 1998; Restrepo, 1998). Por lo tanto queda clara la necesidad de obtener estimaciones lo menos sesgadas posibles de los índices de abundancia indirectos (cpue) para su utilización como base de los modelos de producción y para calibrar los modelos analíticos.

4.2 MÉTODOS DIRECTOS.

La abundancia de la mayoría de los recursos marinos sometidos a explotación es conocida por sus procesos de pesca, y al contrario de lo que ocurre con las poblaciones terrestres, es muy difícil realizar censos de población, por lo cual los datos de pesca son los únicos disponibles para la evaluación. La mayoría de las especies de animales pueden ser evaluadas por métodos directos de muestreo, que dan estimaciones bastante fiables de la abundancia de las poblaciones. Pero en el caso de las especies marinas, el hecho de habitar un medio como los océanos, hace que la aplicación de métodos directos de evaluación sea sumamente complicado y costoso.

En la evaluación de poblaciones marinas existen distintos métodos de estimación directa de las poblaciones explotadas. Para las especies demersales se pueden utilizar con fiabilidad cálculos de área barrida, debido a la limitación de la distribución de estas especies por su dependencia del fondo marino. Así mismo, para especies pelágicas que se distribuyen

¹⁷ Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico.

¹⁸ Comisión de Túnidos del Océano Índico.

¹⁹ Comisión Interamericana del Atún Tropical.

²⁰ South Pacific Commission = Comisión del Pacífico Sur.

formando cardúmenes, se pueden utilizar campañas de exploración acústica que facilita estimaciones bastante fiables, al igual que sucede en las estimaciones de pequeños pelágicos costeros que se distribuyen en una zona relativamente pequeña. Para grandes pelágicos, se está intentando la utilización de transectos en avión para evaluar la población de atún rojo del sur, pero su coste y los posibles sesgos de esta técnica al limitarse a la superficie del mar, sin tener en cuenta la distribución profunda, suponen todavía inconvenientes muy grandes para ser aplicados de forma regular en las pesquerías de túnidos.

El tamaño de las poblaciones de túnidos tropicales, al ser especies pelágicas migradoras que forman grandes concentraciones temporales, son muy difíciles de estimar. La naturaleza migradora de los túnidos hace difícil determinar la unidad de una población y definir su estructura (áreas de puesta, áreas de cría, zonas de alimentación y los movimientos entre ellas). Aunque en este estudio tratamos especies de distribución tropical, donde las estaciones no condicionan tanto la distribución como en los túnidos de aguas templadas (p. ej. el atún rojo, *Thunnus thynnus*, o el bonito, *Thunnus alalunga*), también podemos hablar del problema de la estacionalidad referido a las distintas épocas de pesca existentes y a la climatología especial que domina el Océano Índico. Por último, el comportamiento agregativo de los túnidos, formando altas concentraciones temporales en cardúmenes, supone una dificultad añadida a la estimación del tamaño de las poblaciones.

A continuación vamos a describir las características propias de los túnidos por las que las estimaciones directas son difíciles de aplicar en las poblaciones de estas especies.

4.2.1 - Identificación de stocks.

El término stock ha sido ampliamente discutido, y utilizado de forma muy distinta. Las distintas definiciones del término stock han variado desde las que enfatizan las características prácticas de un stock como unidad de producción o administración (Larkin, 1972) a las que destacan las diferencias genéticas (Ihssen, 1977). Para profundizar más en el término stock aplicado a biología pesquera se pueden consultar las revisiones de Booke (1981), Ihssen *et al.* (1981) y McLean y Evans (1981) y para el caso concreto de los túnidos tropicales, se pueden seguir los análisis realizados en el seno de los Comités Científicos de las comisiones atuneras internacionales antes mencionadas (CICAA, CTOI, CIAT y SPC).

Según Kundsén (1977) podemos diferenciar los términos población, subpoblación y stock de la siguiente forma: siguiendo la definición de Joseph y Calkins (1969), una población es el grupo de todos los individuos de la especie, cuando no existen subespecies; el término subpoblación lo define Marr (1957) como la fracción de una población que es

genéticamente autosuficiente; y el término stock, siguiendo a Joseph y Calkins (1969) otra vez, lo podemos definir como “la porción de una población que habita generalmente una zona geográfica específica, cuyos miembros se caracterizan por ciertas similitudes no necesariamente hereditarias”. Esta definición de stock podría ser complementada con la que hacen Bailey y Smith (1981) en la que incluyen la separación de zonas de puesta: “... como poblaciones locales que mantienen diferencias genéticas reconocibles por separación de su zona o momento de puesta”. Sin embargo Argue *et al.* (1986), siguiendo las definiciones empleadas en la Comisión del Pacífico Sur (SPC, 1976) diferencian los términos stock y subpoblación como:

- Stock es una subdivisión de una población que es vulnerable a una pesquería.
- Subpoblación es una subdivisión de la población basada en un grado de aislamiento genético.

Por lo tanto un stock puede cubrir individuos de distintas subpoblaciones y generalmente éstas suelen ocupar un área mayor que aquellos por el movimiento de los individuos fuera de los límites de la pesquería.

Por regla general se habla de poblaciones desde el punto de vista biológico de las especies, y de stocks desde el punto de vista de la gestión pesquera, pudiendo establecerse el criterio de stock multiespecífico en el caso de que una pesquería explote varias especies al mismo tiempo.

De todas formas, el término stock aplicado a atunes tropicales, es especialmente confuso. En el caso de las subpoblaciones, de rabil y de listado del Índico, siguiendo la definición de Marr (1957), hasta ahora se considera la hipótesis de stock único para ambas especies.

Pese a que existen distintos trabajos que, utilizando distintas técnicas: análisis morfométricos (Kurogane y Hiyama, 1958); y datos de pesca de palangre (Morita y Koto, 1970; Nishida, 1991); sugieren la existencia de dos stock principales en el Océano Índico (Stock Oriental y Stock Occidental), la revisión realizada por el Grupo de Trabajo de Shimizu (Anón., 1992) sugiere la adopción de la hipótesis de un stock único, ya que no se pueden extraer evidencias de los datos de pesca de palangre para demostrar la existencia de varios stock. Esta hipótesis ha sido seguida en distintas evaluaciones de la población de rabil (Marsac y Hallier, 1987; Miyabe y Suzuki, 1991; ITP, 1991) y por estudios de marcado (Yesaki y Waheed, 1991).

Con respecto al listado, no se tiene ninguna idea sobre la estructura de la subpoblación del Índico. Algunos datos de marcado sugieren la existencia de un stock residente en zonas

próximas a la costa de Maldivas que se mezcla con un stock más grande y móvil que permanece en aguas oceánicas (Yesaki y Waheed, 1992). Esta teoría podría extenderse a otras zonas del Índico, pero debe de ser tomada con precaución hasta su confirmación a través de un programa de marcado a gran escala.

El patudo es la especie menos estudiada en el Índico. Sólo Kume *et al.* (1971) han especulado con la existencia de un stock único de patudo en el Océano Índico.

4.2.2 – Grandes especies migradoras.

En biología pesquera, el termino migración se define como cualquier tipo de movimiento sistemático de los individuos que pertenecen a un stock (Spare *et al.*, 1989). Por lo general, las migraciones son una fuente de sesgo para las estimaciones de población de especies migratorias.

La naturaleza de las migraciones de los túnidos tropicales depende de la especie que tratemos, y su impacto sobre las evaluaciones de población es algo reconocido desde hace tiempo por la comunidad científica (Fonteneau *et al.*, 1998 y 1999).

La tipología de las migraciones de túnidos depende, según Fonteneau *et al.* (1996), de tres factores principales:

1.- La talla de la especie. La mayor talla del rabil y del patudo, les permite realizar migraciones más grandes y dirigidas, además poseen una termoregulación mayor, lo que les permite explotar estratos oceánicos más profundos y fríos que el listado, de menor tamaño y de movimientos más influenciados por el medio oceanográfico.

2.- El tipo de desove de cada especie. Mientras que el listado parece capaz de desovar en cualquier zona, siempre que encuentre aguas cálidas, el rabil y patudo, parecen ser algo más selectivos en las zonas de puesta, sin llegar al extremo de las especies de atunes de aguas templadas, que poseen zonas precisas de puesta (atún rojo, atún rojo del sur (*Thunnus maccoyii*); atún blanco o bonito del Norte (*T. alalunga*)).

3.- El tipo de movimiento de la población de atunes. El concepto de migración *sensu stricto*, se debe limitar a los movimientos de tipo advectivo, en los que fracciones importantes de la población se mueven con una orientación bien precisa y no se paran hasta alcanzar su objetivo. Los movimientos de tipo difusivo o a escala geográfica relativamente cortos y sin dirección clara, responden más a condiciones estacionales que a migraciones propiamente dichas. La determinación del tipo de movimiento que se puede observar en una población de atunes tropicales, es bastante compleja.

Las tres especies principales que se capturan en la pesquería objetivo de este estudio (rabil, listado y patudo), están listadas en el artículo 64 de la Convención de la Naciones Unidas sobre la ley del mar de 1982 (ONU, 1984), como grandes especies migradoras, aunque en dicha Convención no se facilite una definición operacional sobre el término “grandes especies migradoras”.

El estudio de las migraciones de atunes en el Océano Índico es bastante escaso. Hasta el momento sólo se han desarrollado cuatro experimentos de marcado en aguas del Índico:

1. A bordo del buque de investigación japonés Nippon Maru (JAMARC²¹) desde 1980 a 1990 (Yano, 1991).

2. Dentro del Programa Atunero Regional de la Asociación Atunera desde 1988 a 1989 (Cayré y Ramcharrun, 1991).

3. Dos programas de marcado de la Sección de Investigación Marina del Ministerio de Pesca de Maldivas (Yesaki y Waheed, 1992; Anderson *et al.*, 1995).

4. A través de programas de cooperación rusa con Yemen y Mozambique (Romanov y Silva, 1995).

Estos primeros experimentos de marcado a pequeña escala han facilitado información sobre los movimientos locales, crecimiento y las interacciones potenciales entre artes de pesca de países vecinos (Ellway, 1993).

La especie que más se ha estudiado en el Índico, principalmente en Maldivas, ha sido el listado. Los análisis de los dos programas de marcado e Maldivas (Yesaki y Waheed, 1992; Anderson *et al.*, 1995), han mostrado en principio resultados contrapuestos para explicar los movimientos de esta especie alrededor de éste archipiélago (Anderson *et al.*, 1995). Según éstos autores los listados de 40 - 50 cm (LH²²) son abundantes alrededor de Maldivas. Una vez que alcanzan madurez sexual, emigran a mar abierto siguiendo las corrientes principales, y es posible que las hembras tengan mayor tendencia a emigrar que los machos. Basándose en la distribución de tallas de las capturas observadas en Maldivas (Hafiz, 1985; Anderson y Wahhed, 1990; Adam y Anderson, 1995), Anderson *et al.* (1995) sugieren que los listados de más de 60 cm (LH) pueden volver a Maldivas. Debido a la gran tasa de recaptura de listados de 40 - 50 cm (LH) dentro de las aguas de Maldivas (Yesaki y Waheed, 1992; Anderson *et al.*, 1995) y a las tasas de difusión tan bajas observadas dentro de Maldivas para los listados de ésta talla (Bertignac, 1993b), es posible considerar que exista una cierta población residente de listados inmaduros en Maldivas.

²¹Japan Marine Fisheries Resource Research Centre.

²²Longitud a la horquilla

En el Atlántico también se ha observado una relativa independencia regional entre los listados de Senegal y Cabo Verde (Cayré *et al.*, 1986) y la variación de la magnitud de las migraciones según los individuos (Miyabe y Bard, 1986) característica ésta que hace muy difícil el estudio de las migraciones de ésta especie.

El último grupo de evaluación de listado atlántico (Anón., 2000) puso de manifiesto la importancia que el proceso migratorio tiene sobre las evaluaciones. El grupo concluyó el listado, considerado como gran migrador pelágico, presenta comportamientos locales relativamente estáticos que pueden dar lugar a situaciones de sobrepesca a nivel local.

Las migraciones de rabil son casi totalmente desconocidas en el Índico y salvo algún estudio aislado basado en datos de captura (Suvasubramaniam, 1970; Morita y Koto, 1970) o describiendo movimientos estacionales (Anderson, 1988) pero aún no se han formulado hipótesis sobre el movimiento de ésta especie en el Índico, si bien es bastante claro que es una especie "más migradora" que el listado (Yesaki y Waheed, 1992). Según Anderson (1988), los ejemplares juveniles de rabil pueden seguir las corrientes monzónicas principales, concentrándose en las partes expuestas de las islas principales (Maldivas y Sri Lanka). De ésta forma, los rabiles se concentran en la costa Occidental de Maldivas durante la época del monzón del Sur-Occidental, mientras que en la costa Oriental, las capturas de rabil son mínimas. Lo contrario sucede cuando sopla el monzón del Nor-Oriental, con concentraciones de rabiles en la costa Oriental de Maldivas.

La distribución preferente del patudo es más profunda que la del rabil, por lo que ésta especie es poco capturada por los artes de superficie en el Océano Índico (cerco, caña). Por lo tanto el estudio de las migraciones de ésta especie se hace aún más complicado por lo difícil que resulta el marcado con palangre que es el arte que mejor acceso tiene y que más explota ésta especie. La reciente aparición de ciertas cantidades de patudo inmaduro en las capturas con objeto de cerco, está abriendo una polémica importante en las pesquerías de túnidos tropicales de todos los océanos (Pallarés y Fonteneau, 1996; Fonteneau, 1998; Hampton *et al.*, 1998; Miyabe y Bayliff, 1998; Pallarés *et al.*, 1998; Stobberup *et al.*, 1998; Tomlinson, 1998), tanto es así que se han comenzado a desarrollar distintos programas de investigación en distintos océanos con el objetivo de adquirir la información de base necesaria para la evaluación eficaz de las poblaciones de esta especie (ICCAT, 1997; Itano, 1998).

Las distintas Consultas de Expertos del IPTP (IPTP, 1990, 1995b; CTOI, 1998b), han recomendado, que para poder tener información sobre el tamaño del stock de las tres especies

principales (rabil, patudo, listado), de sus migraciones y las interacciones entre artes (palangre, cerco, artesanal), es necesario realizar un programa de marcado a gran escala en todo el Océano Índico, empresa que se espera acometer dentro de la Comisión de Túnidos del Océano Índico.

4.2.3 - Estacionalidad.

El término estacionalidad aplicado a pesquerías, se ha desarrollado en todas las pesquerías de aguas templadas y frías debido a la influencia determinante de la estaciones sobre la producción pesquera. En el caso de las pesquerías tropicales, pese a la poca variación anual de las temperaturas, podemos describir cierta estacionalidad debida a otros factores ambientales (monzones, corrientes y afloramientos, precipitaciones, ...).

Los túnidos tropicales son claros exponentes de lo complicada que es la estimación de ciertos parámetros biológicos, que en otros atunes de aguas templadas son más fáciles de estimar debido a las estaciones. El crecimiento y la reproducción de los túnidos tropicales son dos de los factores más importantes que se ven afectados por la falta de estacionalidad. El crecimiento de los túnidos tropicales es bastante difícil de determinar por la falta de marcas estacionales en las partes duras del cuerpo, que facilitan la estimación de la edad (otolitos, huesos) en especies templadas.

En cuanto a los periodos de reproducción, los túnidos tropicales son capaces de reproducirse durante todo el año. En el Índico es posible encontrar larvas de rabil y listado a lo largo de toda la franja tropical durante todo el año (Nishikawa *et al.*, 1985), si bien la existencia de ciertos periodos más abundantes de puesta en el Océano Índico ha sido sugerida por varios autores (Karpinski y Hallier, 1988; Hassani y Stequert, 1990; Sudarsan, *et al.*, 1991; Timochina y Romanov, 1991).

El régimen climático del Océano Índico está dominado por el fenómeno de los monzones (Ramage, 1969; Marsac, 1992a), que producen tres tipos de estación en la zona tropical de éste Océano (Figura 69):

- Monzón del NordOriental (diciembre - marzo)
- Intermonzones (abril / mayo y octubre / noviembre)
- Monzón del SudOriental (junio - septiembre)

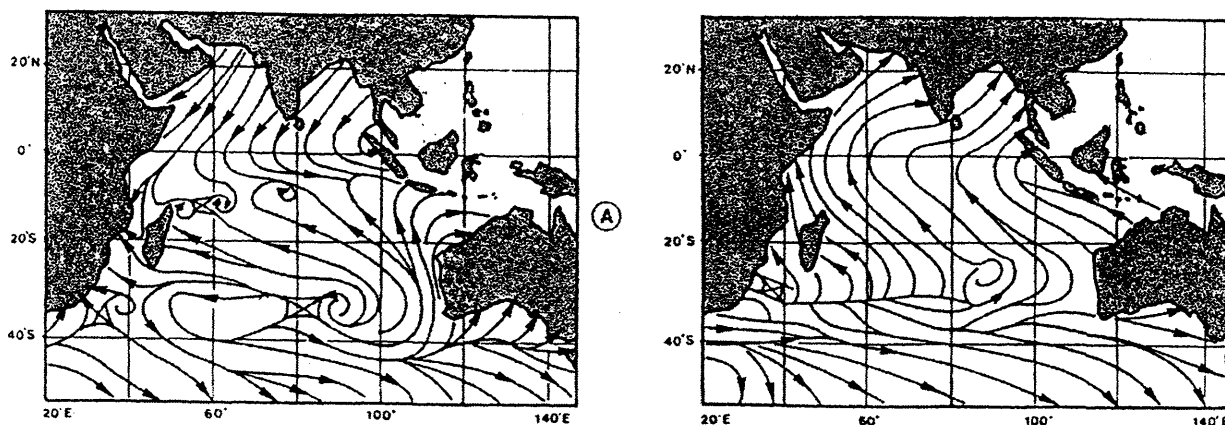


Figura 69. Mapas de los flujos de viento a nivel del mar durante los meses de enero (A, monzón del NordOriental) y julio (B, monzón del sudOccidental) según Ramage (1969).

Las épocas intermonzónicas son etapas de transición, caracterizadas por la práctica ausencia de viento en la mayoría de la región tropical, excepto a nivel del ecuador donde existe un flujo importante de viento del Occidental.

El Monzón del Nor-Oriental se produce siguiendo el gradiente de presión norte-sur. Los vientos del Nor-Oriental son moderados (de 4 a 6 nudos) y secos en principio. Según viajan por el Mar de Arabia y el Golfo de Bengala se cargan de humedad y se encuentran con los vientos alisios del Sud-Oriental creando una Zona de Convergencia Inter Tropical²³ (Marsac, 1992).

El Monzón del SudOccidental es una continuación de los vientos alisios del hemisferio sur. Normalmente los vientos son más fuertes (5-8 nudos) especialmente en la parte Occidental, a la altura de Somalia, donde se produce un afloramiento costero importante.

Como ya se adelantó más arriba, las épocas de pesca han estado bastante bien definidas desde el principio de la pesquería. La flota se desplaza en el sentido de las agujas del reloj a lo largo del año, entorno a las Seychelles (Figura 20). Lógicamente al hablar de épocas de pesca tenemos que diferenciar entre las dos especies objetivo de esta pesquería (Figura 70).

²³ZCIT

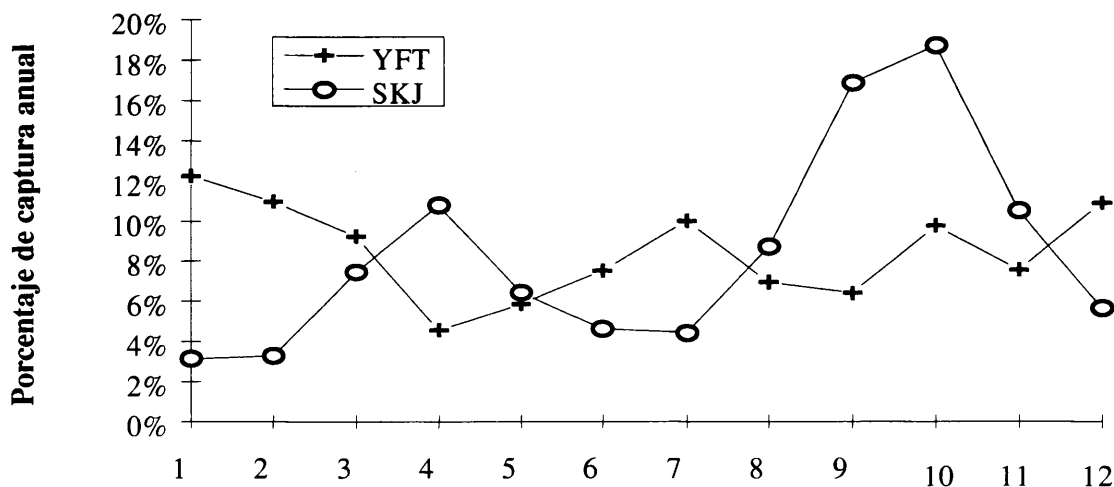


Figura 70. Proporción mensual promedio de la captura de rabil y listado en el Índico Occidental desde 1984 a 1995.

La pesca de rabil es más estable a lo largo del año que la del listado. La época más importante de pesca de rabil es la que va de diciembre a marzo, coincidiendo con la pesca a banco libre entre la zona Oriental de Seychelles y el Archipiélago de Chagos. El resto del año parece mantenerse en niveles menores, salvo en los meses de julio y octubre cuando se pesca bastante rabil pequeño con objetos.

La época principal de pesca del listado se centra en los meses de septiembre y octubre, cuando se pescan grandes cantidades de ésta especie con objetos a lo largo de la costa de Somalia. El otro pico de producción de listado coincide con el mes de abril, esto es la época del Canal de Mozambique.

Según el análisis de la composición específica y distribución de tallas de la captura de toda la flota de cerco del Índico (Pallarés y Hallier, 1997), el Índico Occidental se puede dividir en cinco zonas relativamente homogéneas (Figura 71), que de alguna forma coinciden con los movimientos “estacionales” de la flota y la captura característica descrita más arriba.

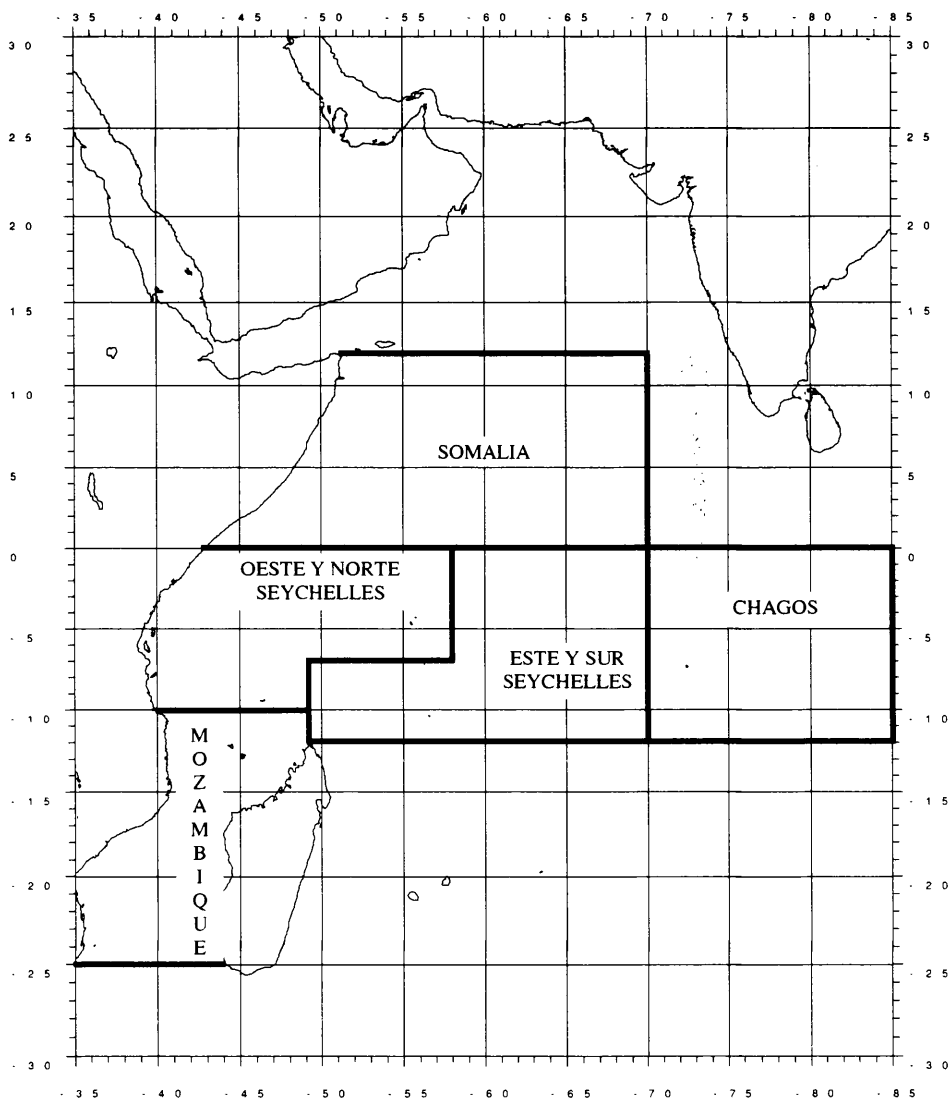


Figura 71. Mapa de las principales zonas de pesca con arte de cerco del Océano Índico Occidental.

En resumen, los métodos directos de evaluación son muy difíciles de aplicar con los túnidos tropicales por distintos motivos. El área de distribución de las tres especies principales que estamos tratando (rabil, listado y patudo), es tan amplia que, por ahora, es difícil de imaginar una técnica de muestreo que sea capaz de abarcar su área de distribución. Y aunque existiera tal método, la distribución profunda de las especies y su agregación en cardúmenes, que también varían en función de la edad, añaden complejidad a la estimación directa de las poblaciones de túnidos tropicales. La distinta densidad espacio temporal, junto

con los movimientos migratorios poco determinados en los túnidos tropicales, hace difícil así mismo, evitar que se midan varias veces los mismos componentes de población.

4.3 MÉTODOS INDIRECTOS.

Visto todo lo anterior, los técnicos en evaluación pesquera han tenido que desarrollar sistemas que den algún tipo de estimación de la abundancia de las poblaciones explotadas. Para ello se utilizan los datos pesqueros como muestras de la población en el mar, con la particularidad de que los datos de pesca no son aleatorios, si no que corresponden al proceso de búsqueda de las máximas concentraciones de pesca efectuado por la flota. Otra condición necesaria para poder utilizar los datos de pesca, en concreto la captura por unidad de esfuerzo (cpue), como índice de abundancia relativa, es que la unidad de esfuerzo se mantenga en el tiempo de forma que la potencia pesquera de un día de mar (tomándolo como un ejemplo de unidad de esfuerzo) sea la misma de un año a otro. Por ello, si los barcos introducen mejoras que aumentan la capturabilidad, entendiendo como tal la probabilidad de un pez de ser capturado por una unidad de esfuerzo (Rotschild, 1967), dichos cambios introducirían sesgos en los índices. En el mismo sentido, las condiciones oceanográficas pueden incidir tanto en la abundancia real del recurso, fundamentalmente en los procesos de reclutamiento, como en la capturabilidad, sin que resulte fácil separar ambos efectos. Además existen problemas derivados de realizar un esfuerzo de pesca dirigido a más de una especie, por lo que resulta muy complicado discriminar el esfuerzo realizado sobre especies individuales.

A pesar de los problemas que existen para obtener índices de abundancia a partir de los datos de la pesquería, con un nivel de exactitud y precisión aceptables, la evaluación de la mayoría de las poblaciones de peces marinos explotadas comercialmente, dependen casi exclusivamente de la información obtenida del proceso mismo de pesca. Como ya adelantan Hillborn y Walters (1992), la persecución de peces con fines comerciales es un proceso de muestreo nada aleatorio y tampoco es representativo del estado de la población ni en el tiempo, el espacio o de su estructura de edades. El objetivo fundamental de la pesca es capturar la mayor cantidad de peces en el menor tiempo posible, por lo que los resultados de pesca, los rendimientos obtenidos y las tallas explotadas no son necesariamente representativos del total de la población. Esto se hace más patente cuando se explotan especies pelágicas que forman cardúmenes, como es nuestro caso, porque la relación entre la cpue no es directamente proporcional a la verdadera abundancia del recurso (Paloheimo y Dickie, 1964; Gulland, 1969; Ulltang, 1977; Laurec y Le Guen, 1977; Allen y Punsly, 1984),

y por lo tanto la lógica disminución del recurso debido a un fuerte aumento del esfuerzo, puede no ser detectada por una caída de la cpue.

Para ilustrar algo más la fuente de sesgo que los métodos indirectos plantean, observemos la Figura 72, en la que se muestra la distribución de tallas de la captura de rabil obtenida por la flota de estudio durante el periodo 1984-95.

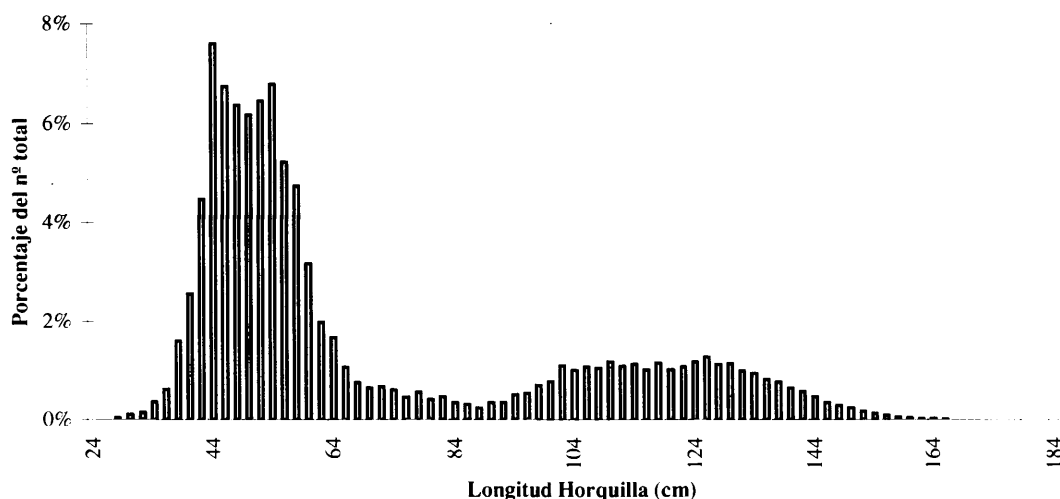


Figura 72. Distribución de tallas (% del nº de ejemplares) de la captura de rabil realizada por la flota de estudio desde 1984 a 1995.

La fracción de la población de rabil de 60 a 100 cm (LH), se encuentra muy poco representada en la captura de cerco, lo que sugiere una migración (vertical u horizontal) por parte de Oriental grupo de peces o como sugieren algunos patrones, o un comportamiento muy distinto a las otras tallas al no formar cardúmenes compactos, que los hace inaccesibles al arte de cerco. El problema se complica cuando el resto de las artes que explotan ésta especie en el Índico (palangre y artesanales), tampoco capturan estas tallas, si bien existen indicios de que algunas pesquerías artesanales podrían capturar rabiles de 60 - 80 cm (LH) con cierta frecuencia (Dayaratne y Maldeniya, 1991; IPTP, 1991; Maldeniya y Dayaratne, 1993). Por lo tanto, los estudios de edad basados en distribuciones de tallas y las evaluaciones de población con modelos analíticos se encuentran con el problema añadido de series de tallas discontinuas como las de la Figura 72.

4.3.1 Necesidad de índices de abundancia.

La cpue es un índice de densidad de población fidedigno, solo si las presunciones con respecto al arte de pesca y la distribución temporal y espacial de los peces y del esfuerzo de

pesca son satisfechas (Beverton y Holt, 1957; Gulland, 1969; Ricker, 1975; Quinn *et al.*, 1982).

Como expone Hillborn (1979), la relación captura por unidad de esfuerzo pesquero y abundancia es por lo general, bastante irreal en la mayoría de la pesquerías mundiales. Tal y como postulan Fréon y Misund (1999), resumiendo a muchos autores, la cpue es un índice apropiado de biomasa (B) siempre que el esfuerzo de pesca (E) sea proporcional a la tasa instantánea de mortalidad por pesca (F), y esto sucede si el coeficiente de capturabilidad (q) es constante:

$$F=Eq \quad Y=FB \quad Y=qEB \quad Y/E=qB \quad B=CPUE/q$$

Hillborn and Walters (1992) advierten que, para que la cpue sea verdaderamente proporcional a la abundancia, el esfuerzo pesquero debería estar distribuido de forma aleatoria. En el mismo sentido Gulland (1956) considera que para obtener un índice correcto de densidad del stock, la elección de estratos geográficos debe seguir las siguientes condiciones:

- 1.- La zona de pesca debe cubrir la zona de distribución del stock.
- 2.- La distribución de peces y esfuerzo de pesca debe ser homogénea en el seno de cada estrato geográfico.
- 3.- Se debe ejercer cierto esfuerzo de pesca en cada estrato.

Cualquiera de las condiciones son difíciles de cumplir en las pesquerías de túnidos.

Ante la dificultad que conlleva la obtención de índices de abundancia a partir de datos de la pesquería, el trabajo de los expertos en evaluación de stocks se ha dirigido al desarrollo de técnicas y estrategias que permitan eliminar de los índices obtenidos, los componentes de variabilidad no relacionados con la abundancia.

En ese sentido, Hillborn and Walters (1992), para evitar la distribución no aleatoria del esfuerzo sugieren que se estratifique espacialmente, con la esperanza de que en áreas pequeñas el esfuerzo se distribuya aleatoriamente. Pero entonces surge el problema de la estimación del esfuerzo y la necesidad de su estandarización.

Tanto Gulland (1956) para la pesca demersal como Griffith (1960) en las pesquerías de túnidos del Pacífico Oriental, calculan la cpue media ponderada por la superficie (cuadrículas de 1º) explotada durante un cierto periodo. Esto permite calcular un índice de abundancia que suprime el sesgo que produce la concentración más o menos fuerte de esfuerzo en zonas de gran abundancia relativa.

Las poblaciones de túnidos tropicales se distribuyen de forma muy heterogénea en el tiempo y el espacio, tanto por la formación de grandes concentraciones temporales tanto

horizontal como verticalmente (Fonteneau *et al.*, 1999). A todo ello se añade la interacción de la distribución de la población explotada con el arte de pesca, es decir los conceptos de disponibilidad y accesibilidad. Los artes de pesca explotan una pequeña fracción de la zona de distribución de los túnidos tropicales. De esta forma podemos definir la disponibilidad del recurso como la probabilidad de que el recurso esté presente en la zona en la que tiene lugar la pesquería, y accesibilidad, la probabilidad de que estando el recurso en la zona donde se lleva a cabo la pesquería, el arte de pesca tenga acceso a dicho recurso por sus propias limitaciones físicas. Por todo ello podemos volver a recalcar el carácter tan poco aleatorio de la pesca, que depende de que el recurso esté disponible en la zona de pesca y sea accesible al arte de pesca utilizado. Estos procesos de concentración en los distintos niveles del ecosistema, están influenciados por el medio oceánico, relación que es mucho más compleja de estudiar y que se sale del ámbito de nuestro estudio al requerir una investigación multidisciplinar (biología pesquera, oceanografía, meteorología, fisiología y etología).

Los índices de abundancia basados en la cpue nominal, se encuentran sesgados por factores ligados a la actividad de flota y a los cambios de capturabilidad (Marsac, 1992b), y como ya se indicó más arriba, es necesario estimar el esfuerzo pesquero, teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente para que refleje proporcionalidad con la mortalidad por pesca.

4.3.2 El problema de la pesca multiespecífica.

Tradicionalmente el problema de la pesca multiespecífica se ha ignorado en biología pesquera, y se ha tendido a tratar las especies y stock por separado para ser analizadas y administradas (Hillborn y Walters, 1992). La ignorancia voluntaria de las interacciones entre especies, tiene un fundamento práctico. Los estudios de interacciones biológicas como la predación y la competencia interespecífica, son muy complejos, caros de estudiar y requieren mucho tiempo (Pikitch, 1988). Además, aunque se pudieran determinar los parámetros de las interacciones posibles, por lo general no se pueden predecir ni controlar las condiciones futuras de otras especies, por lo que se tiende a ignorar el problema que suponen las interacciones biológicas considerándolas como procesos inexplicados dentro del sistema, y confiar en el control de las especies de interés. Pese a ello, Hillborn y Walters (1992), abogan por un esfuerzo en aplicar lo que se conoce sobre interacciones, porque puede ser usado para mejorar las predicciones y para ayudar a diseñar políticas para controlar las otras especies y obtener una estructura de comunidad más productiva o lo que en la actualidad se está dando en llamar la gestión integral del ecosistema.

En los estudios de túnidos se ha mantenido la misma tendencia que en otras pesquerías a ignorar las interacciones biológicas (Fonteneau *et al.*, 1999). Las interacciones biológicas entre las especies de túnidos, tales como la mezcla de especies en cardúmenes y las interrelaciones con la fauna asociada (asociación atún-delfín, descartes, etc.) son complicadas de estudiar y corresponden a la utilización de modelos multiespecíficos y a lo que recientemente se engloba en la más ambiciosa gestión del ecosistema pelágico (Hall *et al.*, 1999).

Esto por lo que respecta al problema que plantea la pesca multiespecífica en relación con las interacciones biológicas. Pero existen otras interacciones que se producen cuando un arte de pesca captura varias especies, que se denominan interacciones tecnológicas (Hillborn y Walters, 1992), y que en ciertos casos pueden dominar las interacciones biológicas. La pesca multiespecífica plantea un problema fundamental a la hora de la evaluación, que es la separación del esfuerzo por especies.

En algunas pesquerías se puede diferenciar el esfuerzo dirigido a cada especie por análisis espacio-temporales, que se ajusten a diferencias de distribución específica, como el caso de los palangreros orientales cuando pescan rabil en la zona tropical o bonito al sur del Índico (FAO, 1975).

En las pesquerías de túnidos tropicales del Pacífico Oriental, las estimaciones de esfuerzo específico se calculan asignando el tiempo previo a un lance, a la especie capturada (Allen y Punsly, 1984; Punsly, 1987) de forma que la tasa de captura de una especie es "... la captura obtenida en el lance dividida por el tiempo previo al lance (horas)". Esta forma de asignar el esfuerzo específico es posible en aquella pesquería porque los cuadernos de pesca recogen la hora a la que se realizan los lances, además de poseer una cobertura total de la flota con observadores.

Tanto en el Atlántico como en el Índico, la información que facilitan los cuadernos de pesca, no incluye la hora a la que realiza el lance por lo que se han desarrollado distintas formas de asignar a cada especie el esfuerzo correspondiente.

En el Atlántico, los primeros intentos de diferenciar el esfuerzo específico se realizaron sobre el rabil (Fonteneau y Soisson, 1974; Fonteneau, 1977). Estos análisis se realizaron gracias a que la flota francesa y asociada (marroquí, senegalesa y marfileña) tenían por objetivo principal el rabil, y su captura era la predominante de dicha flota. Más tarde, Fonteneau (1986), intenta separar el esfuerzo de pesca ejercido sobre el listado analizando las capturas de la flota francesa y española. Para ello utiliza dos medidas de esfuerzo específico:

1- Según la proporción de la especie en el lance, de forma que se obtenga un esfuerzo de rabil o listado si la captura de dicha especie supera el 70% del total, y un esfuerzo mixto cuando la proporción de una especie no supera el 70%. El patudo es excluido de éste estudio por las escasas capturas que se obtienen de dicha especie.

2- Según el esfuerzo observado en tres zonas con altas concentraciones de listado.

Fonteneau (1986), concluye que las estimaciones de cpue que utilizan la medida de esfuerzo específico basado en las tres zonas de listado (segunda definición), reflejan más los cambios de estrategia de pesca que la abundancia, mientras que los basados en los primeros estimadores de esfuerzo específico se aproximan más a la lógica tendencia de la abundancia.

En el Índico, Marsac (1992a) recurre a los índices de Gulland para poner en evidencia la concentración de esfuerzo de pesca en zonas de fuerte abundancia de una especie. Los índices Gulland se definen como la relación entre la cpue media total y la cpue media de una cuadrícula de un grado durante un periodo determinado. En el caso de los cerqueros, el periodo de tiempo utilizado es la quincena debido a la gran movilidad de la flota. Si el índice es superior a 1, el esfuerzo se concentra en los sectores de fuerte abundancia, caso más frecuente cuando se tiene una especie objetivo clara. Si el índice es menor que 1, el esfuerzo se dirige a zonas de baja abundancia. Si el índice es igual a 1, el esfuerzo es independiente de la abundancia local.

En nuestro análisis, nos limitaremos a intentar hacer una separación de esfuerzo pesquero por especies asumiendo que el esfuerzo a banco libre está dirigido a rabil en la mayoría de los casos o a listado, si es un lance a sarda de esta especie dando captura únicamente de listado. En el caso de lance a objeto, asumiremos algo similar a lo que emplea Fonteneau (1986).

4.3.3 Unidades de esfuerzo en la pesca atunera de cerco

El esfuerzo de pesca fue definido por Poinard y Le Guen (1975) como: "... una medida del conjunto de los medios de captura puestos sobre el stock por los pescadores a lo largo de un intervalo de tiempo determinado".

Uno de los problemas más controvertidos en biología pesquera, es poder obtener unidades de esfuerzo efectivo que realmente recojan lo expuesto en la definición anterior y puedan ser proporcionales a la mortalidad por pesca, a diferencia de las unidades de esfuerzo nominal que son medidas más groseras del esfuerzo (por ejemplo el día de mar) . Gulland (1969) ya advertía de la necesidad de ajustar las medidas de esfuerzo según los distintos cambios técnicos que se produzcan en el sistema pesquero. Esto se hace más acuciante en la

pesca de cerco atunero, donde los cambios tecnológicos son continuos debido a la gran capacidad financiera de esta flota para adquirir nuevos equipos, e incluso demandar investigaciones que mejoren sus sistemas de pesca (detección y explotación).

Encontrar una unidad de esfuerzo efectivo que refleje todos los factores que intervienen en la operación de pesca es algo especialmente complejo en la pesca de túnidos con cerco. Como ya adelantaban Greenblat (1976) y Hillborn y Walters (1992), el esfuerzo de pesca está condicionado por tres factores principales:

- 1.- Las características técnicas del barco.
- 2.- El poder de pesca de cada barco concreto con una tripulación determinada.
- 3.- Las características ambientales determinadas que pueden afectar directamente a la capturabilidad.

Cada uno de estos factores no es único, si no que es el resultado de múltiples efectos parciales. Por ello resulta imposible incorporarlos en los análisis en su totalidad. En especial, resulta complicado tener en cuenta factores ambientales ya que, como adelantamos más arriba, requiere una aproximación multidisciplinar en cooperación con oceanógrafos y metereólogos que está fuera de nuestro alcance en el momento actual. En nuestro trabajo estamos intentando aproximar los criterios de características de barco y poder de pesca para su inclusión en los cálculos de esfuerzo.

Siguiendo los criterios de Laurec y Le Guen (1981), podemos describir las unidades de esfuerzo nominal por medio de:

- 1.- Elementos simples, como el número de anzuelos o lances de pesca.
- 2.- El conjunto de operaciones de pesca realizadas a lo largo del número de horas o días presentes en la zona de pesca.

Como hemos mostrado hasta ahora, en las pesquerías de cerco de túnidos tropicales es más patente que el esfuerzo de pesca está influenciado por unos factores de difícil control y evaluación por los científicos.

Las unidades de esfuerzo utilizadas tradicionalmente en las pesquerías de túnidos tropicales con cerco, se han limitado a cuantificar el tiempo que un barco pasa en el mar (día de mar) o que pasa pescando (día de pesca). Ha habido algunos intentos para estimar una unidad de esfuerzo más próxima a la realidad del proceso de pesca, como la estimación del tiempo de búsqueda:

- Fonteneau (1978) hace una comparación entre las estimaciones de cpue con día de mar y día de pesca en la pesquería de túnidos tropicales con cerco del Atlántico, y constata que utilizando el día de mar se subestima la abundancia medida por la hora de pesca.

- Mangel (1982) desarrolla un modelo para calcular el tiempo de búsqueda y cómo afecta a las tasas de captura, separando el esfuerzo en “esfuerzo de búsqueda” y “esfuerzo de cosecha”.

Partiendo de los conceptos de tiempo de mar (T_m) y tiempo de pesca (T_p) como han sido definidos anteriormente, intentaremos cuantificar el tiempo de búsqueda efectiva (T_b) sustrayendo el tiempo que duren los lances en función de la captura (T_l) de forma que:

$$T_b = T_p - T_l$$

Pese a que este concepto simple está descrito desde hace mucho tiempo (Gulland, 1969), y se ha aplicado en otras pesquerías de cerco atunero (Punsly, 1987), hasta el momento no se han hecho estimaciones del tiempo de búsqueda efectiva en la flota atunera de cerco del Índico, por lo que nuestro primer objetivo es aplicar los resultados obtenidos en el apartado 3.4.1. y comparar los índices de abundancia que resultan de utilizar tiempo de pesca y tiempo de búsqueda.

4.3.4 Estandarización del esfuerzo.

Desde los años 50 se ha reconocido que el poder de pesca de los barcos es distinto entre unidades y puede variar con el tiempo (Gulland, 1969), y si queremos conseguir que la cpue sea proporcional a la abundancia, las medidas de esfuerzo se deben de estandarizar (Kimura, 1981) para tener una única medida de esfuerzo y que no cambie a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los efectos que varían la medida de esfuerzo. La estandarización del esfuerzo debe de actualizarse según evolucione la pesquería, teniendo en cuenta los cambios tecnológicos que aumenten la capacidad pesquera de barcos individuales.

Las bases clásicas para la estandarización del esfuerzo fueron desarrolladas por Gulland (1956) y Beverton y Holt (1957). Su método consistía en determinar el poder de pesca de los barcos en relación a un barco estándar, tomando la proporción de la cpue de dos barcos que pescan en el mismo estrato espacio – temporal, relacionando el poder de pesca con las características del barco. Esta base fue aplicada por Robson (1966) y Gavaris (1980) desarrollando modelos de estandarización de cpue. Kimura (1981) considera que existe una interacción entre los efectos de los avances tecnológicos que se producen en una flota pesquera y el estado del stock de peces que explota dicha flota. Por ello dicho autor considera necesario estandarizar las medidas de abundancia relativa basándose en un modelo lineal-logarítmico de la cpue debidamente medida. Su estandarización del esfuerzo se centra en el cálculo de un coeficiente de eficacia (e) por barco, dividiendo el coeficiente de capturabilidad del barco (q_{ij}), del barco j del año i por el de un barco estándar (q_s).

$$E (ij/s) = q_{ij} / q_s$$

Por lo expuesto por Kimura (1981), una de las piezas claves para la estandarización del esfuerzo de pesca recae en el cálculo adecuado del coeficiente de capturabilidad de cada barco.

Pella y Psaropulos (1975) desarrollaron un modelo estocástico de pesca con cerco, basado en Pella y Tomlinson (1969), para cuantificar el efecto de los cambios de eficacia en los índices de captura de los cerqueros, teniendo en cuenta la duración de los lances. Estos autores obtienen un índice de biomasa que incluyen estas modificaciones al esfuerzo, determinando así mismo que la velocidad del barco y el tipo de lance afecta a las tasas de captura de rabil.

Más adelante, Greenblat (1976) utiliza el poder de lance definido por Pella y Psaropulos (1975), para evaluar la eficacia del lance. Este autor define dos conceptos nuevos para la evaluación del esfuerzo: *capacidad de lance(L)* y *esfuerzo lineal(E_l)*.

$$L = P \times C_l \times C_m$$

$$E_l = V \times T \times P$$

P = porcentaje de lances positivos.

C_l = Captura media por lance.

C_m = Captura media por minuto de lance.

V = Velocidad de búsqueda.

T = Tiempo de búsqueda.

P = número de prismáticos utilizados.

Con el producto de ambas estimaciones, obtenía el esfuerzo lineal de pesca ajustado (*E_a*).

$$E_a = L \times E_l$$

Pese a que no incluye ciertos elementos que el mismo autor considera importantes por su posible efecto sobre el esfuerzo (por ejemplo el rango visual, la cooperación entre barcos y la estratificación del área), obtiene una buena correlación entre el esfuerzo lineal ajustado y la captura. Sin embargo Pella y Psaropulos (1975) al estudiar una flota de cerco en la que todas sus unidades han introducido equipos y métodos para aumentar su eficacia, consideran que no se pueden aplicar los métodos clásicos de ajustar los índices de captura a un tipo normalizado de barco y desarrollan un modelo que se basa en una representación matemática de las actividades de las embarcaciones de cerco, contando con una información muy detallada sobre los tiempos de duración de búsqueda y de lance, obtenida por observadores a bordo de una gran parte de la flota que estudian, que no está disponible en nuestro caso.

La estandarización del esfuerzo es necesaria para relacionar la cpue con la abundancia, de forma que la cpue pueda ser tomada como índice de referencia de los cambios relativos de abundancia. Según Restrepo (1998), en ICCAT se considera que la cpue estandarizada es la resultante de utilizar medidas de esfuerzo debidamente estandarizadas y explica que en las evaluaciones de población de túnidos tropicales, el SCRS²³ de ICCAT corrige las unidades de esfuerzo con arreglo al poder de pesca entre categoría de barcos durante un mismo año. El objetivo de los procedimientos de estandarización es el de identificar los distintos componentes que inciden sobre la varianza de la variable a estandarizar (generalmente la cpue) y aislar el efecto debido al año que es el que explica los cambios de abundancia. En la actualidad para llevar a cabo la estandarización suelen utilizarse los modelos lineales (Conser, 1985) pensados como una regresión múltiple que puede incorporar variables explicativas continuas y categóricas. Una modificación a estos modelos son los modelos lineales generalizados (McCullagh y Nedler, 1989).

4.3.5 Aplicación del modelo GLM²⁴ para la estandarización de esfuerzo

A continuación vamos a estimar la cpue estandarizada para rabil en la zona y periodo de estudio, utilizando dichos modelos lineales generalizados. Normalmente, los procedimientos de estandarización que se han desarrollado para la obtención de índices de abundancia asumen una capturabilidad constante, incluyendo en el modelo, como variables explicativas, aquellas que inciden sobre la abundancia como son las componentes espacio-temporales, y en el caso de pesquerías multiespecíficas, alguna variable que tenga en cuenta cambios en especie objetivo. Dentro de los túnidos, la mayoría de los índices de especies templadas o tropicales, basados en tasas de captura de otras artes distintas del cerco (palangre fundamentalmente), se obtienen por este procedimiento (Matsumoto y Miyabe, 2001; Cramer y Ortiz, 2001). Sin embargo, en el caso del cerco, si sólo tuviéramos en cuenta este tipo de variables podríamos suponer que los índices obtenidos estarían sesgados ya que, como ya hemos apuntado, estaríamos interpretando cambios en capturabilidad como cambios en biomasa, con el riesgo que ello puede suponer para en la evaluación del stock. Por ello, lo novedoso de nuestro procedimiento es incluir en el modelo tanto variables relacionadas con la abundancia, como variables explicativas de los cambios en capturabilidad. La introducción de este tipo de variables permite aislar los componentes de varianza explicada por cambios en la capturabilidad y cambios en la abundancia. Este tipo de modelo es la primera vez que se

²³ *Standing Committee for Research and Statistics, Comité Permanente de Investigación y Estadísticas.*

²⁴ *Acrónimo Inglés de Generalized Linear Model (Modelo Linear Generalizado).*

aplica para la estandarización de tasas de capturas de las especies de túnidos tropicales con cerco en cualquiera de los océanos Índico, Atlántico y Pacífico.

4.3.5.1 Descripción de los datos de flota

Teniendo en cuenta lo descrito en secciones anteriores, y a la vista de los análisis preliminares, se realizó un fichero de flota seleccionando los factores técnicos por categorías que permitan un análisis para la estandarización de la cpue de rabil.

Para la elaboración del fichero de flota se realizó una primera selección de los barcos que poseían mayor información durante un período amplio (5 años). Tras la evaluación de todos los elementos técnicos utilizados en las maniobras de pesca (detección de bancos y captura) y su evolución en el periodo de estudio, realizada en capítulos anteriores, se seleccionaron los factores que podían incidir en el incremento de la potencia de pesca. De todos los vistos hasta ahora, hemos considerado que los más importantes son la red, el sonar, el radar, la velocidad y el patrón o capitán de pesca. Para cada uno de ellos se hemos establecido categorías en función de las características de los equipos. Los códigos correspondientes a las categorías se han asignado a los barcos en función del trimestre en que se instaló el equipo, de forma que a un equipo de categoría X instalado en el primer trimestre le correspondería un código X+0,25.

Para los distintos equipos las características que se establecieron fueron las siguientes:

Red: en función de su superficie (T), expresada en km^2 se definieron cuatro niveles:

Nivel	Superficie Red (T)
1	$< 0,3 \text{ km}^2$
2	$0,3 \text{ km}^2$ a $0,4 \text{ km}^2$
3	$0,4 \text{ km}^2$ a $0,5 \text{ km}^2$
4	$\geq 0,5 \text{ km}^2$

Radar: en una primera clasificación se establecieron cuatro niveles:

Nivel	Radar
1	sin radar
2	radar de 15 (Kw)
3	radar 30 Kw
4	radar de 60 Kw

Sin embargo, análisis preliminares aconsejaron agrupar las dos primeras categorías en una sola por no existir diferencias significativas en los rendimientos de estos dos grupos.

La secuencia de introducción de los distintos modelos de radar también lleva el mismo orden, es decir, primero aparece el radar 15 Kw, seguido del radar 30 Kw y a continuación el radar 60 Kw. Hay pocos años de solapamiento entre estas categorías; el radar 15 Kw aparece en 1984 y se sigue utilizando hasta 1990. El radar 30 Kw hace su aparición en 1987 y continúa el resto de los años y el radar 60 Kw aparece por vez primera en 1989 hasta el final del período.

Sonar: Se establecieron tres niveles:

Nivel	Sonar
1	sin sonar
2	sonar de 45 (Kc) o sonar de 60 Kc, es decir, un solo sonar
3	sonar de 45 Kc y sonar de 60 Kc, es decir, con dos sonares.

Esta clasificación se hizo considerando que las características de los sonares de 45 y 60 Kc son complementarias; así, algunos barcos introducen primero el sonar 60 Kc y otros el sonar 45 Kc, pero al cabo de un tiempo añaden el otro tipo para trabajar con los dos. Como ya adelantamos en el capítulo 3.2.4., y al igual que sucede con los radares, existen pocos años en los que se solapan barcos de los distintos niveles para poder comparar las variaciones.

Velocidad de barco: Se establecieron categorías para cada nivel de velocidad. Durante el período varía entre 10 y 15 nudos. Pese a que existen diferencias entre barcos en la velocidad; la mayoría de los barcos no la cambian a lo largo del periodo de estudio, por lo que resulta ser la variable menos significativa del modelo. Por lo tanto resulta difícil observar la influencia de la velocidad sobre el poder de pesca.

Patrón: Se cuenta con información de 52 patrones. Al principio se intentó introducir esta variable como factor en nuestro modelo, pero el número de niveles era excesivo y el análisis resultaba desequilibrado, fue necesario clasificar los patrones en grupos homogéneos para simplificar el modelo. Esta clasificación es difícil de hacer por la cantidad de factores que concurren en la actividad de un patrón. Como ya se explicó en la sección correspondiente, la presencia en la pesquería de los patrones es bastante diversa, desde los que están solo un año hasta los que están presentes en todo el periodo de estudio. La permanencia de un patrón en la pesquería es un indicador de su eficacia, pero es difícil comparar el comportamiento de patrones que han estado en la pesquería en distintos años o un número distinto de años. Teniendo en cuenta que la eficacia de un patrón está relacionada

a la experiencia en el control de los equipos del barco, decidimos limitar el estudio a los patrones que estuvieron en la pesquería más de seis años, para así ser capaces de establecer diferencias entre patrones con los distintos niveles tecnológicos introducidos en los barcos durante el periodo de estudio. Se establecieron códigos para preservar su identidad.

4.3.5.2 Descripción de los datos de captura y esfuerzo

El segundo fichero necesario que creamos para el análisis de estandarización de cpue, fue lógicamente el de captura y esfuerzo. Para ello utilizamos la información de los cuadernos de pesca que contienen las capturas por especie, tipo de asociación de banco, barco y estrato espacio-temporal. Las tres especies detalladas en los cuadernos de pesca, como ya se ha explicado ampliamente en secciones anteriores son rabil, listado y patudo.

Se consideraron tres tipos de asociación de banco: objeto, banco libre y desconocido.

Se utilizaron las áreas descritas en la sección 4.2.3. y presentadas en el mapa (Figura 71).

Basándonos en el análisis efectuado en la sección relativa a la estacionalidad, consideramos cuatro estaciones de pesca:

Estación	Meses
1	enero y febrero
2	marzo, abril, mayo y junio
3	julio, agosto, septiembre y octubre
4	noviembre y diciembre

4.3.5.3 Descripción del modelo

Ambos ficheros, flota y captura y esfuerzo fueron integrados para la utilización de nuestro modelo.

Para evaluar el esfuerzo pesquero hemos utilizado distintas unidades de esfuerzo: tiempo de pesca, tiempo de búsqueda, número total de lances y lances positivos y negativos. Sólo presentaremos los resultados de nuestro análisis usando tiempo de pesca, porque los análisis con las otras unidades de esfuerzo dan resultados similares.

Para realizar los análisis, se seleccionaron solamente los datos relativos a rabil asociado a banco libre por considerar que este podría ser un buen índice de abundancia del stock adulto y que los posibles incrementos en la potencia de pesca de los cerqueros serían en esta modalidad de pesca dónde mejor se manifestaran. El primer balance del análisis mostraba que este era muy desequilibrado por la cantidad de observaciones nulas obtenidas. Con el fin de reducir el número de ceros en las observaciones se agruparon los datos

quincenalmente, sumando las capturas de cada quincena por tipo de asociación, barco y patrón. Inicialmente se pensó en utilizar el tiempo de búsqueda como medida de esfuerzo, pero finalmente se optó por el tiempo de pesca, ya que en el tiempo de búsqueda queda implícitamente reflejado el incremento de la potencia de pesca.

Como tiempo de pesca se tomó el tiempo de pesca global ya que, al ser una pesquería multiespecífica, no es posible identificar el esfuerzo dirigido a cada una de las especies ni tampoco existe información que permita diferenciar el dirigido a cada modalidad de pesca (banco libre o mancha).

Al seleccionar sólo la modalidad de pesca de banco libre, el área de Somalia se eliminó por ser un zona casi exclusiva de pesca sobre objetos, cuya captura es principalmente listado y rabil juvenil; igualmente no se ha considerado el área de Chagos ya que la expansión de la pesquería hacia esa área se produjo en los años finales de la serie considerada.

La abundancia relativa del stock de rabil del Océano Índico se estimó a través de un método delta. Este método consiste en tratar separadamente las observaciones positivas y la probabilidad de que una observación sea nula o positiva. Estos dos componentes (probabilidad de que la cpue sea positiva y la distribución de los valores distintos de cero) se pueden modelar independientemente para obtener un ajuste de la probabilidad de cpue positiva, y luego de la cpue esperada condicionada a que se haya obtenido un valor de cpue distinto de cero. La ventaja de utilizar este método es que elimina el problema de las observaciones sin captura. En este tipo de pesquerías las observaciones con valor cero son muy numerosas ya que:

- 1) el porcentaje de lances nulos es elevado (mayor de 30%), porque, como ya se analizó en capítulos anteriores, la movilidad de los cardúmenes de grandes rabiles provoca bastantes lances nulos.
- 2) el esfuerzo está dirigido a distintas modalidades de pesca por lo que capturas positivas sobre objetos se traducen en capturas 0 sobre banco libre.

Ello supone que las distribuciones de las variables respuesta son muy asimétricas y las transformaciones no consiguen un grado de normalidad suficiente para poder aplicar GLM gaussianos.

El método delta que se propone consiste en dos modelos lineales generalizados utilizando las distribuciones de Bernoulli y lognormal respectivamente. El índice final se obtiene como el producto del efecto anual medio de las componentes binomial y lognormal.

Los primeros análisis realizados mostraban una fuerte interacción área-año por lo que, siguiendo las recomendaciones del grupo de trabajo sobre métodos de ICCAT (Anón., 2000)

se calcularon índices independientes para cada una de las zonas consideradas: N-W Seychelles, S-E Seychelles y Mozambique.

CPUE positiva

La cpue relativa para cada año en cada una de las tres zonas consideradas es:

$$cpue_i = \mu_i p_i, i = 1,2,3,$$

donde μ_i es una medida estandarizada de la cpue para las capturas positivas en cada zona i y p_i es una medida estandarizada de la proporción de positivos en cada zona i .

Para calcular un índice relativo para toda la zona, se ponderaron los tres índices obtenidos por el número de observaciones en cada zona, i.e.,

$$cpue_y = N_{y1}cpue_{y1} + N_{y2}cpue_{y2} + N_{y3}cpue_{y3},$$

donde $cpue_y$ es la cpue media en el año y , N_{yi} es el número de observaciones de la zona i para cada año y , y $cpue_{yi}$ es la cpue media anual en el año y de la zona i .

Como efectos principales se consideraron los siguientes: año, estación, patrón, sonar, radar, red, velocidad y la captura total a objeto. Esta última variable se incluyó en el modelo porque se considera que todo lo que no es pesca a banco libre es pesca a objeto, y se espera que tenga un efecto negativo sobre la cpue de rabil. Además, se incluyeron interacciones de primer orden entre los factores año y estación y patrón con las características del barco. El resto de las interacciones de primer orden y orden superior no se consideraron para evitar la sobreparametrización del modelo.

El modelo para ajustar la cpue para los positivos es:

$$\ln(cpue) = X\alpha + Z\beta + \varepsilon,$$

donde $cpue$ es el vector de observaciones, X es la matriz de los factores principales, α es el vector de parámetros de los factores principales, Z es la matriz de las interacciones, β es el vector de parámetros de las interacciones y ε es el vector de los errores independientes idénticamente distribuidos que siguen una $N(0, \sigma^2)$.

Proporción de positivos

Por otro lado, para estimar la proporción de positivos, se utilizó todo el conjunto de datos. Se creó una variable aleatoria tipo Bernoulli con valor 0 o 1 según la cpue fuera nula o positiva respectivamente. A continuación, calculamos la media de esta variable en cada estrato definido por cada combinación de año, estación, patrón, sonar, radar, red y velocidad, y calculamos el número de observaciones que hay en cada uno de ellos.

La probabilidad de que la cpue sea positiva puede modelarse a través de un GLM con la función logit como unión entre las variables explicativas y la variable respuesta, i.e., la aparición de la cpue positiva es una variable aleatoria Bernouilli con probabilidad p dada por

$$\text{Log}(p/(1-p)) = Z\alpha + Z\beta,$$

o bien,

$$p = 1/(1 + \exp\{ X\alpha + Z\beta \}),$$

donde X es la matriz de los factores principales, α es el vector de parámetros de los factores principales, Z es la matriz de las interacciones, β es el vector de parámetros de las interacciones.

4.3.5.4 Selección del modelo

Se utilizó el paquete estadístico S-PLUS 4.5 en el tratamiento de los datos. La función “anova” proporciona una tabla donde se observa la contribución individual de cada uno de los términos. Se consideraron significativos las variables cuyo estadístico F tenía un valor P menor que 0.05. Debido a que el diseño de los datos no es equilibrado, ya que no existe un solapamiento temporal entre los distintos niveles de cada factor, las contribuciones dependen del orden de introducción de los factores en el modelo. Para obtener un resultado independiente de este orden, en el análisis de la varianza se examinó el error de tipo III. El paquete S-PLUS proporciona una opción para hacer los contrastes, añadiendo una matriz de combinaciones lineales entre los niveles de cada factor. Con la opción “tratamiento de contraste”, adecuada para los datos no equilibrados, cada coeficiente representa la comparación de cada nivel con el nivel 1 (omitiendo el nivel 1). Esto equivale a la restricción $\alpha_i = 0$ y facilita la interpretación de los coeficientes.

Otra aproximación que se empleó en la selección de variables fue la función “step”, que automatiza el procedimiento de selección, y que en función del AIC²⁵ decide entre añadir o quitar cada variable haciendo un balance entre la variabilidad que explica cada factor y el número de grados de libertad que introduce en el modelo. Hay que tener en cuenta que esta función tiende a ser generosa en añadir variables y más cautelosa a eliminarlas.

En ocasiones, los ajustes GLM no convergen al cabo de diez iteraciones y para ello existe la opción de ajustar un GLM robusto, donde se le asigna un peso menor a observaciones que puedan considerarse como datos extremos porque se desvíen mucho de la media.

²⁵ Akaike Information Criteria (Akaike, 1973).

Los cambios en el coeficiente de determinación, R^2 , se utilizaron también como una medida de la bondad de ajuste del modelo.

4.3.5.5 Resultados del modelo

En la Figura 73 podemos observar los histogramas de la cpue total observada, la cpue positiva y el logaritmo de la cpue positiva. Hay que destacar la fuerte asimetría en la distribución de la cpue total, con una proporción muy alta de ceros, lo que hace pensar en la existencia de dos poblaciones distintas, las capturas positivas y las capturas nulas.

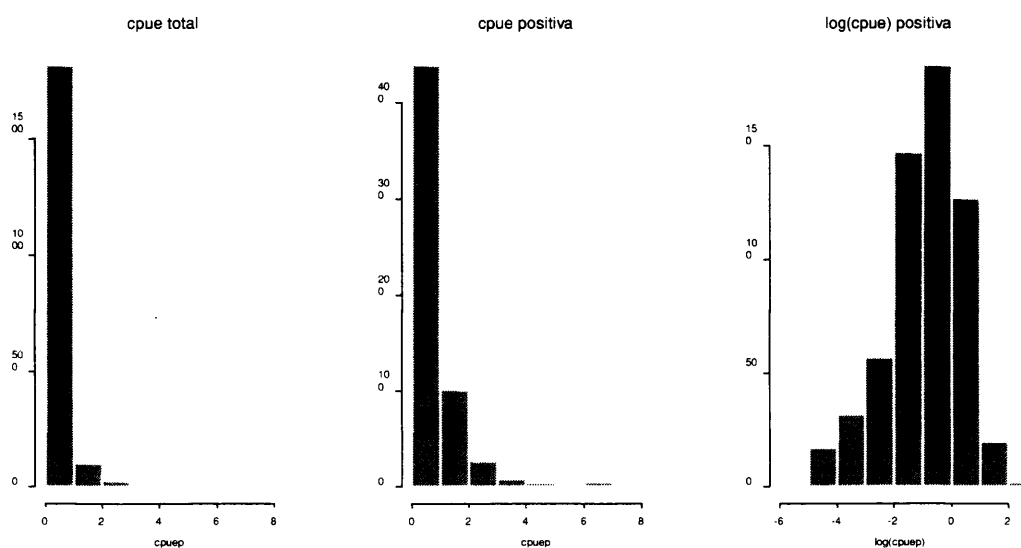


Figura 73.- Distribución de la cpue total, la cpue positiva y logaritmo de la cpue positiva.

La distribución de la cpue positiva también es muy asimétrica, con una cola pesada a la derecha, lo que significa que existen bastantes datos atípicos.

A través de la transformación logarítmica de la cpue positiva se consigue una distribución mucho más simétrica, que en cierto modo, se aproxima a la normalidad y facilita el planteamiento de un modelo lineal generalizado gaussiano para los datos positivos.

El detalle de los análisis para la selección de los modelos puede consultarse en el Anexo 2. La Tabla 33 presenta un resumen de los Modelos seleccionados para los GLM según las áreas seleccionadas.

Tabla 33.- Resumen de los Modelos seleccionados para los GLM Gaussianos (CPUE Positiva) y GLM Binomial (Proporción de CPUE Positiva).

AREA	CPUE POSITIVA (Log cpue)	PROPORCIÓN CPUE POSITIVA
N-W Seychelles	Año+Estación+Patrón+Velocidad+Sonar	Año+Estación
Mozambique	Año +P atrón + Red + Velocidad + Sonar + Radar + Log (Total Objetos+0,01)	Año+Red
S-E Seychelles	Año + Estación + Sonar + Radar + Log (Total Objetos+0,01) + Año/Estación	Año + Estación + Año/Estación

En cuanto a las observaciones positivas, el año y la estación aparecen siempre como variables de las más significativas, ya que en las especies de túnidos tropicales, el reclutamiento depende en gran medida de las condiciones oceanográficas anuales y estacionales. También hay que destacar que la captura total a objeto es importante y siempre aparece con un coeficiente negativo en todos los análisis, como era de esperar.

En la zona del N-W de Seychelles, se observa una gran diferencia en la cpue para los distintos niveles de sonar, aumentando los rendimientos a medida que mejora la técnica en este aparato. También se pueden ver diferencias significativas entre los patrones especialmente en la zona de Mozambique y es en esta zona además, donde la red tiene un efecto positivo sobre la cpue. El único factor que no aparece como significativo en ninguna de las zonas es el radar.

Con respecto a la proporción de positivos, los análisis no permiten ver un gran efecto de los aparatos, y solo encontramos significativos los factores dependientes de la abundancia año, estación y la interacción de estos dos.

En la figura de la cpue por zonas (Figura 74), observamos una imagen similar en el N-W de Seychelles y el S-E de Seychelles, sin una tendencia clara a lo largo del período de diez años. El año 88 es un año de altos rendimientos en ambas zonas y coincide con la introducción de los niveles 2 de sonar y radar. El año siguiente, sin embargo, es uno de los peores para ambas zonas y se vuelve a recuperar una tendencia creciente los tres años siguientes en el N-W y los dos siguientes en el S-E, para volver a sufrir una caída en la cpue de ambas zonas los años posteriores. La cpue en la zona de Mozambique se comporta de un modo distinto, ya que es la zona donde la pesca sobre objeto es más relevante. Además, hay menos observaciones, (Tabla 34), y solo se da en la estación 2, de Marzo a Junio.

El índice global ponderado podemos verlo gráficamente con los datos relativos al año 86 y tiene una trayectoria muy similar al de las zonas de Seychelles (Figura 74).

Observamos que, mientras el efecto de las variables relacionadas con la abundancia aparece claramente identificado en los distintos modelos, la significación de las variables explicativas de cambios en capturabilidad varían de un modelo a otro, dependiendo del número de observaciones y de la zona considerada, siendo los efectos, en algunos casos, contrarios a los esperados

Tabla 34.- Resultados de la CPUE en cada zona, número de observaciones en cada zona (N_i) y CPUE ponderada global.

AÑO	N/W Seychelles	N_2	Mozambiqu e	N_3	S/E Seychelles	N_4	CPUE Ponderada	CPUE Relativa
86	0.15	49	0.01	16	0.15	35	12.61	1.00
87	0.13	93	0.01	32	0.09	52	17.16	1.36
88	0.27	111	0.00	19	0.50	47	52.93	4.20
89	0.09	179	0.04	28	0.06	89	22.29	1.77
90	0.16	142	0.03	31	0.28	53	39.01	3.09
91	0.17	177	0.01	42	0.46	92	73.15	5.80
92	0.25	119	0.02	44	0.29	54	45.64	3.62
93	0.12	88	0.02	16	0.22	33	18.68	1.48
94	0.14	93	0.14	42	0.33	38	31.14	2.47
95	0.09	177	0.09	34	0.03	55	19.65	1.56

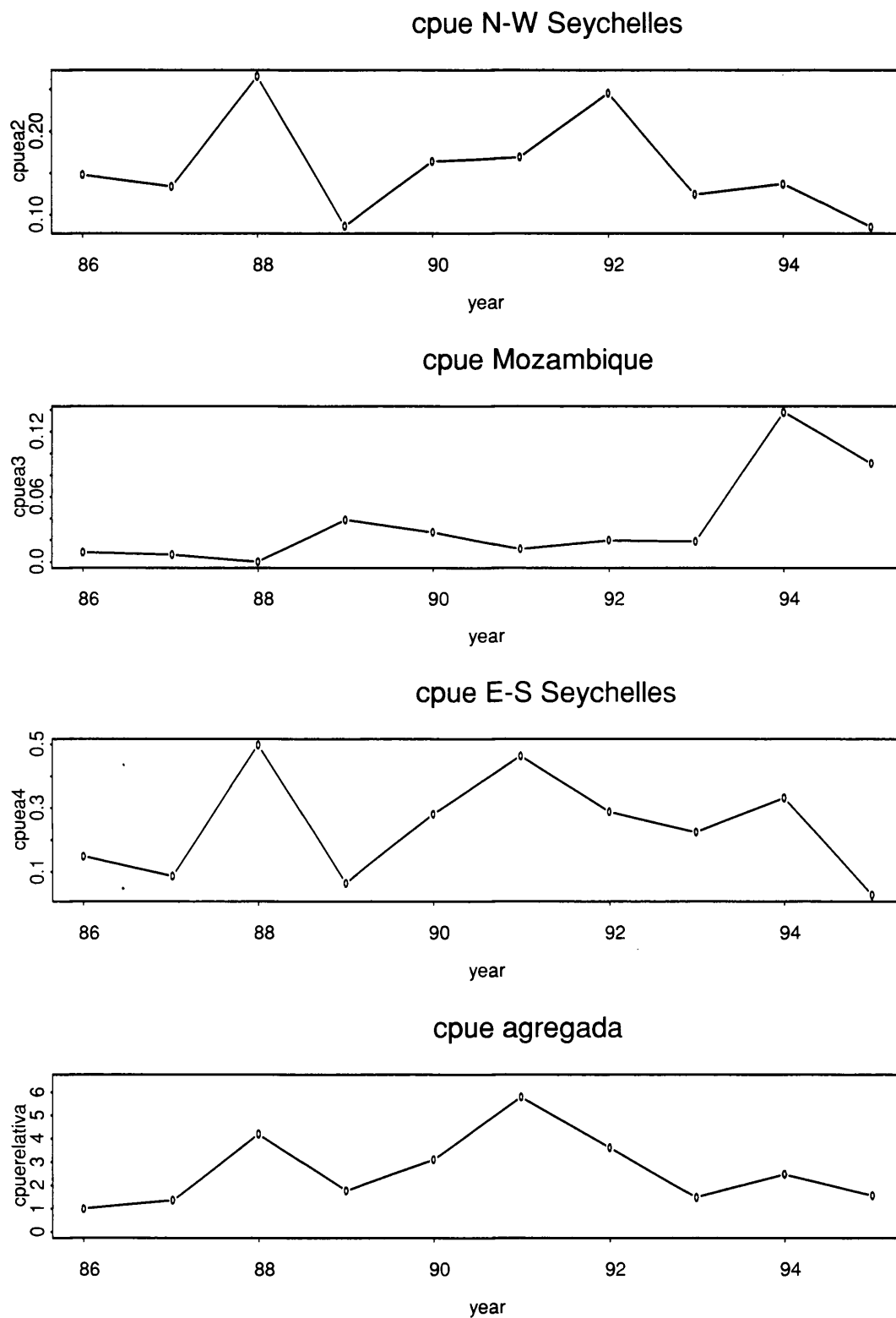


Figura 74. Cpue esperada media anual en cada zona y cpue media anual global agregada.

4.3.5.6 Discusión de los resultados del modelo

Si suponemos que la población de rabil del Océano Índico estaba sin explotar antes de la llegada de la flota de cerco Europea a este Océano, suposición que no es del todo válida porque como ya se ha mencionado en el capítulo 2.1.3. existían otros artes de pesca que explotaban esta especie, aunque de forma muy limitada, podríamos esperar que la los índices de abundancia fueran altos en los primeros años y a medida que aumenta la explotación fueran disminuyendo, tal y como explica Hilborn y Walters (1992) (Figura 75).

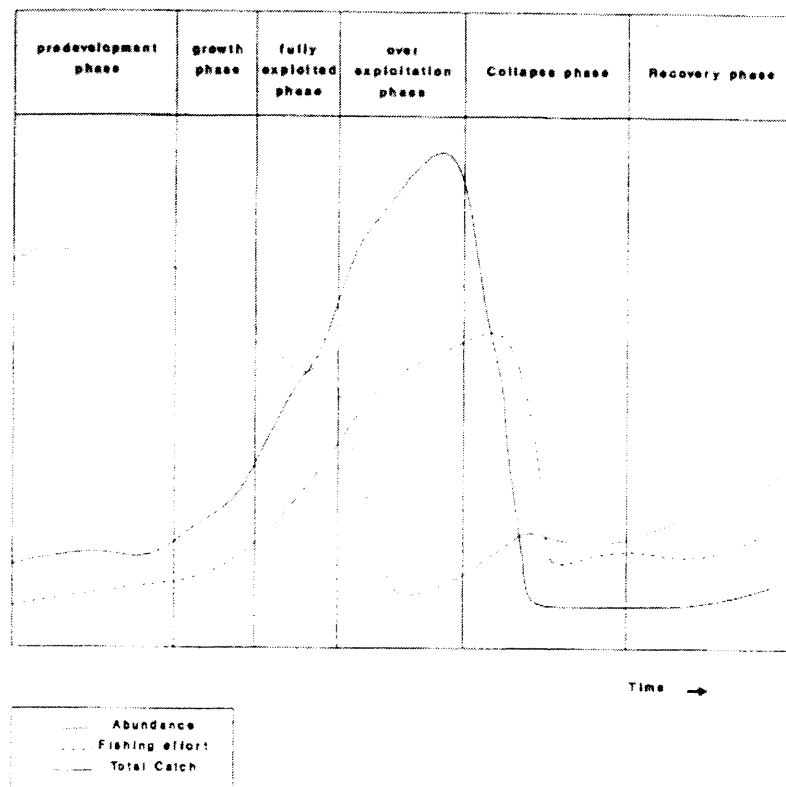


Figura 75.- Fases de desarrollo teórico de una pesquería sin control. Evolución de la Abundancia, Esfuerzo y captura total. Tomado de Hilborn y Walters (1992).

Ahora bien, la evolución de la cpue presentada en la Figura 74, no parece seguir este patrón teórico esperado para un índice de abundancia en una fase crecimiento de la pesquería, como es la de nuestro estudio. Ahora bien, también podría considerarse reflejo de la abundancia relativa del rabil adulto suponiendo, que en los primeros años de explotación a nivel industrial de la pesquería de cerco, no tenga efecto negativo en la abundancia de la especie, y por lo tanto, el índice obtenido muestre las variaciones de abundancia debidas a otros factores ligados al reclutamiento y las condiciones oceanográficas. Pero esto no podrá

contrastarse hasta que no se puedan introducir los factores ambientales en las evaluaciones de los índices de abundancia.

Las limitaciones de nuestro modelo no solo se limitan a este aspecto. Las estimaciones de esfuerzo en una pesquería multiespecífica, es decir tiempo de pesca, podrían mejorarse si se pudiera contar con estimaciones más precisas del tiempo de búsqueda, tal y como utilizaron Pella y Psaropulos (1975) y Greenblat (1976). La rápida introducción de los avances técnicos y de nuevos equipos de detección, no permiten tener periodos solapados en los que podamos comparar el efecto de los distintos equipos, tal y como sucede con el radar, que en dos años (1987 –1989) se introduce el radar de 60 Kw en toda la flota. También existe algún problema al tratar el tiempo en el que se explora una nueva zona de pesca por la flota de cerco, por lo que el proceso de aprendizaje de los patrones puede afectar mucho a sus rendimientos, ya que desde 1988 a 1994 no solo no se aumenta la captura por día de pesca de cada patrón (26 y 25 días de pesca respectivamente), si no que se reduce el el periodo intermedio (21-23 días de pesca). Además la concentración del análisis en las zonas de mayor abundancia de pesca, puede limitar significativamente la estimación de un índice de abundancia independiente.

4.3.6 Estimación de los cambios de capturabilidad

Históricamente se han desarrollado dos aproximaciones para describir las características de los artes de pesca (Gulland, 1964; Paloheimo y Dickie, 1964).

Siguiendo la descripción de Baranov (1918), el coeficiente de capturabilidad (q) se define como la proporción de individuos pescados en el área del stock (A) por el arte de pesca que barre un área (a) con una eficacia (c):

$$q = c * a / A$$

La aproximación empírica adoptada generalmente en dinámica de poblaciones (Caddy, 1977) es elegir una unidad de esfuerzo nominal de fácil medida, ajustarla al poder de pesca de las unidades de la flota para obtener una unidad de esfuerzo de pesca corregida.

La primera definición es interpretada por Laurec y Le Guen (1977) en función de la accesibilidad y la vulnerabilidad, a menudo difíciles de distinguir, como:

$$q = r * (a/A) * s$$

siendo r la proporción de animales accesibles, a el área afectada por el arte de pesca, A el área total y s la fracción capturada efectivamente. Ahora bien en el caso de que el área de pesca no sea perfectamente homogénea, un nuevo componente, la eficacia, interviene sobre la capturabilidad, ya que una misma unidad de esfuerzo tiene distintos efectos según la pesca se

haga en distintos momentos y zonas o la abundancia del recurso sea mayor o menor. Winters y Wheeler (1985), siguiendo la definición de capturabilidad de Holt *et al.* (1959) concluyen que la capturabilidad es inversamente proporcional al área ocupada por el stock (Paloheimo y Dickie, 1964; Pope y Garrod, 1975). Sin embargo ante la dificultad de establecer claramente la unidad de stock en nuestro caso de estudio, y por lo tanto de medir su área de distribución, consideraremos que este parámetro permanece constante e independiente de los cambios de densidad de población.

Por lo tanto, en nuestro estudio seguiremos la segunda aproximación mencionada por Caddy (1977) y trataremos de incorporar todas las variables que inciden sobre la capturabilidad, como son las características físicas del barco, del aparejo de pesca y del equipamiento electrónico de detección (Kimura, 1981). Este concepto también ha sido descrito de la misma forma pero con distinta nomenclatura: Gulland (1956) se refiere al *poder de pesca*, Paloheimo y Dickie (1964) a la *eficacia elemental de arte de pesca* y Hilborn (1985) al *poder de captura*. En cualquiera de los casos lo que estamos definiendo es el factor q de la ecuación básica de captura pesquera:

$$C = N * E * q$$

Es decir que la captura es proporcional a la abundancia (N) por el esfuerzo (E) y por el coeficiente de capturabilidad (q).

En el capítulo anterior hemos visto la dificultad que supone identificar los efectos de los factores relacionados con la capturabilidad en los procesos de estandarización de tasas de captura mediante GLM. Ello se debe, fundamentalmente, a la estructura y comportamiento de las flotas que hacen que la introducción de nuevos equipos se realice de forma casi simultánea, independientemente de la bandera o del armador. El resultado es que el solapamiento entre los diferentes equipos es escaso por lo que resulta difícil comparar los rendimientos de los distintos equipos y, en consecuencia, los análisis resultan muy desequilibrados.

Un problema añadido es el carácter altamente sensible que tiene la información relacionada con el equipamiento técnico de los barcos que hace que sea muy difícil de conseguir, que se consiga con desfases de varios años y nunca para la totalidad de la flota.

Una nueva aproximación es un análisis enfocado a la búsqueda de un modelo que permita calcular coeficientes para cada barco de manera que se pueda obtener una medida estandarizada del esfuerzo de toda la flota española de cerco del Océano Índico y está basado en la ecuación de Holling (Hilborn y Walters, 1992), que relaciona las características de un barco con la tasa de captura a través de la ecuación:

$$C = TpADc / (1 + hpAD)$$

donde, C es la tasa de captura en toneladas por horas de pesca totales para cada barco cada año, T es el tiempo total de pesca de cada barco al año, p es la probabilidad de que un barco realice un lance sobre un banco detectado, y que en este caso suponemos que es igual a 1, A es el área efectivamente barrida por hora de búsqueda:

$$A = s \cdot w \cdot 2 \text{ km}^2$$

donde s es la velocidad del barco en Km/h, y w la distancia de detección del barco, D es la densidad de peces en número de bancos por km^2 , y c la captura media por lance en toneladas. En esta ecuación, en el cálculo del área barrida, se ha utilizado la velocidad del barco y la distancia de detección, que para cada tipo de radar tiene un valor. Como estimador de la densidad se ha utilizado el número total de lances dividido por el área total prospectada. Utilizando un modelo GLM consideramos como variable explicativa el ratio C/T y como variables de respuesta barco y año (considerados como factores) y la proporción de la captura total sobre objeto. Este modelo nos permite estandarizar el esfuerzo en unidades de un barco tipo previamente seleccionado.

El modelo está aún en fase de elaboración y los resultados que se presentan deben considerarse como preliminares ya que conllevan una serie de asunciones, parte de las cuales no corresponden totalmente a la realidad. Sin embargo, creemos que la utilización de este índice como variable respuesta, podría suponer una vía alternativa para el análisis del incremento de la potencia de pesca global de la flota.

El planteamiento de un modelo GLM gaussiano para la modelización de este índice se ha realizado mediante una selección de las variables más significativas teniendo en cuenta varios criterios: el valor del estadístico AIC, la proporción de variabilidad explicada por el modelo, definida como (Desviación Nula – Desviación Residual)/ Desviación Nula, y los test de significación F y Chi-cuadrado.

El modelo inicial planteado fue el siguiente:

$$\text{índice} \sim \text{barco} + \text{año} + \text{proporción captura objeto}$$

Los resultados detallados de los análisis se pueden consultar en el Anexo 3.

Según el criterio Akaike (1973), seleccionaríamos como mejor modelo el segundo, donde se toma la variable año como numérica, pero no incluimos la interacción barco-año, ya que el número de parámetros que incorpora al modelo son 20 más, demasiados para el incremento en variabilidad explicada que obtenemos a cambio.

Una vez tomado este modelo como el definitivo, obtenemos los valores ajustados del índice, calculamos su promedio anual y su varianza cada año, y obtenemos el gráfico del índice anual, con los límites verticales dados por la varianza del índice (Figura 76)

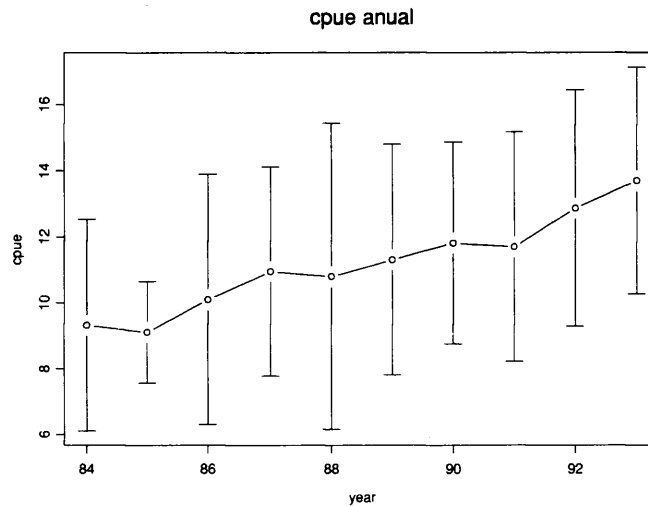


Figura 76. Índice de cpue ajustado para la flota de estudio desde 1984 hasta 1995. Marcado con círculos el el promedio anual y las barras marcan su varianza.

4.3.7 Discusión sobre las estimaciones de cambios de capturabilidad

Evidentemente las asunciones que el modelo conlleva, no permiten sacar conclusiones sobre los resultados. Sería necesario establecer criterios más elaborados que el mantenimiento de la densidad (D) constante para anular el componente de abundancia del efecto año. Igualmente sería interesante ensayar distintas opciones para la estimación de las distintas variables consideradas, en especial sería interesante ensayar series de valores para la probabilidad de que una vez avistado un banco se realice un lance (p).

Evidentemente estimando la capturabilidad individual por barco y estandarizando el esfuerzo en unidades de un barco tipo previamente seleccionado, no permite obtener una estimación de la cpue, que se aleja aún más de la curva teórica (Figura 75) de abundancia. Esta estimación podría reflejar más el aumento de capturabilidad de la flota, que se supone va aumentando progresivamente con los años, que la abundancia de la población. La variación desde 1984 hasta 1994 se cifra en 29% de aumento relativo, es decir próximo al 3% anual que estimaban Gascuel et al. (1993) y Reid et al. (2003) para el aumento de la capacidad de pesca de la flota cerquera en el Atlántico debido la mejora tecnológica.

Como ya hemos adelantado, estos modelos están en fase de experimentación y tienen las mismas limitaciones mencionadas en el modelo anterior.

Los apartados anteriores muestran la dificultad que supone obtener estimaciones de cambios en la capturabilidad dentro de los procesos de estandarización de índices. Esta información es importante ya que hasta ahora la falta de análisis hacía suponer que esta era la vía apropiada para el tratamiento de dichos cambios. Basándose, en parte, en estas informaciones, se están desarrollando métodos alternativos, como son los modelos estadísticos integrados (Maury, 1998; Maury, 2002; Mounder y Watters, 2003), que integran estandarizaciones de índices, estimación de capturabilidad, entre otros factores, dentro del proceso de evaluación. Para los océanos Atlántico e Índico se están desarrollando modelos de estas características tanto globales como estructurados por edades (Maury, 2002). Para la flota bajo estudio los primeros ensayos realizados daban tendencias que no eran del todo satisfactorias, por lo que se está recomendando que se hagan exámenes más detallados de la distribución de error en los análisis de GLM, así como investigar los índices de abundancia relativa y la inclusión de índices independientes potenciales alternativos (ICCAT, 2001). Este tipo de modelos resulta muy sugerente, por su flexibilidad, para la evaluación de los túnidos tropicales cuyas características hacen que difícilmente se ajusten a las condiciones de aplicabilidad de los modelos estructurados por edades al uso. No obstante, con frecuencia están sobreparametrizados y resultan muy inestables.

5 .- CONCLUSIONES

La evaluación de los recursos atuneros del Océano Índico requiere de una estimación fiable de los índices de abundancia relativa, basados en métodos indirectos de estimación. Estos métodos indirectos se basan en los datos de la pesquería que la flota española y francesa, principalmente, desarrollan en este Océano.

Las estimaciones de esfuerzo de la flota cerquera atunera que opera en el Océano Índico, utilizadas hasta ahora no tenían en consideración el incremento de capturabilidad de la flota a lo largo del tiempo, propiciado por la introducción de nueva tecnología y de mejoras en el arte de pesca.

En este estudio se han evaluado los distintos elementos que contribuyen a aumentar la capturabilidad de la flota española de cerco, considerando su efecto sobre el aumento de la eficacia del barco atunero.

Las principales conclusiones obtenidas son:

- A) Pese a la introducción de radares de pájaros con mayor alcance que la vista humana, la detección visual de los bancos sigue resultando fundamental para la decisión de largar el arte por parte del patrón.
- B) La introducción de sonares ha aumentado la capacidad de detección del barco pero sobretodo la probabilidad de obtener un lance positivo en aproximadamente un 15%.
- C) La pesca con objetos artificiales y la utilización de radio balizas, ha supuesto una verdadera revolución en la pesca atunera de cerco. En el presente estudio no se ha podido calibrar adecuadamente el efecto que este sistema de pesca tiene sobre el aumento de la capturabilidad de la flota de estudio, porque abarca solo hasta 1995 y la utilización masiva de objetos artificiales se inicia en 1994.
- D) El Monte submarino Alis es un centro de concentración de atunes bastante importante. Su explotación por distintos barcos, si bien puede dar una cierta ventaja para concentrar atunes desde que se instalaron los buques auxiliares permanentes en el Monte, el rendimiento total de los barcos que aprovechan las condiciones especiales del Monte Alis, no consiguen un rendimiento superior al promedio de la flota de estudio.
- E) El tamaño del barco es un factor limitante en los rendimientos de los barcos pequeños (hasta 600 t de capacidad). El resto de las categorías se diferencian ligeramente en el primer periodo de estudio (1986-1990), para igualarse a partir de 1991.
- F) La introducción de redes de mayor calado ha resultado en un aumento de la producción por lance a lo largo del periodo de estudio, dándose un aumento en la proporción de lances grandes (+ 50t).
- G) La duración del lance con respecto a la captura obtenida, presenta diferencias significativas entre lances según las especies y el tamaño del lance.
- H) La experiencia de la tripulación y en especial la del patrón, es un factor importante en el rendimiento de la pesquería, siendo en ciertos casos muy notable, pero su efecto sobre el aumento de capturabilidad es difícil de ponderar.

- I) La superficie explorada por la flota ha aumentado a lo largo del tiempo, del mismo modo que ha aumentado el rendimiento anual y la captura total, reflejo de la fase de desarrollo de la pesquería. La aparente relación entre superficie explotada y captura deberá validarse con series históricas más amplias.
- J) En la aplicación del modelo lineal generalizado para al estandarización del esfuerzo, el efecto de las variables relacionadas con la abundancia aparece claramente identificado en los distintos modelos, la significación de las variables explicativas de cambios en capturabilidad varían de un modelo a otro, dependiendo del número de observaciones y de la zona considerada, siendo los efectos, en algunos casos, contrarios a los esperados.
- K) Los requisitos de información necesarios para el estudio de la evolución de la capturabilidad son difíciles de recopilar y cuantificar, en especial los datos históricos de los factores que aumentan la eficacia de pesca, lo que hace difícil obtener estimaciones de cambios en la capturabilidad dentro de los procesos de estandarización de índices.
- L) La cantidad de factores que afectan a las estimaciones de esfuerzo de cerco atunero, hacen que el uso de GLM para la estandarización del esfuerzo sea complicado por la frecuente sobreparametrización de los modelos y la inestabilidad resultante.
- M) Las estimaciones de la capturabilidad individual por barco y la estandarización del esfuerzo en unidades de un barco tipo previamente seleccionado, no permite obtener una estimación de la cpue, pero podría reflejar el aumento de capturabilidad de la flota, que se supone va aumentando progresivamente con los años, y puede estimarse entorno al 3% anual.

6 ANEXOS

6.1 ANEXO 1: TABLAS DE CAPTURA Y ESFUERZO

Año	Mes	Captura (t)	Horas de Mar	Horas de Pesca
84	01			
84	02	52	72	39
84	03	1.397	2.907	1.983
84	04	700	3.051	1.665
84	05	2.726	5.873	3.596
84	06	200	4.557	2.520
84	07	1.337	4.853	2.698
84	08	1.025	5.498	3.262
84	09	2.296	5.624	3.409
84	10	3.793	5.689	3.728
84	11	6.439	12.052	8.873
84	12	1.923	10.985	7.156
85	01	5.841	30.019	25.523
85	02	2.870	13.470	9.590
85	03	5.540	18.001	13.084
85	04	3.416	13.421	9.973
85	05	2.709	10.297	7.395
85	06	2.848	8.871	6.172
85	07	1.120	5.041	3.180
85	08	1.856	4.987	2.856
85	09	5.176	6.846	4.476
85	10	7.761	9.286	6.094
85	11	2.389	8.314	4.909
85	12	4.278	15.841	11.144
86	01	6.280	19.506	15.481
86	02	3.907	15.483	12.050
86	03	2.766	11.887	8.218
86	04	3.355	14.370	10.292
86	05	2.759	17.608	14.113
86	06	4.045	11.343	7.649
86	07	3.471	15.127	12.468
86	08	5.155	8.908	5.912
86	09	6.352	8.548	5.345
86	10	5.503	9.476	6.151
86	11	2.734	9.494	6.849
86	12	3.467	12.039	7.346
87	01	3.259	14.002	9.798
87	02	3.130	16.258	13.032
87	03	4.441	19.318	15.497
87	04	6.606	16.198	12.872
87	05	3.190	12.611	9.768
87	06	3.484	11.265	7.607
87	07	7.116	15.409	12.774
87	08	5.075	10.863	7.144
87	09	6.239	11.872	7.952
87	10	8.130	21.753	17.193
87	11	7.339	26.308	21.644

ESTUDIO SOBRE LA PESCA DE TÚNIDOS Y EVALUACIÓN DE LA CAPTURABILIDAD DE LA FLOTA ESPAÑOLA DE CERCO EN EL OCEANO ÍNDICO OCCIDENTAL.

Año	Mes	Captura (t)	Horas de Mar	Horas de Pesca
87	12	7.306	24.833	19.505
88	01	7.349	15.023	11.896
88	02	5.790	18.635	15.633
88	03	4.121	11.215	8.564
88	04	5.048	13.702	10.037
88	05	6.971	15.400	11.694
88	06	9.486	21.855	18.024
88	07	6.359	14.248	10.159
88	08	10.489	20.786	15.662
88	09	12.773	13.338	9.238
88	10	13.399	15.270	10.691
88	11	8.991	28.920	24.252
88	12	11.149	25.043	21.047
89	01	7.832	25.056	20.453
89	02	11.003	29.861	24.241
89	03	16.640	45.894	40.675
89	04	12.925	34.255	29.428
89	05	5.164	19.812	14.746
89	06	8.709	25.277	19.364
89	07	6.289	22.234	16.696
89	08	7.417	15.810	10.204
89	09	12.519	24.519	17.858
89	10	14.222	21.788	15.510
89	11	7.451	18.678	12.025
89	12	5.160	22.846	16.191
90	01	5.771	20.360	13.858
90	02	10.287	24.339	18.807
90	03	11.523	21.986	15.943
90	04	10.667	16.617	11.860
90	05	4.548	16.474	10.676
90	06	6.234	14.238	9.242
90	07	9.070	16.183	10.834
90	08	8.883	14.584	8.960
90	09	13.743	17.200	11.327
90	10	14.832	24.223	17.663
90	11	4.976	12.952	8.318
90	12	13.636	18.608	12.870
91	01	9.753	14.899	9.848
91	02	12.722	13.106	9.388
91	03	11.720	17.641	12.089
91	04	5.856	16.853	11.833
91	05	8.971	18.725	13.206
91	06	8.469	16.513	11.148
91	07	7.817	17.867	12.541
91	08	7.831	14.153	8.376
91	09	10.140	14.827	9.191
91	10	15.203	18.248	13.161
91	11	7.461	13.248	8.275

ESTUDIO SOBRE LA PESCA DE TÚNIDOS Y EVALUACIÓN DE LA CAPTURABILIDAD DE LA FLOTA ESPAÑOLA DE CERCO EN EL OCEANO ÍNDICO OCCIDENTAL.

Año	Mes	Captura (t)	Horas de Mar	Horas de Pesca
91	12	6.285	18.857	12.996
92	01	5.354	22.084	16.902
92	02	7.563	17.989	13.196
92	03	9.138	26.208	21.309
92	04	10.945	23.034	18.560
92	05	5.382	14.262	9.341
92	06	4.113	16.111	10.698
92	07	13.258	25.838	20.540
92	08	10.051	16.798	11.386
92	09	13.528	15.043	9.529
92	10	18.467	19.139	13.563
92	11	7.026	18.135	12.872
92	12	4.203	23.354	18.303
93	01	7.958	22.703	15.936
93	02	6.865	17.174	11.734
93	03	11.865	25.159	19.486
93	04	9.066	17.472	12.221
93	05	7.130	14.975	9.871
93	06	7.854	16.041	9.922
93	07	8.550	18.219	11.575
93	08	11.168	19.442	12.358
93	09	13.966	18.713	11.752
93	10	17.796	22.612	15.710
93	11	7.713	17.920	12.077
93	12	17.779	25.453	19.423
94	01	15.937	18.536	13.063
94	02	13.179	22.635	17.543
94	03	13.021	21.640	16.254
94	04	11.778	24.115	18.457
94	05	13.446	28.912	23.331
94	06	7.779	28.113	22.404
94	07	8.634	22.289	15.504
94	08	13.326	23.534	16.430
94	09	15.423	18.213	11.476
94	10	22.233	21.619	14.777
94	11	10.776	21.085	14.972
94	12	10.167	30.062	22.519
95	01	12.423	30.949	23.188
95	02	13.425	21.466	14.586
95	03	14.028	22.530	15.741
95	04	11.756	24.607	18.628
95	05	9.933	25.879	19.780
95	06	12.594	22.664	16.793
95	07	18.003	23.537	17.117
95	08	13.633	17.248	10.378
95	09	16.124	24.439	16.831
95	10	20.911	22.907	15.962
95	11	12.191	20.943	14.010
95	12	17.523	25.297	17.709

6.2 ANEXO 2: RESULTADOS ANOVA GLM GAUSSIANO

En las tablas 33 a 38 se muestran los resultados del anova para los GLM gaussianos de la distribución de positivos y binomial para la proporción de positivos en cada una de las tres zonas.

Tabla 35.- Modelo seleccionado y test tipo III para el GLM gaussiano para la CPUE positiva en el área 2.

$$\text{Log (CPUE)} = \text{AÑO} + \text{ESTACIÓN} + \text{PATRÓN} + \text{VELOCIDAD} + \text{SONAR}$$

	GL ¹	Suma Cuadrados	Media Cuadrados	Valor F	P (F)
AÑO	9	26,6155	2,90617	3,19776	0,00105392
ESTACIÓN	3	9,2561	3,08536	3,39493	0,01837287
PATRÓN	19	30,8485	1,62360	1,78651	0,02402464
VELOCIDAD	5	10,0482	2,00964	2,21128	0,05334697
SONAR	2	13,0107	6,50533	7,15806	0,00092817
Log (TOTALOBJ + 0,01)	1	35,6545	35,65452	39,23202	0,00000000
RESIDUOS	282	256,2849	0,90881		

Desviación nula: 493,9918 con 321 grados de libertad.

Desviación de los residuos: 310,121 con 282 grados de libertad.

Tabla 36.- Modelo seleccionado y tests Tipo III para el GLM binomial para la proporción de CPUE positiva en área 2.

$$\text{Proporción de CPUE positiva} = \text{AÑO} + \text{ESTACIÓN}$$

	GL	Suma Cuadrados	Media Cuadrados	Valor F	P(F)
AÑO	9	18,5118	2,05686	1,83474	0,06046001
ESTACIÓN	3	50,4732	16,82440	15,00751	0,00000000
RESIDUOS	400	448,4262	1,12107		

Desviación nula: 606,1353 con 412 grados de libertad.

Desviación de los residuos: 515,1864 con 400 grados de libertad.

Tabla 37.- Modelo seleccionado y tests Tipo III para el GLM gaussiano para la CPUE positiva en área 3.

$$\text{Log (CPUE)} = \text{AÑO} + \text{PATRÓN} + \text{RED} + \text{VELOCIDAD} + \text{SONAR} + \text{RADAR} + \text{Log (TOTALOBJ+0,01)}$$

	GL	Suma Cuadrados	Media Cuadrados	Valor F	P (F)
AÑO	8	14,82114	1,85264	4,50698	0,00235552
PATRÓN	15	30,39168	2,02611	4,92898	0,00040288
RED	2	3,23022	1,61511	3,92913	0,03474889
VELOCIDAD	3	7,80946	2,60315	6,33277	0,00292677
Log(TOTALOBJ + 0,01)	1	12,76466	12,76466	31,05296	0,00001333
RESIDUOS	22	9,04334	0,41106		

Desviación nula: 88,02356 con 51 grados de libertad.

¹ Grados de Libertad

Desviación de los residuos: 12,35569 con 22 grados de libertad.

Tabla 38.- Modelo seleccionado y tests Tipo III para el GLM binomial para la proporción de CPUE positiva en área 3.

Proporción de CPUE positiva = AÑO + RED

	GL	Suma Cuadrados	Media Cuadrados	Valor F	P (F)
AÑO	9	26,26223	2,918025	3,177186	0,0025151
RED	2	3,97148	1,985742	2,162104	0,1218451
SONAR	2	1,36613	0,683064	0,743729	0,4786362
RADAR	2	1,89024	0,945118	1,029057	0,3620833
RESIDUOS	79	72,55602	0,918431		

Desviación nula: 134,814 con 94 grados de libertad.

Desviación de los residuos: 83,8209 con 79 grados de libertad.

Tabla 39.- Modelo seleccionado y test tipo III para el GLM gaussiano para la CPUE positiva en el área 4.

Log (CPUE) = AÑO + ESTACIÓN + SONAR + RADAR + Log (TOTALOBJ + 0,01) + AÑO/ESTACIÓN

	GL	Suma Cuadrados	Media Cuadrados	Valor F	P (F)
AÑO	9	67,7813	7,531253	10,16107	0,0000000
ESTACIÓN	3	28,2472	9,425750	12,70360	0,0000001
SONAR	2	0,8993	0,449661	0,60668	0,5462642
RADAR	2	3,1138	1,556918	2,10057	0,1253599
Log (TOTALOBJ + 0,01)	1	1,4974	1,497395	2,02027	0,1569327
AÑO/ESTACIÓN	15	44,7875	2,985837	4,02845	0,0000027
RESIDUOS	181	134,1549	0,741187		

Desviación nula: 370,6122 con 213 grados de libertad.

Desviación de los residuos: 168,2984 con 181 grados de libertad.

Tabla 40.- Modelo seleccionado y tests Tipo III para el GLM binomial para la proporción de CPUE positiva en área 4.

Proporción de CPUE positiva = AÑO + ESTACIÓN + AÑO/ESTACIÓN

	GL	Suma Cuadrados	Media Cuadrados	Valor F	P (F)
AÑO	9	27,0143	3,00159	3,65841	0,00026851
ESTACIÓN	3	39,4138	13,13794	16,01284	0,00000000
AÑO/ESTACIÓN	27	36,8019	1,36303	1,66130	0,02518658
RESIDUOS	232	190,3474	0,82046		

Desviación nula: 482,8845 con 271 grados de libertad.

Desviación de los residuos: 219,5806 con 232 grados de libertad.

En las figuras 70 a 72 vemos los gráficos de los residuos frente a las variables ajustadas, las variables observadas frente a las ajustadas y q-q plots de los modelos gaussianos aplicados en cada una de las tres zonas de estudio.

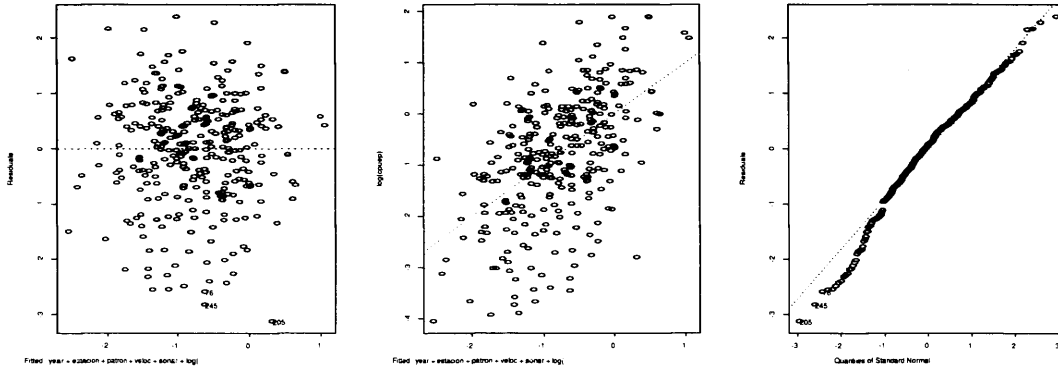


Figura 77. Gráficos de residuos del GLM gaussiano seleccionado para los datos positivos en el área 2 (Residuos vs. ajustados, variable dependiente (log(CPUE)) vs. ajustados y q-q plot).

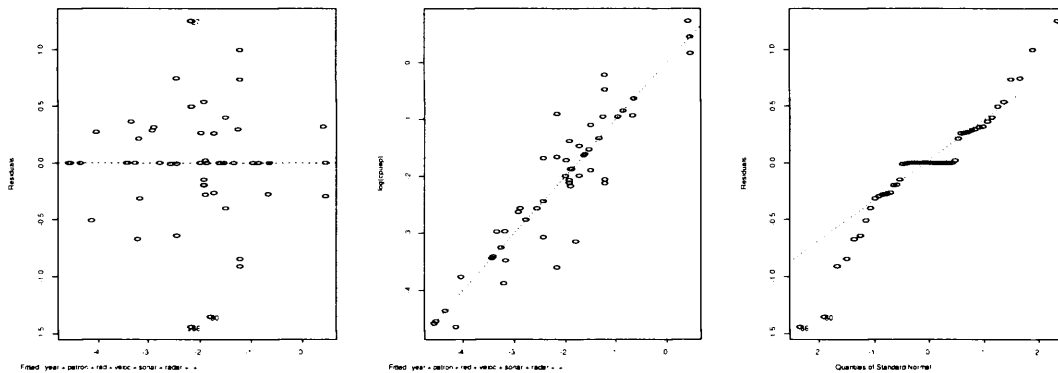


Figura 78. Gráficos de residuos del GLM gaussiano seleccionado para los datos positivos en el área 3 (Residuos vs. ajustados, variable dependiente (log(CPUE)) vs. ajustados y q-q plot).

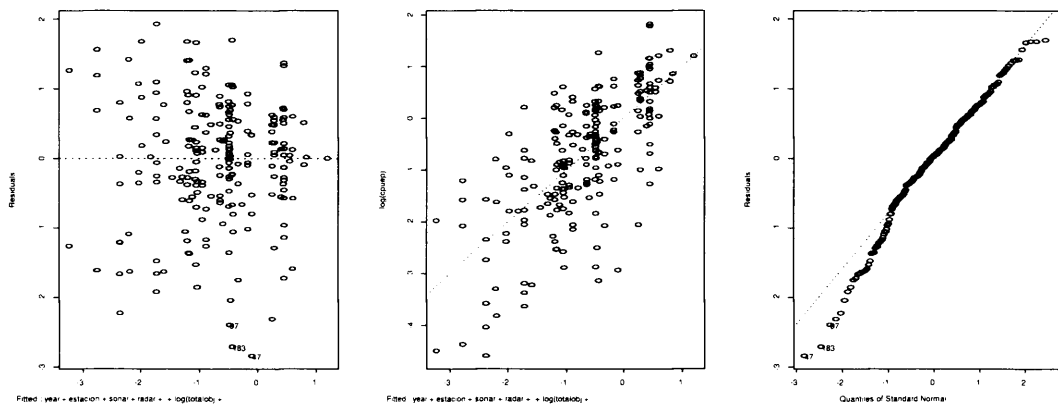


Figura 79.- Gráficos de residuos del GLM gaussiano seleccionado para los datos positivos en el área 4 (Residuos vs. ajustados, variable dependiente (log(CPUE)) vs. ajustados y q-q plot).

6.3 ANEXO 3: SALIDAS S-PLUS TEST F y CHI

Las salidas de S-plus para este modelo de los test F y Chi son las siguientes:

```
glm1inpot2_glm(formula = indicekmh ~ barco + year + propobj, family = robust
(gaussian), data = inpot2, contrasts=list(year=contr.treatment, barco =contr.treatment),
na.action = na.exclude, control = list(epsilon = 0.0001, maxit = 50, trace = F))
```

Los coeficientes obtenidos es este modelo son los siguientes:

Intercept	barco11	barco12	barco13
6,400928	-2,131866	-3,202664	-2,151709
barco14	barco16	barco17	barco18
-1,269859	-2,636234	2,297917	-0,3330357
barco19	barco2	barco21	Barco22
-0,9832668	1,456556	0,7689689	0,6802061
barco23	barco24	barco25	Barco3
0,9940363	-0,7470184	-2,700487	-1,470648
Barco5	Barco6	barco7	barco8
0,225544	-0,6133949	1,393174	-3,984492
Barco9	year85	year86	year87
2,574835	1,051524	3,019781	2,509259
year88	year89	year90	year91
4,073868	3,551317	2,997488	4,380986
year92	year93	Propobj	
4,720739	4,868058	3,271591	

La tendencia global de los coeficientes del factor año es más o menos creciente, si suponemos que la abundancia se mantiene de un año a otro, podríamos incorporar la variable año no como un factor, sino como una variable numérica de la que buscamos un único coeficiente, cuyo valor se interpretará como el incremento que experimentará el índice cuando pasa un año.

```
glm1inpot2.sum_summary.aov(glm1inpot2, sstype=3)glm1inpot2.sum
```

	GL	Suma Cuadrados	Media Cuadrados	Valor F
BARCO	20	402,1839	20,10920	3,743836
AÑO	9	213,6763	23,74182	4,420140
PROPOBJ	1	41,3310	41,33097	7,694806
RESIDUOS	106	569,3559	5,37128	

	P(F)
BARCO	0,000004698
AÑO	0,000063190
PROPOBJ	0,006545698
RESIDUOS	

Los p-valores son todos pequeños, por lo que todas las variables son significativas.

glm1inpot2.aov_anova(glm1inpot2,test="Chi")glm1inpot2.aov

Términos añadidos secuencialmente (del primero al último)

	GL	Desviación Residuos	GL Residuos	Desviación
NULO			136	1.499,702
BARCO	20	528,7217	116	970,980
AÑO	9	237,6100	107	733,370
PROPOBJ	1	43,5858	106	689,784

	P(Chi)
NULO	
BARCO	0,000000e+000
AÑO	0,000000e+000
PROPOBJ	4,057643e-011

Los p-valores son todos pequeños, por lo que todas las variables son significativas. Por tanto la proporción de variabilidad explicada es $(1499.702-689.784)/1499.702 = 0.5400526$, es decir un 54%.

Probamos con el segundo modelo, que será exactamente igual que el primero, pero con la variable año numérica. Las salidas de S-Plus son las siguientes:

```
glm3inpot2_glm(formula = indicekmh ~ barco + yearnum + propobj, family =
robust(gaussian), data = inpot2, contrasts = list(barco = contr.treatment), na.action =
na.exclude, control = list(epsilon = 0.0001, maxit = 50, trace = F))
glm3inpot2.sum_summary.aov(glm3inpot1,sstype=3) glm3inpot2.sum
```

	GL	Suma Cuadrados	Media Cuadrados	Valor F
BARCO	20	398,1792	19,9090	3,92117
AÑO-NUM	1	157,1372	157,1372	30,94892
PROPOBJ	1	51,2147	51,2147	10,08698
RESIDUOS	114	578,8129	5,0773	

	P(F)
BARCO	0,000001613
AÑO-NUM	0,000000178
PROPOBJ	0,001921121
RESIDUOS	

Los p-valores son todos pequeños, por lo que todas las variables son significativas.

glm3inpot2.step_step(glm3inpot2,trace=F)

Los coeficientes obtenidos es este modelo son los siguientes:

Intercept	barco11	barco12	barco13
-29,90828	-2,344684	-3,003013	-2,298562
barco14	barco16	barco17	barco18
-1,516686	-2,520332	2,126203	-0,2716874
barco19	barco2	barco21	Barco22
-1,103811	1,408363	0,8290405	0,5617286
barco23	barco24	barco25	Barco3
0,7986366	-0,9600136	-2,689456	-1,289347
Barco5	Barco6	barco7	barco8
0,2729232	-0,5977922	1,282043	-3,777777
Barco9	Year-num	Propobj	
2,834467	0,4453861	3,29164	

Ahora la variable año nos da un único coeficiente positivo, lo que indica que el índice tiene una tendencia creciente con el año. Además, es más significativo su efecto tomándolo como variable numérica que como un factor.

glm3inpot2.aov_anova(glm3inpot2,test="Chi") glm3inpot2.aov

Términos añadidos secuencialmente (del primero al último)

	GL	Desviación Residuos	GL Residuos	Desviación Residuos	P(Chi)
NULO				136	
BARCO	20	528,7217	116	970,980	0
AÑO-NUM	1	178,8024	115	792,178	0
PROPOBJ	1	73,9757	114	718,202	0

Los p-valores son todos pequeños, por lo que todas las variables son significativas.

Por tanto la proporción de variabilidad explicada es:

$$(1499.702-718.202)/1499.702 = 0.5211035$$

es decir, un 52%.

Finalmente, puesto que la diferencia en la variabilidad explicada entre los dos modelos no es importante, es preferible elegir la variable año como numérica, ya que hace que el modelo sea más sencillo.

El siguiente paso es incluir una interacción año-barco en el modelo, para ver si tiene sentido que el índice tome unos valores mayores en determinados años para todos los barcos, o bien los valores son independientes. Se realiza un gráfico de la interacción, que es muy poco ilustrativo, dada la gran cantidad de barcos que hay, por lo que no podemos decidir si la interacción es o no significativa de esta forma.

La salida de S-Plus para este modelo es la siguiente:

```
glm4inpot2_glm(formula = indicekmh ~ barco + yearnum + propobj + barco:yearnum,
family = robust(gaussian), data = inpot2, contrasts = list(barco = contr.treatment), na.action =
na.exclude, control = list(epsilon = 0.0001, maxit = 50, trace = F))
glm4inpot2.sum_summary.aov(glm4inpot2,sstype=3)
glm4inpot2.sum
```

	GL	Suma Cuadrados	Media Cuadrados	Valor F
BARCO	20	402,1995	20,1100	4,27903
AÑO-NUM	1	159,0023	159,0023	33,83274
PROPOBJ	1	53,2725	53,2725	11,33539
BARCO-AÑO-NUM	20	212,1213	10,6061	2,25677
RESIDUOS	94	441,7679	4,6997	

	P(F)
BARCO	0,000000735
AÑO-NUM	0,000000082
PROPOBJ	0,001103029
BARCO-AÑO-NUM	0,004693645

Los p-valores son todos pequeños, por lo que todas las variables, incluida la interacción, son significativas.

```
glm4inpot2.aov_anova(glm4inpot2,test="Chi") glm4inpot2.aov
```

Términos añadidos secuencialmente (del primero al último)

	GL	Desviación Residuos	GL Residuos	Desviación
NULO			136	1.499,702
BARCO	20	528,7217	116	970,980
AÑO-NUM	1	178,8024	115	792,178
PROPOBJ	1	73,9757	114	718,202
BARCO-AÑO-NUM	20	179,9593	94	538,243

	P(Chi)
NULO	
BARCO	0,000000e+000
AÑO-NUM	0,000000e+000
PROPOBJ	0,000000e+000
BARCO-AÑO-NUM	0,000000e+000

Los p-valores son todos pequeños, por lo que todas las variables, incluida la interacción, son significativas.

La proporción de variabilidad explicada es:

$$(1499.702-538.243)/1499.702 = 0.6411$$

es decir un 64 %

Finalmente, para decidir entre los tres modelos aplicamos el criterio Akaike (1973). El que obtiene un valor menor de este estadístico es el modelo mejor, en el sentido de que es el modelo más sencillo posible que tiene una mayor variabilidad explicada.

AIC(glm1inpot2,glm3inpot2, glm4inpot2)

	GL	AIC
glm1inpot2	32	644,4731
glm3inpot2	24	630,0828
glm4inpot2	44	630,7801

7 BIBLIOGRAFÍA

Abrahams, M.V. y Healey, M.C., 1990. Variation in the competitive abilities of fishermen and its influence on the spatial distribution of the British Columbia salmon troll fleet. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 47: 1116-1121.

Adam, M.S. y Anderson, C., 1995. Skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the Maldives. IPTP Collective Volume of Working Documents, 6th Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo, Sri Lanka, 25-29 September 1995. Volume 9: 232-238.

Akaike, H. 1973. "Information theory and extension of the maximum likelihood". Second international Symposium on Information theory, Akademiai kiadó. Budapest: 123-145.

Allen, P.M. y McGlade, J.M., 1986. Dynamics of discovery and exploitation : the case of the scotian shelf groundfish fisheries. *Can. J. Fish. Aquatic Sci.*, 43 (6) : 1187-1200.

Allen, R. y Punsly, R., 1984. Catch rates as indices of abundance of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the Eastern Pacific Ocean. La Jolla-Ca USA, ICCAT, Bull., 18(4), 77 p.

Anderson, R.C., 1988. Growth and migration of juvenile yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Central Indian Ocean. Indo-Pacific Tuna Programme, Coll. Vol. Work. Docs 3: 28-39.

Anderson, R.C., Hafiz, A. y Adam, S., 1995. Review of the Maldivian tuna fishery. IPTP Collective Volume of Working Documents, 6th Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo, Sri Lanka, 25-29 September 1995. Volume 9: 27-30.

Anderson, C., Adam, M.S. y Waheed, A., 1995. Tuna tagging activities in the Maldives, 1993 - 1995. IPTP Collective Volume of Working Documents, 6th Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo, Sri Lanka, 25-29 September 1995. Volume 9: 317-333.

Anderson, R. C. y Waheed, A., 1990. Exploratory fishing for large pelagic species in the Maldives. Bay of Bengal Programme, Madras. BOBP/REP/46: 44pp.

Anónimo, 1992. Report of the working group meeting of longline fishery for stock assessment of yellowfin tuna in the Indian Ocean. 24 - 28 June, 1991. Shimizu, Japan.

Anónimo, 1995. Report of the Expert Consultation on Indian Ocean tunas, 6th Session, Colombo, Sri Lanka, 25-29 September 1995: 67 pp.

Anónimo, 1996. Indian Ocean Tuna Fisheries Data Summary, 1984-1994, IPTP Data Summary nº 16: 146pp.

Anónimo, 2000. Informe de la Sesión ICCAT de evaluación de stocks de Listado (Funchal, Madeira, 28 junio-2 julio 1999). ICCAT Col. Doc. Cient., 51: 132-200.

Argue, A.W., Kleiber, P., Kearney, R.E. y Sibert, J.R., 1986. Evaluation of Methods used by the South Pacific Commission for Identification of Skipjack population Structure. P. 242-251, 1986.

Ariz, J., Delgado, A., Pallarés, P. y Santana, J.C., 1989. Nota sobre la colocación de marcas en túnidos, capturados por atuneros comerciales, para conocer la tasa de recuperación de las mismas en el Atlántico intertropical. Col. Doc. Cient. ICCAT VOL. XXXVI: 109-157.

Ariz, J., Delgado, A., Fonteneau, A., Gonzalez, F. y Pallarés, P., 1992. Logs and tunas in the Eastern tropical Atlantic. A review of present knowledges and uncertainties. ICCAT Col. Vol. of Working Doc., Vol. XL (2) - SCRS/92/29: 421-446.

Ariz, J., Pallarés, P., Delgado, A., Santana, J.C., 1991. Análisis de los datos obtenidos en campañas de observadores en el Atlántico intertropical durante el programa del año del rabil. ICCAT Col. Doc. Cient., Informe del Prog. Año del Rabil, Vol. XXVI: 109 - 157.

Armstrong, W.A. y Oliver, C.W., 1996. Recent use of fish aggregating devices in the Eastern Tropical Pacific tuna purse-seine fishery: 1990-1994. NMFS, Southwest Fisheries Science Center, Administrative Report LJ-96-02: 47 pp.

Bailey, R. M. y Smith, G. R., 1981. Origin and geography of the fish fauna of the Laurentian Great Lakes Basin. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38: 1539-1561.

Ballance, L.T., Pitma, R. L., Reilly, S. B. y Force, M. P., 1996. Report of a cetacean, seabird, marine turtle and flying fish survey of the Western Tropical Indian Ocean aboard the research vessel *Malcolm Baldrige*. NOAA Tech. Mem., NMFS-SWFSC-224: 132 pp.

Baranov, J.I., 1918. On the question of the biological basis of fisheries. Proceedings of the Institute of Ichthyological Investigation : 81-128.

Bard, F.X., Stretta, J.M., y Slepouka, M., 1985. Les épaves artificielles comme auxiliares de la pêche thonière en Océan Atlantique; Quel avenir? La Pêche Maritime nº 1291: 655-659.

Baudry, N., Petit, M. y Dagorn, L., 1994. Halieutique et inventaire satellitaire des hauts-fonds. Rapport Scientifique du Projet Thonier Regional, Phase II. La reunion, 1994: 39pp.

Bertignac, M., 1993a. Preliminary assessment of interactions between Indian Ocean yellowfin tuna fisheries. IPTP Collective Volume of Working Documents, 5th Expert

Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Mahé, Seychelles, 4-8 October, 1993: 209-211.

Bertignac, M., 1993b. Analysis of skipjack (*Katsuwonus pelamis*) tagging data in the Maldive Islands using a spatial tag attrition model. IPTP Collective Volume of Working Documents, 5th Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Mahé, Seychelles, 4-8 October, 1993: 231-238.

Besednov, L.V., 1960. Some data on fish assemblages of the Pacific flotsam. Traducción inglesa de In-ta Okeanol. , vol. 41: 192-197.

Beverton, R.J.H. and Holt, S.J., 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fishery Invest., London Ser. 2, 19: 533 pp.

Booke, H. E., 1981. The conundrum of the stock concept - are nature and nurture definable in fisheries science?. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38: 1479-1480.

Bowditch, N. 1966. American practical navigator. Hydrographic Office, Washington D.C. 1.524 p.

Breder, Jr., C.M., 1959. Studies on social groupings in fishes. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., 117(6): 397-481.

Broadhead, G.C. y Orange, C.J., 1960. Species and size relationships with schools of yellowfin and skipjack tuna, as indicated by catches in the eastern tropical Pacific Ocean. Bull. IATTC, 4 (7): 449-492.

Brock, V.E., 1954. Some aspects of the biology of the aku, *Katsuwonus pelamis*, in the Hawaiian Islands. Pacific Science, 8 (1): 94-104.

Butler; M.J.A., Leblanc, C., Belbin, J.A. y Macneill J.L., 1990. Cartografía de recursos marinos: un manual de introducción. FAO, Documentación técnica de pesca N 284, 281 pp.

Caddy, J.F., 1977. Some considerations underlying definitions of catchability and fishing effort in shellfish fisheries, and their relevance for stock assessment purposes. ICES Shellfish and Benthos Committee, C.M. 1977/K:18: 1-22.

Cayrè, P., Diouf, T., Fonteneau, A. y Santa-rita vieira, M.H., 1986. Analyse des Données de Marquages et Recaptures de Listado (*Katsuwonus pelamis*) réalisés par le Sénégal et la République du Cap-Vert. Actas de la Conf. ICCAT sobre el Prog. del Año Internac. del Listado: 309-316 p.

Cayré, P. y Ramcharrun, B., 1991. Results of the tagging operations conducted within the regional tuna project (Indian Ocean Commission in 1988 and 1989). IPTP Collective Volume of Working Documents, 4th Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Bangkok, 2 - 6 July 1990 Volume 4: 261-265.

Cramer, J. and M. Ortiz, 2001. Standardized catch rates for yellowfin (*Thunnus albacares*) from the U.S. longline fleet through 1999. Col. Doc. Cient., ICCAT, vol. 52: 202-214.

CIAT, 1992. International Workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects and on assessment issues arising from the association of tuna with floating objects.

CIAT, 1994. Informe Anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1994: 296pp.

CIAT, 1997. Informe Anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1997: 310pp.

CIAT, 1998. Informe Anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1998: 306pp.

CIAT, 1999. Proceedings of the International Workshop on the Ecology and Fisheries for tunas associated with floating objects (La Jolla, 11-13 February, 1992), IATTC Special Report 11: 480 pp.

CICAA, 1998. TUNSTAT for ICCAT time series, edited by C. Stomatopolus, FIDI, FAO. Release 5096/97, April 1998.

Collette, B.B. y Nauen, C.E., 1983. FAO Species catalogue. Vol. 2. Scombrids of the world. FAO Fish. Synop., (125) Vol. 2: 137pp.

Conser, R.J., 1985. An examination of the Honma method and its capability in developing indices of abundance for Western Atlantic bluefin tuna. ICCAT Coll. Vol. Sci. Papers, XXII: 107-126.

Cort, J.L., 1983. Informe de la campaña de prospección de túnidos efectuada por cañeros españoles en Seychelles (julio 1981 - marzo 1982). Inf. Tec. IEO nº 4, 66 pp.

Cort, J.L., 1985. Data on tuna fishing by Spanish vessels in the Western Indian Ocean. IPTP Collective Volume of Working Documents, 1st Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo 28 Nov. - 2 Dec. 1985. Volume 1:165-174.

Cove, J.J., 1972. Journal Fisheries Research Board (Canada): 30(1972):249-259.

CTOI, 1998. Indian Ocean Tuna Fisheries Data Summary, 1986-1996, nº18: 180 pp.

CTOI, 1998a. Report of the Seventh Expert Consultation on Indian Ocean Tunas. Mahé, Seychelles, 9-14 November 1998.

Cueva Sanz, M.S., 1987. Artes y aparejos. Tecnología pesquera. Secretaría General de Pesca Marítima. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. 266 pp.

Dagorn, L., Petit, M., Hallier, J-P., Cayré, P., y Simier, M., 1993. Does tuna schools depend on fish size? IPTP Collective Volume of Working Documents, 5th Expert

Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Mahé, Seychelles, 4-8 October, 1993: 183-187.

Damant, G.C.C., 1921. Illumination of plankton. *Nature* (London) 108: 42-43.

Dayaratne, P. y Maldeniya, R., 1991. Present status of the yellowfin tuna fisheries in Sri Lanka. IPTP Collective Volume of Working Documents, Workshop on stock assessment of yellowfin tuna in the Indian Ocean, 7 - 12 October, 1991. Colombo, Sri Lanka: 88-98.

De Jesús, A.S., 1982. Tuna fishing gear of the Philippines. Indo Pacific Tuna Programme, Working Paper 2: 47 pp.

Demidov, V.F., Romanov, E.V., 1988. Review of tuna Fishing in the Indian Ocean and the main results of Soviet investigation of tunas. IPTP Collective Volume of Working Documents, 3rd Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Mauritius, 22-27 June 1988. Volume 3: 349-355.

Dufour, O., 1995. ORSTHON 1 & 2, User's Guide, V 2.0. ORSTOM Representation in Seychelles. 62 pp & 92 pp.

Duntley, S.Q., et al., 1964. Visibility. Applied optics 3 (5): 550-598.

Edwards, E.F., Oliver, C.W. y Sisson, J.E., 1995. 2nd Dolphin-Safe Research planning workshop: (March 14-17, 1994). Report and Recommendations. NMFS, Southwest Fisheries Science Centre, Administrative Report LJ-95-05: 45pp.

Ellway, C., 1993. Yellowfin tuna tagging proposal for the Western Indian Ocean. IPTP Collective Volume of Working Documents, 5th Expert Consultation on Indian Ocean tunas, Seychelles, 4-8 October 1993. Volume 8: 216-226.

FAO, 1975. Monitoring of fish stock abundance: the use of catch and effort data. FAO Fisheries Technical Paper, 155: 101 pp.

FAO, 1991. Proceedings of the Expert Consultation on Interactions of Pacific Tuna Fisheries. Noumea, New Caledonia, 3-11 December 1991.

FAOSTAT, 1998. FAOSTAT Database, Fisheries Data. Update 20 May 1999.

Fedoryako, B.I., 1989. A comparative characteristic of oceanic fish assemblages associated with floating debris. *J. Ichthyol.* (Traducción Inglesa de *Vopr. Ikhtiol.*) 29(3): 128-137.

Fioroozi, R., 1993. The status of tuna and seerfish in Iran. . IPTP Collective Volume of Working Documents, 5th Expert Consultation on Indian Ocean tunas, Seychelles, 4-8 October 1993. Volume 8: 47-48.

Fonteneau, A., 1977. Analyse de l'effort de peche des senneurs FIS. Col. Doc. Cient., ICCAT, vol. 15: 37 - 66.

Fonteneau, A., 1986. Competition between tuna fisheries. IPTP Collective Volume of Working Documents, 2nd Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo, Sri Lanka, 1-8 December 1986. Volume 2: 195-213.

Fonteneau, A., 1991a. La surexploitation du stock d'albacore en 1984: mythe ou realite?. Informe del Program del Año del Rabil. Col. Doc. Cient., ICCAT, vol. XXVI: 348-379.

Fonteneau, A., 1991b. Les anomalies de l'environnement en 1984 dans le Golfe de Guinee. Effets possibles sur la capturabilite de l'albacore. Col. Doc. Cient., ICCAT, vol. XXVI: 380-408.

Fonteneau, A., 1991c. Monts sous-marins et thons dans l'Atalntique tropical est. Aquatic Living Res., 1991, 4:13-25.

Fonteneau, A., 1992a. Pêche thonière et objets flottants: situation mondiale et perspectives. 12e Semana das pescas dos Azores, 16 - 20 marzo 1992. Relatorio 1992: 83-110.

Fonteneau, A., 1992b. A comparative study of yellowfin tuna in the Eastern Pacific and in the Eastern Atlantic. CIAT, Informe Interno, nº 22: 71pp.

Fonteneau, A., 1998. A comparison of bigeye stocks and fisheries in the Atlantic, Indian, and Pacific Oceans.). Proceedings of the first World meeting on bigeye tuna. CIAT Informe Especial nº 9: 190-211.

Fonteneau, A. ; Gaertner, D. y Nordstrom, V., 1999. An overview of problems in the catch per unit of effort and abundance relationship for the tropical purse seine fisheries. Coll. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 59 (3) : 258-278.

Fonteneau, A., Gascuel, D. y Pallarés, P., 1998. Vingt-cinq ans d'évaluation des ressources thonieres de l'Atalantique: quelques reflexions methodologiques. . Actas del Simposio de ICCAT sobre túnidos. Col. Doc. Científicos ICCAT vol. L (2): 523-561.

Fonteneau, A. y Hallier, J.P., 1990. Possible interactions between the purse seine and baitboat skipjack fisheries in the Indian Ocean. IPTP Collective Volume of Working Documents, 4th Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Bangkok, 2 - 6 July 1990 Volume 4: 266-271.

Fonteneau, A., Laloé, F. y Mamolar, J.M., 1986. Duréé des coups de sennes des senneurs Français, Ivoiriens, Senegalais et Espagnols. Actas de la Conf. ICCAT sobre el Prog. del Año Internac.del Listado: 140 - 144.

Fonteneau, A. y Pallares, P., 1991. Evolution récente des stratégies de pêche thonière le Golfe de Guinée. REC.DOC.SCIENT. ICCAT. Vol.36; 427-478 (P.350-401).

Fonteneau, A., y Soisson, P., 1974. Effort et prise par unite d'effort dans la flottille thoniere Franco-Ivoiro-Senegalaise. Colecc.Doc.Cient.ICCAT, III: pp. 157-172.

Fréon, P. y Misund, O.A., 1999. Dynamics of Pelagic Fish Distribution and Behaviour: Effects on Fisheries and stock Assessment. Fishing News Books, Oxford: 348 pp.

Gaertner, D., Gaertner, J.C., Marcano, J. y Pagavino, M., 1998. Multivariate analysis of relationships between tuna catches and fishing strategies. Application to the Venezuelan purse seiners in the Caribbean Sea. . Actas del Simposio de ICCAT sobre túnidos. Col. Doc. Científicos ICCAT Vol. L (2): 623-636.

Gaertner, D., Pagavino, M., y Marcano, J., 1996. Utilisation de modèles linéaires généralisés pour évaluer les stratégies de pêche thonière à la senne en présence d'espèces associées dans l'Atlantique Est. Aquatic Living Resources. 9: 305-323.

Gaertner, D., Pagavino, M., y Marcano, J., 1999. Influence of fishers' behaviour on the catchability of surface tuna schools in the Venezuelan purse-seiner fishery in the Caribbean Sea. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 56:394-406.

Gascuel, D., Fonteneau, A. y Foucher, E., 1993. Analyse de l'évolution des puissances de pêche par l'analyse des cohortes: application aux senneurs exploitant l'albacore (*Thunnus albacares*) dans l'Atlantique Est. Aquatic Living Resources. 6: 15-30.

Gavaris, S., 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences 37: 2272-2275.

Gooding, R.M. y Magnuson, J.J., 1967. Ecological significance of a drifting object to pelagic fishes. Pac. Sci. 21: 486-497.

Greenblatt, P.R., 1976. Factors affecting tuna purse seine fishing effort. Recl.Doc. Sci., ICCAT, SCRS/76/75: 18-30.

Griffith, R., 1960. A study of measures of population density and concentration of fishing effort in the fishery of yellowfin tuna, *Neothunnus macropterus*, in Eastern tropical Pacific Ocean, from 1951 to 1956. Bull. IATTC, vol IV, nº 3: 41 - 136.

Gulland, J. A., 1956. On the fishing effort in English demersal fisheries. Fish Invest., London Ser., 2, 20 (5): 41pp.

Gulland, J.A., 1964. Catch per unit of effort as a measure of abundance. ICES Rapports et Procès-verbaux des Reunions, 155 (1963): 8-14.

Gulland, J.A., 1969. Manual of methods for fish stock assessment (Part 1) Fish population analysis. FAO Manuals Fisheries Science: 154pp.

Hafiz, A., 1985. Skipjack fisheries in the Maldives. BOBP 2nd Working Group Meeting on Tunas around Maldives and Sri Lanka, Male (Maldives), 26-29 October 1995. Published in: IPTP Collective Volume of Working Documents, 1st Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo 28 Nov. - 2 Dec. 1985. Volume 1: 1-20.

Hafiz, A. y Anderson, C., 1993. The Maldivian tuna fishery, an update. IPTP Collective Volume of Working Documents, 5th Expert Consultation on Indian Ocean tunas, Seychelles, 4-8 October 1993. Volume 8: 30-33.

Hall, M.A., Alverson, D.L. y Metuzals, K.I., 1999. By-catch: problems and solutions. In: *Seas at the Millenium: An environmental evaluation*. (Edited by C.R.C. Sheppard). Chapter 116.

Hall, M., Lennert, C. y Arenas, P., 1992. The association of the tunas with floating objects and dolphins in the eastern Pacific ocean. 2. The purse-seine fishery for tunas in the eastern Pacific ocean. In Hall, M., éd. : *International workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects and on assessment issues arising from the association of tunas with floating objects*, La Jolla-California, 11-14 février 1992. IATTC, 59 p.

Hallier, J.P., 1985. Purse seining on debris-associated schools in the Western Indian Ocean. IPTP Collective Volume of Working Documents, 1st Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo 28 Nov. - 2 Dec. 1985. Volume 1:150-156.

Hallier, J.P., 1990. Tuna fishing on log associated schools in the Western Indian Ocean: an aggregation behaviour. IPTP Collective Volume of Working Documents, 4th Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Bangkok, 2 - 6 July 1990 Volumen 4: 325 - 342.

Hallier, J.P., 1993. Purse seine fishery on floating objects: what kind of fishing effort? what kind of abundance indices?. IPTP Collective Volume of Working Documents, 5th Expert Consultation on Indian Ocean tunas, Seychelles, 4-8 October 1993. Volume 8: 192 - 198.

Hallier, J.P. y Marsac, F., 1985. La flotille thoniere franco-ivoirienne operant dans l'Ocean Indien Occidental de novembre 1983 a decembre 1984. IPTP Collective Volume of Working Documents, 1st Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo 28 Nov. - 2 Dec. 1985. Volume 1: 157-164.

Hallier, J.P., Dewals, P., Thomas y A., Layani, F., 1992. Le systeme de collecte et de traitement des statistiques thonieres aux Seychelles. ORSTOM Seychelles, SFA & AT-PTR: 168 pp.

Hampton, J., Lewis, A. y Williams, P., 1998. Estimates of western and central Pacific Ocean bigeye tuna catch and population parameters.). Proceedings of the first World meeting on bigeye tuna. CIAT Informe Especial nº 9: 212-234.

Hancock, J., Hart, P.J.B. y Antezana, T., 1995. Searching behaviour and catch of horse mackerel (*Trachurus murphyi*) by industrial purse-seiners off south-central Chile. ICES Journal of Marine Science. 52: 991-1004.

Hassani, S. y Stequert, B., 1990. Sexual maturity, spawning and fecundity of the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) of the Western Indian Ocean. IPTP Collective Volume of Working Documents, 4th Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Bangkok, 2 - 6 July 1990 Volume 4: 91-107.

Hilborn, R., 1985. Fleet dynamics and individual variations: why some people catch more fish than others. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 42(1): 2-13.

Hilborn, R y Walters, C.J., 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment. Ed. Chapman and Hall, New York. 570 pp.

Holt, S.J., Gulland, J.A., Taylor, C. y Kurita, S., 1959. A standard terminology and notation for fishery dynamics. ICES Journal of Marine Science, 24: 239-242.

Hunter, J.R. y Mitchell, C.T., 1967. Association of fishes with flotsam in the offshore waters of central America. U.S. Fish Wildlife Service, Fish. Bull. 66: 13-29.

Hsu, C.C. y Liu, H.S., 1990. Taiwanese longline and gillnet fisheries in the Indian Ocean. IPTP Collective Volume of Working Documents, 4th Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Bangkok, 2 - 6 July 1990 Volume 4: 244-258.

ICCAT, 1997. Informe del Grupo de Trabajo de patudo (BETYP). Col. Doc. Científicos ICCAT, vol XLVIII (2): 315 pp.

ICCAT, 2001. Report of the ICCAT SCRS Atlantic Yellowfin Tuna Stock Assessment Session (Cumaná, Venezuela, July 10 to 15, 2000) Col. Doc. Científicos ICCAT, vol 52: 1-148.

Ihssen, P. E., 1977. Physiological and behavioural genetics and the stock concept for fisheries management. Proceedings Fish Genetics - fundamentals and implications to fish management, Great Lakes Fisheries Commission, Ann Arbor, Mi, May 10-12, 1977: 27 - 30.

Ihssen, P.E., Booke, H.E., Casselman, J.M., McGlade, J.M., Payne, N.R. y Utter, F.M., 1981. Stock identification: Material and Methods. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38: 1838-1855.

IPTP, 1986. The Western Indian Ocean Tuna Fishery from 1980 to 1985. A summary of data collected by coastal states. IPTP/86/WP/15, 31 pp.

IPTP, 1990. Report of the 4th expert consultation on the stock assessment of tunas in the Indian Ocean. Bangkok, Thailand, 2 - 6 July 1990: 96 pp.

IPTP, 1991. Report of the workshop on stock assessment of yellowfin tuna in the Indian Ocean. Colombo, Sri Lanka, 7-12 October 1991: 90 pp.

IPTP, 1995a. Indian Ocean Tuna Fisheries Data Summary, 1983-1993. IPTP Data Summary N° 15, 137p.

IPTP, 1995b. Report of the 5th expert consultation on the stock assessment of tunas in the Indian Ocean. Seychelles, 4 - 8 October 1993: 32 pp.

Itano, D., 1998. Hawaii tuna tagging project.). Proceedings of the first World meeting on bigeye tuna. CIAT Informe Especial n° 9: 235-237.

Joseph, J. y Calkins, T.P., 1969. Population dynamics of the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) of the Eastern Tropical Pacific. Boletín CIAT 13 (1): 273pp.

Karpinski, B., 1988. Analyse des données collectées lors des embarquements à bord des senneurs basés aux Seychelles (1986-1989). Seychelles Fishing Authority, Technical Report, SFA/R&D/007: 52 pp.

Karpinski, B. y Hallier, J.P., 1988. Preliminary results on yellowfin spawning in the Western Indian Ocean. IPTP Collective Volume of Working Documents, 3rd Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Mauritius, 22-27 June 1988. Volume 3: 50-59.

Kimura, D.K., 1981. Standardized measures of relative abundance based on modelling log(c.p.u.e.), and their application to Pacific ocean perch (*Sebastes alutus*). J.Cons.Int.Eplor. Mer, 39: 211-218.

Kleiber, P., 1986. Fishery interaction: How do we define it, and how do we measure it? IPTP Collective Volume of Working Documents, 2nd Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo, Sri Lanka, 1-8 December 1986. Volume 2: 173-179.

Knudsen, P. F., 1977. Desove del atún aleta amarilla y discriminación de las subpoblaciones. Boletín de la CIATT, vol. 17, n° 2: 119-169.

Kume, s., Morita, Y. y Ogi, T, 1971. Stock structure of the Indian bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Lowe), on the basis of distribution, size composition and sexual maturity. Bull. Far Seas Res. Lab., 4: 141-164.

Kurogane, K. y Hiyama, Y., 1958. Morphometric comparison of the yellowfin tuna from six grounds in the Indian Ocean. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, Vol. 24, n°6 y 7: 487-494.

Kwei, E.A. y Bannerman, P., 1993. The effect of the introduction of new devices (FAD) and bird radars in the baitboat fishery of tuna in Ghana. Col. Doc. Cient., ICCAT, vol. 40: 473-479.

Laevastu, T., 1989. Perspectives of services to fisheries: a review of the objectives and needs of fisheries analysis/forecasting. Proceedings of International Symposium on Operational Fisheries Oceanography, Newfoundland, Canada, October 23-27, 1989: 125-128.

Laloë, F., 1989. Un modèle global avec quantité de biomass inaccessible dépendant de la surface de la pêche. Applications aux dones de la pêcherie d'albacores (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique Est. *Aquatic Living Resources* 2: 189-266.

Larkin, P. A., 1972. The stock concept and management of Pacific salmon. H. R. MacMillan Lectures in Fisheries, University of British Columbia, Vancouver, B.C.: 231 pp.

Laurec, A. y Le Guen, J.C., 1977. CPUE des senneurs et abondance. Impact des structures fines. *Col. Doc. Cient., ICCAT*, vol. 7: 30-54.

Laurec, A. y Le Guen, J.C., 1981. Dynamique des populations marines exploitées. Tome I. Concept et modèles. *Rapp. Sci. Tech. CNEXO*, 45. 118 pp.

Lee, J.U., 1985. Korean longline fishery in the Indian Ocean. . IPTP Collective Volume of Working Documents, 1st Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo 28 Nov. - 2 Dec. 1985. Volume 1: 300-303.

Le Hir, Y. y Stequert, B., 1981. Premiers resultats de la campagne expérimentale Ile-de-Sein aux Seychelles. ORSTOM, Seychelles, rapport interne: 11pp.

López, J., 1960. Peces emigrantes. Ediciones Garriga, Barcelona: 260pp.

MacLean, J.A. y Evans, D.O., 1981. The stock concept, discreteness of fish stocks, and fisheries management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38: 1889 - 1898.

Lyne, V.D., Griffiths, F.B., Harris, G.P., Parslow, J.S. y Clift, S.H., 1992. Detecting surface schools of fish with a SLAR: real-time target delectability and enhancement. *Int. J. Remote Sensing*, 13: 1927-1941.

Mangel, M., 1982. Search effort and catch rates in fisheries. *European Journal of Operational Research*, 11 (4) : 331-366.

Magnunson, J.J., 1963. Tuna behaviour and physiology, a review. Proceedings of the World Scientific Meeting on the Biology of Tunas and Related Species. FAO Fisheries Reports nº 6, vol.3: 1057-1066.

Marr, J. C., 1957. The subpopulation problem in the Pacific sardine, *Sardinops caerulea*. U.S. Fish Wildl. Serv. Spec. Scientific Report Fis. 208: 108-125.

Marsac, F., 1983. Radiometrie aerienne et prospection thoniere aux Seychelles. Mission ORTOM Seychelles, Rapp.Scient., nº 2, 82 pp.

Marsac, F., 1986. A method to assess the set time of the purse seiners in the Indian Ocean. IPTP Collective Volume of Working Documents, 2nd Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo, Sri Lanka, 1-8 December 1986. Volume 2: 155-161.

Marsac, F., 1992a. Etude des relations entre l'hydroclimat et la pêche thoniere hauturiere tropicale dans l'Ocean Indien Occidental. These de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale. 353pp.

Marsac, F., 1992b. Les radars a oiseaux: quels effets en attendre sur l'amélioration des rendements des thoniers?. XIIIe Semaine des Pêches des Açores, Horta, Faial, 16 al 20 de marzo 1992: 19pp.

Marsac, F., 1993. Yellowfin tuna fisheries in the past decade: Indian Ocean versus Eastern Atlantic and Eastern Pacific Oceans. IPTP Collective Volume of Working Documents, 5th Expert Consultation on Indian Ocean tunas, Seychelles, 4-8 October 1993. Volume 8: 168 - 182.

Marsac, F. y Hallier, J. P., 1987. Preliminary yield per recruit analysis of the Indian Ocean yellowfin and bigeye fisheries. IPTP Collective Volume of Working Documents, 2nd Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo, Sri Lanka, 1-8 December 1986. Volume 2: 58-72.

Marsac, F., Piton, B., Potier, M., y Stequert, B., 1983. Campagne experimental de pêche à la senne du thonier "Yves Kerguelen" dans l'ouest de l'Océan Indien Tropical. Mission ORSTOM Seychelles, Rapp.Scient., n° 3, 112 pp.

Matsumoto, T. y N. Miyabe, 2001. Development of catch-at-size and updated age specific cpue standardized by generalized linear model for yellow fin tuna caught by the Japanese longline fishery in the Atlantic. Col. Doc. Cient., ICCAT, vol. 52: 269-284.

Maunder, M. N., y G. W. Watters, 2003. A general framework for integrating environmental time series into stock assessment models: model description, simulation testing, and example. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 101 (1): 89-99.

Maury, O. 1998. Modélisation spatiale en halieutique. Approche par simulateur sous SIG. Application à la modélisation hiérarchique de la population de thons albacore (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique tropical. Ph.D. thesis. ENSA Rennes France.

Maury, O., 2002. Bayesian analysis of the Indian Ocean yellowfin tuna fishery using the PROCAN model. Proc. Of the Working Group of Tropical Tunas of the IOTC: 1-12.

McCullagh, P. y Nedler, J.A., 1989. Generalized linear models. 2nd Ed. Chapman and Hall, London.

McNeely, R.L., 1961. Purse seine revolution in tuna fishing. Pacific Fisheries 59(7): 27-58.

Medley, P., 1991. Estimating the impact of purse-seine catches on longline. FAO Expert Consultation on Interactions of Pacific Tuna Fisheries, Noumea, New Caledonia, 3-11 December 1991. FAO Fisheries Technical Paper 336/1: 182-198.

Middleton, W.E.K., 1952. Vision through the atmosphere. University of Toronto Press. 250p.

Miyabe, N., 1991. General review paper of Pacific bigeye tuna *Thunnus obesus*. FAO Expert Consultation on Interactions of Pacific Tuna Fisheries. Noumea, New Caledonia, 3-11 December 1991: 40 pp.

Miyabe, N. y Bard, F.X., 1986. Movements of Skipjack in the Eastern Atlantic, from Results of Tagging by Japan. 342-347 p.

Miyabe, N. y Bayliff, W.H., 1998. A review of the biology and fisheries for bigeye tuna, *Thunnus obesus*, in the Pacific Ocean.). Proceedings of the first World meeting on bigeye tuna. CIAT Informe Especial nº 9: 129-170.

Miyabe, N. y Suzuki, Z., 1991. Stock analysis of bigeye and yellowfin tunas based on longline fishery data. IPTP Collective Volume of Working Documents, 4th Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Bangkok, 2 - 6 July 1990 Volumen 4: 84-90.

Morita, Y. y Koto, T., 1970. Some considerations on the population structure of yellowfin tuna in the Indian Ocean based on the longline fishery data. Bulletin of the Far Seas Fisheries Research Laboratory, 4: 125-140.

Mountadouin, X. de, Hallier, J.P. y Hassani, S., 1990. Analyse des données collectées lors des embarquements à bord des senneurs basés aux Seychelles (1986-1989). Seychelles Fishing Authority, Technical Report, SFA/R&D/014: 34 pp.

Munbodh, M., Ramcharrun, B., 1988. The tuna fisheries of Mauritius. IPTP Collective Volume of Working Documents, 3rd Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Mauritius, 22-27 June 1988. Volume 3: 380-381.

Nero, R.W., 1996. Model estimates of acoustic scattering from schools of large yellowfin tuna. Naval Research Laboratory, Stennis Space Center, USNavy. NRL/MR/7174—95-7708: 21 pp.

Nishida, T., 1991. Studies on stock structure and population dynamics of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Indian Ocean. Doctoral Thesis, University of Tokyo. 121 pp.

Nishida, T., 1992. Considerations of stock structure of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Indian Ocean based on fishery data. Fisheries Oceanography, Vol. 1, nº 2: 143-152.

Nishida, T., 1995. Influence of purse seine fisheries on longline fisheries for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Western Indian Ocean. IPTP Collective Volume of Working Documents, 6th Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo, Sri Lanka, 25-29 September 1995. Volume 9: 168-192.

Nishikawa, Y., Honma, M., Ueyanagi, S. y Kikawa, S., 1985. Average distribution of larvae of oceanic species of scombroid fishes, 1956 - 1981. S Series 12, Far Seas Fisheries Research Laboratory, March 454: 99pp.

Norungee, D. y Shung, C.L., 1995. Analysis of purse-seine Fishery of Mauritius (1990-1994) and comparison of catch rate and species composition of catches of Mauritian purse-seiners to those of the French fleet. IPTP Collective Volume of Working Documents, 6th Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo, Sri Lanka, 25-29 September 1995. Volume 9:

Okamoto, H., Miyabe, N., 1995. Review of Japanese tuna fishery in the Indian Ocean. IPTP Collective Volume of Working Documents, 6th Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo, Sri Lanka, 25-29 September 1995. Volume 9: 15.

Oliver, C.W. y Edwards, E.F., 1996. Dolphin-Safe Research Program Progress Report II (1992-1996). NMFS, Southwest Fisheries Science Centre Administrative Report LJ-96-13: 91 pp.

Oliver, C. W., Armstrong, W. A., y Young, J.A., 1994. Development of airborne LIDAR system to detect tunas in the eastern tropical Pacific purse-seine fishery. US Dep. Commer., NOAA Tech. Memo., NOAA-TM-NMFS-SWFSC-204, 67p.

ONU, 1984. El Derecho del Mar. Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. Naciones Unidas, Nueva York: 268pp.

Orbach, M.K., 1975. The cultural system of the tuna seiners of San Diego, California. Ph.D. Thesis, Anthropology Dept., University of California at San Diego. 411 pp.

ORSTOM, 1993. Rapport du groupe de travail Orstom Thon-Liberia. Colección Documentos Científicos del ICCAT, VOL XL(2), pp. 483-490.

Pallarés, P., Delgado, A., Ariz, J. y Santana, J.C., 1989. Duración del lance en los cerqueros de las flotas FIS y española durante el Programa del Rabil.

Pallarés, P., Delgado, A., Santana, J.C., Delgado, R. y Ariz, J., 1994. Evolución de la pesca al objeto y sobre bancos libres de la flota de cerco española en el Océano Atlántico (1990-1993). . Col. Doc. Científicos ICCAT vol. XLIV (2): 287-295.

Pallarés, P. y Fonteneau, A., 1996. Patudo atlántico: consideraciones sobre la evaluación analítica del stock. Proceedings of the first World meeting on bigeye tuna. CIAT Informe Especial nº 9:

Pallarés, P., Fonteneau, A., Nordstrom, V., Delgado de Molina, A., Santana, J.C. y Ariz, J., 1998. Análisis de las capturas de atunes, asociados a objetos flotantes, efectuadas por las flotas de cerco en el Océano Atlántico. Actas del Simposio de ICCAT sobre túnidos. Col. Doc. Científicos ICCAT vol. L (2): 449-474.

Pallarés, P. y Hallier, J.P., 1997. Informe del Grupo de Trabajo del Programa de "Análisis del esquema de muestreo multiespecífico de los túnidos tropicales". Tenerife, 23 - 27 de junio 1997.

Pallarés, P., Pereira, J., Miyabe, N. y Fonteneau, A., 1998. Atlantic bigeye tuna: overview of present knowledge (November 1996). Proceedings of the first World meeting on bigeye tuna. CIAT Informe Especial nº 9: 20-80.

Paloheimo, J.E. y Dickie, L.M., 1964. Abundance and fishing success. ICES Rapports et Procès-verbaux des Reunions: 152-163.

Pálsson; G. y Durrenberg, P., 1992. To dream of fish: the causes of Icelandic skippers' fishing success. Journal of Anthropology Research 38: 227-242.

Pella, J.J. y Tomlinson, P.K., 1969. A generalized stock production model. Bulletin Inter-American Tropical Tuna Commission, 13: 419-496.

Pella, J.J. y Psaropoulos, C.T., 1975. Measures of tuna abundance from purse-seine operations in the eastern pacific ocean adjusted for fleet-wide evolution of increased fishing power, 1960-1971. La Jolla -Ca USA, ICCAT, bull., vol. 16 (4)

Petit, M., Dagron, L., Lena, P., Slepoukha, M., Ramos, A.G., y Stretta, J.M., 1994. Oceanic landscape concept and operational fisheries oceanography. Mémoires de l'Institut Océanographique, Monaco, nº 18 (1994): 85-97.

Pianet, R., 1982. Rapport du groupe de travail régional sur le traitement des données de l'Année Listao, Recl.Doc.Sci., ICCAT, 96: 302-341.

Pianet, R., 1995. Statistiques et indices des pêcheries thonières tropicales à la senne. Compte rendu de la réunion du groupe de travail ORSTOM, Paris 2-5 juillet 1991. Collection Colloques et Séminaires ORSTOM, 163 pp.

Pikitch, E.K., 1988. Objectives biologically and technically interrelated fisheries. En: W.S. Wooster (De.) "Fisheries Science and management: objectives and limitations", Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies, nº 28 Springer Verlag, New York, Chapter 5, pp. 107 - 136.

Pitcher, T.J., 1986. Functions of shoaling behaviour in teleosts. En: The Behaviour of Teleost fishes, Ed. T.J. Pitcher: 294 - 337.

Poinsard, F. y Le Guen, J. C., 1975. Observations sur la definition d'une unité d'effort de pêche applicable à la pêcherie de thon de l'Atlantique Tropical Africain. Rapp. R.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer, 168: 39-43.

Poitier, M. y Marsac, F., 1984. La pêche thonière dans l'Océan Indien: campagne exploratoire d'une flotille de senneurs (1982-1983). Mission ORSTOM Seychelles, Rapp. Scient. nº4, 73 pp.

du Pont de Nemours, E.I. y Co, 1962. Synthetic fibres in the fishing industry. In *Modern fishing gear of the World*, Ed. H. Kristjonnsson, FAO, Fishing News (Books) Ltd.: 147-155.

Pope, J.G. y Garrod, D.J., 1975. Sources of error in catch and effort quota regulations with particular reference to variations in the catchability coefficient. ICNAF Research Bulletin, 11: 17-30.

Punsly, R., 1987. Estimación de la abundancia anual relativa del atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, en el Océano Pacífico Oriental durante 1970-1985. Boletín de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, vol.19, nº3: 265-306.

Quinn, T.J., Hoag, S.H. y Southward, G.M., 1982. Comparison of two methods of combining catch-per-unit-of-effort data from geographic regions. Can. J. Fish. Aquat. Sci.39: 837-846.

Ramage, C.S., 1969. Indian Ocean surface meteorology. Oceanographic Marine Biology, 7: 11-30.

Rees, C.D., 1996. Modelling of acoustic detection of yellow fin tuna in the Eastern Tropical Pacific Fishery Area. NOAA's Dolphin Safe Program. Southwest Fisheries Science Center. 40ABNF510351: 692 pp.

Regueira, J. y regueira, E., 1993. Túnidos y tunantes en las almadrabas de las costa gaditanas. Colección "El Castillo de Jimena" nº 5, Ed. Regueira: 215 pp.

Reid, C., Squires, D., Jeon, Y., Rodwell, L. y Clarke, R., 2003 . An analysis of fishing capacity in the western and central Pacific Ocean tuna fishery and management implications. Marine Policy, Volume 27, Issue 6, November 2003, Pages 449-469

Restrepo, V., 1998. An introduction to 25 years of ICCAT stock assessments. . Actas del Simposio de ICCAT sobre túnidos. Col. Doc. Científicos ICCAT vol. L (2): 503-521.

Reuter, J., 1938. Voorloping mededeling omtrent het roempononderzoek.. Mededeling no. 2B Instituut voor Zeevisscherij, Batavia.

Ricker, W.E., 1975. Computation and Interpretation of biological statistics of fish populations. Fisheries Research Board of Canada.. Bulletin 191.

Robson, D.S., 1966. Estimation of the relative fishing power of individual ships. ICNAF Res. Bull., 3: 5-14.

Romanov, E.V. y De Silva, R.P., 1995. Preliminary results of tuna tagging during Soviet-Mozambican tagging programme in Indian Ocean. IPTP Collective Volume of Working Documents, 5th Expert Consultation on Indian Ocean tunas, Seychelles, 4-8 October 1993. Volume 8: 239-242.

Rothschild, B.J., 1972. An exposition on the definition of fishing effort. Fishery Bulletin: Vol. 70, Nº 3: 671 - 679.

Rothschild, B.J., 1977. Fishing effort. In Gulland, J.A., ed. Fish population dynamics. John Wiley and Sons Inc., New York, 96-115.

Sabadach, B. y Hallier, J.P., 1993. Analyse des données collectées lors des embarquements à bord des senneurs basés aux Seychelles (1986-1991). Seychelles Fishing Authority, Technical Report, SFA/R&D/024: 44 pp.

Sakagawa, G.T., 1998. Effects of changing fishing operations on CPUE in the purse seine fishery for tropical tunas in the Central-Western Pacific Ocean. Working document for the meeting of the ICCAT Working Group on Tropical Tuna Abundance Indices, Miami (Florida), May 11-15, 1998: 18 pp.

Sambo, C. R., 1985. Tuna fishery in Mauritius. IPTP Collective Volume of Working Documents, 1st Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo 28 Nov. - 2 Dec. 1985. Volume 1: 279-280.

Sampson, D.B., 1991. Fishing tactics and fish abundance, and their influence on catch rates. ICES Journal Marine Science, 48: 291-301.

Schmidt, P.G. Jr., 1962. The purse power block and its effect on modern purse seining. In *Modern fishing gear of the World*, Ed. H. Kristjonsson, FAO, Fishing News (Books) Ltd.: 400-415.

Schoen, C. y Sibert, J., 1996. Feasibility of dual mode LIDAR for pelagic fish surveys. SOEST 96-02, JIMAR Contribution 96-301: 16 pp.

Sharp, G.D., 1978. Behavioral and physiological properties of tunas and their effects on vulnerability to fishing gear. En: *The physiological ecology of tunas*, Ed. G.D. Sharp and A.E. Dizon, Academic Press, N.Y., USA.

Shomura, R.S., Majkowski, J. y Harman, R.F., Editores, 1995. Summary Report of the Second FAO Expert Consultation of Pacific Tuna Fisheries. FAO Fisheries Report n° 520: 58pp.

Shomura, R.S., Majkowski, J. y Langi, S., Editores, 1991. Interactions of Pacific tuna fisheries. FAO Fisheries Technical Paper, 336/1 y 2: 326 y 432pp.

Sivasubramanian, K., 1970. Surface and subsurface fisheries for young and immature yellow fin tuna (*Thunnus albacares*) around Ceylon. *Bull Fish. Res. Stn. Ceylon*, vol. 21(2): 112-122.

Soemarto, 1960. Fish behaviour with special reference to pelagic shoaling species: Lajang (*Decapterus spp.*). 8th Proceedings of the Indo-Pacific Fish Council, Sec. 3: 89-93.

SPC, 1994. Report of the Fourth Meeting of the Western Pacific yellowfin tuna research group. Koror, Republic of Palau, 9-11 August 1994. 66pp.

SPC, 1995. Tuna Fishery Yearbook 1995. Editor: Tim Lawson. South Pacific Commission. Oceanic Fisheries Programme: 83 pp.

SPC, 1998. Tuna Fishery Yearbook 1997. Editor: Tim Lawson. South Pacific Commission. Oceanic Fisheries Programme: 132 pp.

Stamatopoulos, C., 1994. TUNASTAT PC - Tuna catches for the Indian Ocean and Western Pacific adjacent to Southeast Asia. Computer Operations Guide. IPTP, Colombo: 26p.

Stéquert, B. y Marsac, F., 1989. Tropical tuna surface fisheries in the Indian Ocean. FAO Fisheries Technical Paper, nº 282. Rome, FAO, 1989: 238p.

Stéquert, B. y Marsac, F., 1991. Pêche thonière à la senne. Évolution de la technique et bilan de dix années d'exploitation dans l'océan Indien. Editions de l'ORSTOM. Collection Actiques, Paris 1991: 39pp.

Stobberup, K.A., Marsac, F. y Anganuzzi, A., 1998. A review of the biology of bigeye tuna, *Thunnus obesus*, and the fisheries for this species in the Indian Ocean.). Proceedings of the first World meeting on bigeye tuna. CIAT Informe Especial nº 9: 81-128.

Sudarsan, D., John, M.E. y Nair, K.N.V., 1991. Some biological considerations of yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Bonaterre) taken by longline gear in the Indian EEZ. IPTP Collective Volume of Working Documents, Workshop on stock assessment of yellowfin tuna in the Indian Ocean, 7 - 12 October, 1991. Colombo, Sri Lanka: 18-28.

Summers, B. y Dillard, G., 1995. Radar location of tuna. NCCOSC, RDT&E Div. Code 7501, October 1995: 35 pp.

Suyehiro, Y., 1952. Textbook of Ichthyology. Iwanami Shoten, Tokyo: 332 pp.

Suzuki, Z., 1986. Inference of impact of purse seine fishery on longline fishery for yellowfin tuna in the Indian Ocean. IPTP Collective Volume of Working Documents, 2nd Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo, Sri Lanka, 1-8 December 1986. Volume 2: 33-39.

Suzuki, Z., 1988a. Comparison of fishing performance by longline and purse seine fisheries on yellowfin tuna in the Indian Ocean. IPTP Collective Volume of Working Documents, 3rd Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Mauritius, 22-27 June 1988. Volume 3: 82-88.

Suzuki, Z., 1988b. Study of interaction between longline and purse seine fisheries on yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Bonaterre). Bull. Far Seas Fish. Research Lab., 25: 73-144.

Suzuki, Z., 1991. Status report of Japanese tuna fishery in the Indian Ocean. IPTP Collective Volume of Working Documents, 4th Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Bangkok, 2 - 6 July 1990. Volume 4: 498-499.

Thomas, A., Dufour, O., Pianet, R. y Morón, J., 1992. Data-recording system and sampling strategy in the Western Indian Ocean Purse-seine fishery. . IPTP Collective Volume of Working Documents, 6th Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Colombo, 25-29 September 1995. Volume 9: 371-373.

Timochina, O.I. y Romanov, E.V., 1991. Notes on reproductive biology of yellowfin tuna in the Western Indian Ocean. Workshop on stock assessment of yellowfin tuna in the Indian Ocean, 7 - 12 October, 1991. Colombo, Sri Lanka: 70-75.

Tomlinson, P.K., 1998. Assessment studies of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean. Proceedings of the first World meeting on bigeye tuna. CIAT Informe Especial nº 9: 250-290.

Tsukagoe, T., 1981. Fishing skipjack tuna schools associated with shoals and drifting objects. Suisan Sekai, vol. 30, nº 2: 78-81. Traducción nº 83 NOAA, NMFS, SW FC.

Ulltang, O., 1977. Sources of errors in and limitations of virtual population analysis (cohort analysis). *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 37(3): 249-260.

Waldron, K.D., 1963. Synopsis of biological data on skipjack *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus) 1758 (Pacific Ocean). Proceedings of the World Scientific Meeting on the Biology of Tunas and Related Species. FAO Fisheries Reports nº 6, vol.2: 695-748.

Winters, G.H. y Wheeler, J.P., 1985. Interaction between stock area, stock abundance, and catchability coefficient. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 42: 989-998.

Yang, W.S. y Park, Y.C., 1988. Distribution of yellowfin and bigeye tunas by the Korean longline fishery in the Indian Ocean. . IPTP Collective Volume of Working Documents, 3rd Expert Consultation on Stock Assessment of tunas in the Indian Ocean, Mauritius, 22-27 June 1988. Volume 3: 89-93.

Yano, K., 1991. An interim analysis of the data on tuna tagging collected by R/V Nippon Maru in the Indian Ocean, 1980 - 1990. IPTP Collective Volume of Working Documents, 4th Southeast Asian Tuna Conference, Bangkok, 27 - 30 November 1990: 107-124.

Yesaki, M., 1983. Observations on the biology of yellow fin (*Thunnus albacares*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) tunas in Philippine waters. Indo-Pacific Tuna Programme. Working Paper 7: 66 pp.

Yesaki, M. y Waheed, A., 1992. Results of the tuna tagging Programme conducted in the Maldives during 1990. IPTP/92/Working Paper nº 24: 23 pp.

8 - GLOSARIO

amura: costado de un barco.

atunes neríticos: término utilizado para agrupar los túnidos de hábitos costeros y que en el Océano Índico incluyen las especies: *Euthynnus affinis*, *Auxis thazard*, *A. rochei*, *Sarda orientalis* y *Thunnus tonggol*.

atunes pelágicos: término utilizado para agrupar a los túnidos de hábitos oceánicos y que en el Océano Índico incluyen las especies: *Thunnus albacares*, *T. obesus*, *T. alalunga*, *T. maccoyii* y *Katsuwonus pelamis*.

brisa: ligero movimiento superficial del agua que produce un banco de atunes al nadar próximo a la superficie sin saltar ni asomar partes de su cuerpo, más ligero que una serguera.

cabo de tiro: amarra por la que la panga sujeta la red cuando el atunero está realizando el cerco.

chicote: sinónimo de cabo o cuerda.

cofa: habitáculo ubicado en lo alto del mástil central del barco atunero, equipado con prismáticos y de distinto equipamiento electrónico (repetidor de radar y sonar,...) para la detección de atunes.

contramaestre: equivalente del capataz en un barco.

copo: parte de la red de pesca donde generalmente se concentra el pescado para morir, que posee una malla con hilo reforzado, capaz de soportar grandes presiones.

día de pesca: en principio en la pesca de atunes tropicales, el día de pesca se considera de 12 horas ya que entre los trópicos el día comienza hacia las 6 de la mañana y el sol se pone hacia las seis de la tarde.

engrasadores: ayudantes de los oficiales de máquinas.

halador: polea de gran tamaño, situada al final del puntal principal, que se utiliza para cobrar la red.

jareta: cable utilizado para cerrar el arte por su parte inferior una vez terminado el cerco.

largada: operación de echar el arte al agua. En el caso de los cerqueros atuneros, operación de arriar la panga que sujeta un extremo de la red mientras el barco realiza el cerco.

macizero: barco que en origen se encargaba de cebar con carnada los bancos de atunes para mantenerlos agrupados y que por extensión en la actualidad, se aplica también a los barcos de apoyo que se dedican a detectar objetos y fabricarlos para que pesquen los grandes cerqueros.

mancha: sinónimo de banco o cardumen libre, esto es sin asociación a objeto o animales marinos.

mano: cable que sujeta el extremo de la red desde la popa del barco durante la maniobra de largada.

maquinilla: instrumento del barco dispuesto con dos carretes que recogen el cable de la jareta.

marlines: término utilizado para agrupar a las especies de marlines (género *Makaira* y *Tetrapturus*), peces vela (género *Istiophorus*) y pez espada (género *Xiphias*).

marmitón: ayudante de cocina.

pajarada: grupo de pájaros de distintas especies concentrados en alta mar.

panga: bote auxiliar de un atunero, que en condiciones normales de navegación está situado en la rampa de popa y que durante las operaciones de pesca, asiste al atunero para sujetar la red y en otras maniobras propias del lance de pesca.

panguero: marinero encargado de manejar la panga.

peces sueltos: saltos aislados de atunes que están fuera del cardúmen.

pescante: brazo del que penden dos poleas por las que se dirige el cable de la jareta hacia la maquinilla cuando se vira el arte.

petos: : término utilizado para agrupar a las especies de petos y carites (géneros *Scomberomorus* y *Acanthocybium*).

plantar: termino que se utiliza para describir la acción de abandonar artefactos flotantes (objetos artificiales o plantados) en alta mar.

objeto artificial: artefactos construidos por los pescadores con caña de bambú y redes viejas para ser abandonados en alta mar junto con una radio baliza que sirve para recuperarlo al cabo del tiempo.

objeto natural: cualquier tipo de material encontrado en alta mar derivando (truncos de árbol, cajas de madera, trozos de amarras, etc.).

radares de pájaros: radares de navegación con una gran capacidad de discriminación de objetos en la superficie del mar.

saco: ver **copo**.

salabardeo: acción de recoger el pescado de la red para introducirlo en el barco.

salabardo: especie de colador grande con el que se saca el pescado de la red para introducirlo al barco.

salmuera: mezcla de agua marina y sal en la que se conserva el pescado congelado, y que se mantiene en estado líquido por debajo del punto de congelación del agua.

saltos: atunes nadando a cierta velocidad y brincando fuera del agua cuando se encuentran en grupo más o menos compacto.

sarda: espuma y movimiento del agua muy patente producido por la concentración de atunes asomando partes de sus cuerpos, y generalmente producido cuando el banco está en fase de alimentación.

shashimi: término japonés utilizado para describir el atún crudo para consumo humano.

serguera: movimiento patente y característico de la superficie del agua producido por un banco de atunes nadando cerca de la superficie, pero sin asomar partes del cuerpo fuera del agua y produciendo a veces reflejos al nadar con el vientre hacia arriba a intervalos cortos.

tolva: estructura por lo general metálica que se sitúa en la escotilla del parque de pesca, en forma de embudo que recibe el pescado del salabordo.

túnidos: término en el que se agrupan a todas las especies de atunes del mundo (géneros *Thunnus*, *Katsuwonus*, *Euthynnus* y *Auxis*).

túnidos y especies afines: denominación utilizada en las estadísticas de las comisiones de gestión de túnidos, que incluye a los túnidos (géneros *Thunnus*, *Katsuwonus*, *Euthynnus* y *Auxis*) y especies afines como los marlines (género *Makaira* y *Tetrapturus*), peces vela (género *Istiophorus*), pez espada (género *Xiphias*) y petos y carites (géneros *Scomberomorus* y *Acanthocybium*).

virar: recoger un arte de pesca abordo de la embarcación.