

**ANÁLISIS PRELIMINAR DEL BY-CATCH Y LA
FAUNA ASOCIADA OBSERVADA EN LA PESQUERÍA
INDUSTRIAL DE TÚNIDOS TROPICALES EN EL
OCÉANO ATLÁNTICO ENTRE 2012 Y 2015**



Yasmina Díaz Siverio

Máster Universitario: Gestión Sostenible de Recursos Pesqueros

2015 / 2016



Datos administrativos.

Datos personales del estudiante:

- Nombre: Yasmina Díaz Siverio
- D.N.I.: 78728160 – B
- Titulación: Máster Universitario en Gestión Sostenible de Recursos Pesqueros

Datos del Tutor:

- Nombre: Dr. Pedro José Pascual Alayón
- D.N.I.:
- Centro Oceanográfico de Canarias.

Datos del co – tutor:

- Nombre: Dr. José J. Castro Hernández
- D.N.I.: 42818174 – V
- Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Fecha:

Firma del Estudiante:

Firma del Tutor:

Firma del co-tutor:

Análisis preliminar del by-catch y la fauna asociada observada en la pesquería industrial de túnidos tropicales en el océano Atlántico entre 2012 y 2015.

Yasmina Díaz Siverio*

Facultad de Ciencias del Mar, Máster en Gestión Sostenible de Recursos Pesqueros,
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

*Autor. Tel.: 619174890, e-mail: yasminadsiv.86@gmail.com

Resumen:

Se analiza la fauna asociada y el by-catch de los principales grupos de especies capturados por la flota atunera de cerco europea que opera en el Océano Atlántico durante el periodo de 2012 a 2015. Los datos fueron tomados a través de dos programas españoles de observadores, DCR y BPTUN, con un total de 311 campañas de observación y una cobertura del 17,13 % de la flota. El by-catch es definido como las especies no objetivo y los individuos de talla no comercial de las especies objetivo, o que resultan dañadas en la maniobra, que no son comercializadas. Los datos se estratificaron por tipo de lance (banco libre vs. objeto flotante) y por estacionalidad (trimestres). Se estimó que a lo largo del periodo de estudio el by-catch total fue de 13893,11 t, correspondiendo una proporción de 63,6 t por cada 1000 t desembarcadas. Los túnidos de talla no comercial representan el 65,5 % (41 t/1000 t) del total descartado, seguido por otros peces con un 23,7 % (14,9 t /1000 t), tiburones con un 6,7 % (5,21 t /1000 t), peces con espada con un 2,61 % (1,63 t /1000 t), rayas/mantas (1,14 %, 0,72 t/1000 t), tortugas (0,38 %, 0,24 t/1000 t) y cefalópodos (0,0005 %, 0,0003 t/1000 t). Existen diferencias significativas en la fauna observada y by-catch entre pesca a banco libre y/o pesca a objeto.

Palabras clave: by-catch, fauna asociada, banco libre, banco objeto, sistema asociado, objeto flotante.

1.- Introducción

La pesca de cerco es uno de los métodos extractivos más utilizados para la captura de especies pelágicas, particularmente peces pelágico medianos y túnidos (Rodríguez-Alfaro, 2013). Este tipo de artes también se utilizan para pescar cardúmenes o agregaciones de peces asociados a objetos flotantes, como troncos y otros objetos a la deriva de origen natural (incluso ballenas) (Castro *et al.*, 2002) como antropogénicos (i.e. FADs, en sus siglas inglesas) (Fonteneau *et al.*, 2000; Moreno *et al.*, 2007). Ramas y troncos de árboles, así como otra gran variedad de objetos, se encuentran flotando a lo largo del océano, pero son más frecuentes en zonas de convergencia de corrientes y masas de aguas. También los atunes se agregan en torno a estos objetos por varias posibles razones (e.g. alimentación, refugio, orientación, etc.) (Fréon y Dagorn, 2000; Castro *et*

al., 2002; Dempster y Taquet, 2004; Santana-Ortega, 2016). No obstante, este comportamiento agregatorio de las diferentes especies de atunes aumenta su vulnerabilidad (Itano y Holland, 2000).

En el Pacífico Occidental tropical tuvo comienzo la primera pesquería de cerco sobre túnidos asociados a objetos flotantes a la deriva o FADs (Doulman, 1987). La primera pesquería comercial sobre FADs se desarrolló en Filipinas, a principios de la década de 1960, orientada a la captura de rabil (*Thunnus albacares*) (Greenblatt, 1979). Actualmente, gran parte de la pesquería de cerco orientada a túnidos se fundamenta sobre la captura de bancos asociados a objetos flotantes en todos los océanos (Fonteneau et al., 2000; Dempster y Taquet, 2004; Santana-Ortega, 2016). El gran desarrollo de las pesquerías de túnidos con FADs se produjo a partir de 1990, principalmente en las áreas ecuatoriales, desarrollo que aún continúa. En este sentido, la captura de las pesquerías de túnidos asociados a FADs está entorno a los 2 millones de toneladas anuales (alrededor del 60% de la captura total realizada con cerco), basada principalmente en el bonito-listado (*Katsuwonus pelamis*) (70% de las capturas de esta especie se obtienen con FADs) (Fonteneau, 2011; Davies et al., 2014). Por otra parte, la mayoría de los stocks de patudo (*Thunnus obesus*) y rabil (*Thunnus albacares*) se suponen sobreexplotados (Langley et al., 2009), y los especímenes de estas especies que se concentran en torno a los FADs son fundamentalmente juveniles (Robert et al., 2012), con un peso medio inferior (3-5 Kg) al considerado adecuado para la correcta gestión de los stocks. De este modo, el masivo uso de FADs por las flotas cerqueras, en todos los océanos, ha introducido un gran nivel de incertidumbre en la mayoría de las evaluaciones de stocks, debido a la dificultad en el análisis de los cambios experimentados en el esfuerzo de pesca (el uso de FADs afecta a la cuantificación de la capturabilidad y pone en duda la validez del uso de la CPUE como un índice adecuado de las variaciones en la abundancia) (Fonteneau et al., 2000; Davies et al., 2014).

Este cambio en la estrategia pesquera no sólo incrementó las capturas de forma importante debido al aumento de la potencia pesquera de los barcos, sino que puede estar produciendo cambios importantes en la dinámica y el comportamiento de los túnidos y de otras especies asociadas a estos objetos a la deriva, existiendo muchas lagunas en el conocimiento (Marsac et al., 2002; Fonteneau et al., 2000; Davies et al., 2014). Según Fonteneau et al (2000) y Filmlalter et al. (2013), el uso masivo de DAPs es quizás una forma no segura de pesca, que podría producir la sobrepesca de muchos stocks, no solo de las especies de túnidos sino también de las que son capturadas como parte del by-catch (e.g. tiburones), la mayoría de las cuales son posteriormente descartadas. Las diferentes Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera (OROPs), consideran prioritario la investigación sobre este tema y existen numerosos grupos de científicos trabajando en esta línea de investigación. Los resultados contribuyen y ayudan a mejorar la selectividad de esta modalidad de pesca, siendo también muy útiles para el asesoramiento y gestión de ésta.

El Código de conducta para la pesca responsable de 1995 (el Código) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) insta al uso sostenible de los ecosistemas acuáticos y requiere que la pesca se lleve a cabo respetando debidamente el medio ambiente. Este Código fomenta también el mantenimiento, salvaguarda y conservación de la biodiversidad de los ecosistemas minimizando los impactos de las pesquerías en las especies no objetivo y en el ecosistema en general.

En general, la pesquería de cerco es muy selectiva en comparación con otras como es el arrastre y el palangre. De hecho, Dagorn et al. (2013) apuntan que los DAPs, bajo una adecuada estrategia de gestión, podría ser un método de pesca ecológico, debido a que genera menor proporción de descartes que cualquier otro sistema de pesca. Los estudios para estimación del by-catch en una pesquería son fundamentales y su importancia es creciente. La captura de túnidos bajo esta modalidad de pesca, sobre objetos flotantes, presenta o produce un by-catch importante. La mayor parte de éste, se produce debido al comportamiento gregario que presentan las especies pelágicas al encontrarse con estos dispositivos a la deriva. Los objetos flotantes o FAD, cada vez están más equipados tecnológicamente, pudiendo estar localizados en tiempo real a través de una baliza emisora, la cual proporciona no solamente la posición, sino que también suelen estar equipadas con una ecosonda que les permite estimar la evolución del banco que tiene asociado dicho objeto. Debido a su gran potencial, se hace necesario conocer el impacto de esta actividad o modalidad de pesca industrial en el ecosistema marino. Algunas especies involucradas se caracterizan por su crecimiento lento, maduración tardía, baja fecundidad, lo cual las hace altamente vulnerables, como pueden ser los tiburones y tortugas, en entre otros. Tanto es así que algunas están amenazadas según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) y otras han sufrido disminuciones importantes en sus poblaciones.

En el año 2001, la Unión Europea estableció un programa de muestreo obligatorio para obtener datos en el sector pesquero bajo el *EU Data Collection Regulation* (DCR), como apoyo a su política pesquera común. El principal objetivo del programa de muestreo es la estima de las cantidades de by-catch en las pesquerías europeas. El *Institut de Recherche pour le Développement* (IRD), *Instituto Español de Oceanografía* (IEO) y AZTI-Tecnalia son los centros franceses y españoles encargados de la toma y análisis de los datos, a través de los programas de observadores llevados a cabo en la flota atunera europea de cerco que operan en el Océano Atlántico e Índico. Por recomendación de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT en inglés), la cobertura mínima de observadores ha de ser de un 5% de la flota (Amandè et al., 2010).

En el año 2011, ICCAT establece un Plan de Manejo de FADs, modificado en 2013, gracias al consenso entre las diferentes Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera (OROP) de túnidos, el Ministerio Español de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en estrecha colaboración con el IEO y las distintas organizaciones empresariales de atuneros (OPAGAC y ANABAC). El plan de gestión de FAD español, es vinculante para los atuneros y sus barcos de apoyo que operan en los tres océanos y que naveguen bajo bandera española. Por otra parte, ANABAC (Asociación Nacional de Armadores de Buques Atuneros Congeladores) y OPAGAC (Organización de Productores Asociados de Grandes Atuneros Congeladores) se han acogido al programa voluntario de “Buenas Prácticas” para la pesca de túnidos tropicales (Molina et al., 2014).

En el presente documento, se presenta un análisis preliminar de los datos sobre la captura de especies asociadas y de descartes de especies objetivo que realiza la flota atunera industrial de cerco que opera en el Océano Atlántico oriental en el periodo comprendido entre los años 2012 y 2015.

2.- Material y Métodos

La observación que recoge el observador científico a bordo consiste genéricamente en una recopilación sobre toda la actividad profesional de la flota y sobre las especies marinas capturadas. Se registra diariamente cada hora la actividad pesquera del buque; en cada lance se registran y se cuantifican las especies objetivo y todas las especies accesorias capturadas. Se registra, una descripción detallada de los objetos flotantes que son instalados (plantados) por el barco y la actividad pesquera que se realiza en torno a ellos.

Se define la terminología utilizada en el desarrollo de presente trabajo. Dichos términos son los mismos que se han adoptado por la FAO (1999) y Killeher (2005):

- **Captura total:** toda la biomasa retenida en la red
- **Producción:** especies objetivo que son desembarcadas y que son vendidas en el mercado y a las fábricas. Generalmente hay tres especies principales: rabil (*Thunnus albacares*), el atún listado (*Katsuwonus pelamis*) y el patudo (*Thunnus obesus*).
- **By-catch:** todos los individuos, ya sean de especies objetivo como de fauna accesorias, que son descartados. Aquí no se estudia su razón de descarte ni devenir de ésta. En este estudio no se han incluido cetáceos y tiburón ballena¹.
- **Fauna observada:** todos los grupos de especies, salvo las especies objetivo, que están presentes en los lances realizados.

Los datos proceden de los programas de observación científica DCR (2010) y BPTUN (2012) que coordina el IEO. Se analizan datos procedentes de 26 barcos de la flota industrial atunera entre los años 2012 y 2015, ambos inclusive. Se analizan un total de 311 campañas de pesca, correspondiendo a 2609 lances realizados en el Océano Atlántico Central (latitud entre 10°S y 15°N y longitud desde 35°W hasta la costa africana) (Fig. 1). La información de las especies observadas se ha categorizado en niveles filogenéticos atendiendo a los grupos faunísticos. El grupo “Otros peces” incluye a especies de las familias Belontiidae, Hemiramphidae, Exocoetidae, Pomacentridae, Scombridae, Bramidae, Carangidae, Coryphaenidae, Nomeidae, Echeineidae, Kyphosidae, Lobotidae, Serranidae, Sphyraenidae, Zanclidae, Monacanthidae, Balistidae, Diodontidae, Tetraodontidae, Molidae y Fistulariidae. El grupo “Peces con espada” se conformó con especies de las familias Istiophoridae y Xiphiidae. El grupo “Tiburones” incluye a las familias Alopiidae, Lamnidae, Carcharhinidae, Sphyrnidae y Rhicodontidae. El grupo de las “Rayas Mantas” incluye especies de las familias Dasyatidae, Myliobatidae y Torpedinidae. El grupo “Tortugas” contiene a especies de las familias Cheloniidae y Dermochelyidae. La categoría de “Cetáceos” agrupa a las familias Balaenopteridae y Delphinidae. El grupo de los “Cefalópodos” está construido con especies de las familias Loliginidae, Octopodidae y Ommastrephidae.

¹ Mayormente son liberados vivos, por lo que no se tienen en cuenta como by-catch.

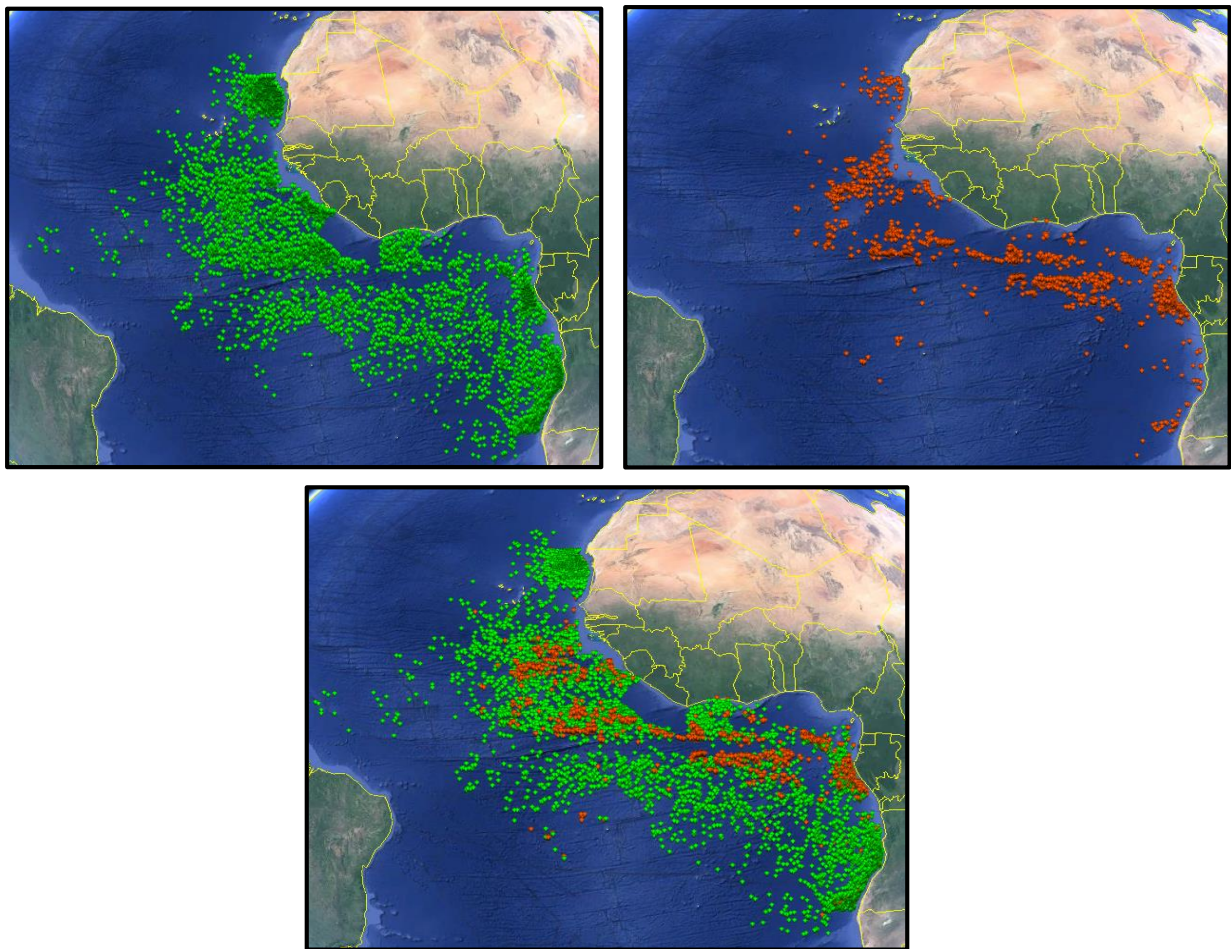


Figura 1. Mapa que representa la zona de pesca de la flota atunera industrial. En verde se representan los lances sobre FADs, y en naranja los lances sobre bancos libres.

Se analizan los datos según modo de pesca (a banco libre, BL, o a objetos flotantes, BO, o FADs). Y, por otro lado, se analizan los datos procedentes de lances realizados sobre cetáceos (misticetos, grandes y pequeños odontocetos) considerados como lances sobre bancos libres y tiburón ballena (*Rhincodon typus*), que han sido considerados como lances sobre objetos flotantes (Pallarés y Petit, 1998).

Durante la observación científica abordó, los observadores realizaron muestreos de tallas de las especies descartadas y sobre las especies accesorias que estuvieran presentes en los lances. Dicho muestreo consistió en medir la talla de los individuos al centímetro inferior, identificar el sexo en el caso de seláceos y tortugas, y cuantificar numéricamente, o en peso, la contribución de estas especies en las capturas.

Se utilizó el programa PGadmin III, en un entorno R, para la extracción de la información de la base de datos global, mediante consultas previamente diseñadas a través del enlace de las tablas correspondientes. Se utilizó los programas QGIS y Google Earth para la elaboración de la figura 1. Se utilizaron los programas Excel, para la elaboración de los gráficos y tablas relativos a la información obtenida, y Statistica v10 para el análisis estadístico descriptivo y para la estimación y contraste de hipótesis. Se realizaron algunas pruebas paramétricas (ANOVA de un factor) y, cuando no pudo asumirse la igualdad de varianzas (test de *Levene*), se usaron las pruebas no paramétricas de *Kruskal-Wallis* y *Mann-Whitney* para comprobar las hipótesis sobre diferencias entre métodos de pesca y

sistemas observados. El análisis y cálculo de los parámetros ecológicos de las especies del by-catch se llevó a cabo utilizando el software analítico *PRIMER* (Clarke y Gorley, 2006).

3.- Resultados

En general, la ratio de cobertura de observadores a bordo alcanzó el 17,13 % del total de las campañas de pesca desarrolladas por la flota de cerco comunitaria durante ese periodo. La cobertura se incrementó paulatinamente del año 2012, con un total de 32 campañas de pesca controladas, hasta las 99 campañas analizadas en el año 2015 (Tabla 1).

Tabla 1. Número total anual de mareas realizadas y analizadas y porcentaje de cobertura entre los años 2012 y 2015.

Año	Total Mareas	Mareas Observadas	% Cobertura
2012	406	32	7,30
2013	361	85	19,05
2014	342	95	21,73
2015	395	99	20,04
2012 - 2015	1504	311	17,13

Se presentan de forma resumida los datos de by-catch en este periodo de estudio, desglosados por tipo de lance. Los valores reflejan las toneladas medias por lance y las toneladas medias anuales.

La mayor proporción del by-catch estuvo conformada por los túnidos de talla no comercial (tanto de las especies objetivo como de otros escómbridos), con más de 9000 toneladas en los cuatro años de estudio, (\bar{X} = 1,3 t/lance; SD = 7,32). La categoría “otros peces” ocupa el segundo grupo en importancia del by-catch, con algo más de 3000 toneladas descartadas en cuatro años (\bar{X} = 0,84 t/lance; SD = 0,47). También los tiburones, con más de 1000 toneladas descartadas durante estos últimos 4 años (\bar{X} = 0,86 t/lance; SD= 0,13), son un componente importante del by-catch de esta pesquería.

Otro aspecto muy relevante es que el by-catch originado como consecuencia de la pesca sobre objeto (BO) es 10 veces más alto que el originado de pesca a banco libre (BL), con una media por lance de 2,53 t y 0,62 t, respectivamente. Por otro lado, la captura de atún se cifró en 226191,804 t en los cuatro años (\bar{X} =32,44 t/lance; SD= 40,22), con una media de 25,08 t capturadas en lances en BL (SD= 30,21) (Tabla 2) y 35,33 t de media en lances sobre objetos flotantes (SD= 43,19) (Tabla 3).

Tabla 2.- Datos medios por lance de by-catch total y anual por grupos de especies en lances sobre bancos libres durante los programas de observación del IEO entre 2012 y 2015.

BL								
	2012		2013		2014		2015	
	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Captura	22,87	203,46	26,88	202,48	27,72	256,89	21,74	296,66
By-catch Total	0,36	26,32	0,59	76,44	0,32	42,59	1,09	268,72
Grupos (toneladas medias por lance)								
Cefalópodos	-	-	2,3E-05	-	-	-	-	-
Otros peces	0,02	0,31	0,04	0,35	0,004	0,07	0,02	0,18
Peces con espada	0,05	0,14	0,04	0,11	0,02	0,13	0,02	0,13
Rayas Mantas	0,003	0,05	0,03	0,50	0,01	0,32	0,02	0,24
Tiburones	0,02	0,46	0,09	1,08	0,19	3,20	0,12	1,00
Tortugas	0,008	0,11	0,004	0,04	0,003	0,04	0,003	0,04
Túnidos	0,25	4,23	0,39	8,18	0,09	3,04	0,91	21,08

Tabla 3.- Datos medios por lance de by-catch total y anual por grupos de especies en lances sobre objetos flotantes durante los programas de observación del IEO entre 2012 y 2015.

BO								
	2012		2013		2014		2015	
	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Captura	28,23	263,92	36,41	350,65	39,75	349,59	32,76	1364,24
By-catch Total	2,53	269,26	2,88	1035,55	2,73	1150,94	2,12	864,38
Grupos (toneladas medias por lance)								
Cefalópodos	-	-	3,7E-05	-	-	-	-	-
Otros peces	0,86	0,83	0,51	0,34	0,350	0,32	0,94	1,24
Peces con espada	0,06	0,15	0,06	0,13	0,06	0,13	0,06	0,18
Rayas Mantas	0,011	0,15	0,03	0,66	0,03	0,89	0,02	0,15
Tiburones	0,05	0,14	0,18	0,73	0,16	0,49	0,11	0,43
Tortugas	0,010	0,05	0,010	0,09	0,010	0,04	0,010	0,06
Túnidos	1,54	4,04	2,09	6,16	2,11	9,52	0,99	5,71

3.1.- Fauna asociada

En la Tabla 4 se relacionan las especies capturadas como parte del by-catch agrupadas por niveles taxonómico, orden y familia, además de las especies objetivo. Se etiquetan las especies por grupos de análisis. En total el by-catch estuvo compuesto por 96 especies diferentes, 53 de las cuales fueron peces óseos, siendo la familia Carangidae la más representativa en número de especies y abundancia. Por otra parte, el número de especies de elasmobranchios presentes en el by-catch también fue relativamente elevado, con 14 especies de tiburones y 9 de rayas y mantas. También es de destacar la diversidad de especies de tortugas afectadas por esta modalidad de pesca, con 6 especies diferentes, al igual que los cetáceos (con 5 especies). El número de especies de cefalópodos presentes en el by-catch fue de 3. De las ocho especies de túnidos, todas formaron parte del by-catch salvo *T. alalunga* y *E. affinis*.

Tabla 4. Lista faunística de las especies observadas durante los programas de observación del IEO entre 2012 y 2015

Grupo Tax.	Orden	Familia	Género/Especie	Grupo-análisis
Osteichthyes	Perciformes	Scombridae	<i>Thunnus albacares</i> , (Bonnaterre, 1788)	“Túidos”
			<i>Thunnus obesus</i> , (Lowe, 1839)	
			<i>Katsuwonus pelamis</i> , (Linnaeus, 1758)	
			<i>Thunnus alalunga</i> , (Bonnaterre, 1788)	
			<i>Auxis rochei</i> , (Risso, 1810)	
			<i>Auxis thazard</i> , (Lecepède, 1800)	
			<i>Euthynnus alletteratus</i> , (Rafinesque, 1810)	
			<i>Euthynnus affinis</i> , (Cantor, 1849)	
Osteichthyes	Beloniformes	Belonidae	<i>Ablennes hians</i> , (Valenciennes, 1846)	“Otros Peces”
		Hemiramphidae	<i>Euleptorhamphus velox</i> , Poey, 1868	
		Exocoetidae		
	Perciformes	Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i> , (Linnaeus, 1758)	
		Scombridae	<i>Acanthocybium solandri</i> , (Cuvier, 1832)	
		Bramidae	<i>Brama brama</i> , (Bonnaterre, 1788)	
		Carangidae	<i>Caranx crysos</i> , (Mitchill, 1815)	
			<i>Caranx lugubris</i> , Poey, 1860	
			<i>Caranx sexfasciatus</i> , Quoy & Gaimard, 1825	
			<i>Decapterus macarellus</i> , (Cuvier, 1833)	
			<i>Elagatis bipinnulata</i> , (Quoy & Gaimard, 1825)	
			<i>Naucrates ductor</i> , (Linnaeus, 1758)	
			<i>Selene dorsalis</i> , (Gill, 1863)	
			<i>Seriola rivoliana</i> , Valenciennes, 1833	
			<i>Uraspis secunda</i> , (Poey, 1860)	
			<i>Uraspis</i> sp.	
		Coryphaenidae	<i>Coryphaena hippurus</i> , Linnaeus, 1758	
			<i>Coryphaena equiselis</i> , Linnaeus, 1758	
		Nomeidae	<i>Cubiceps capensis</i> , (Smith, 1845)	
			<i>Cubiceps</i> spp.	
<i>Psenes cyanophrys</i> , Valenciennes, 1833				
Echeneidae	<i>Echeneis naucrates</i> , Linnaeus, 1758			

			<i>Phtheichthys lineatus</i> , (Menziés, 1791)	
			<i>Remora brachyptera</i> , (Lowe, 1839)	
			<i>Remora osteochir</i> , (Cuvier, 1829)	
			<i>Remora remora</i> , (Linnaeus, 1758)	
			<i>Remora albescens</i> , (Temminck & Schlegel, 1850)	
		Kyphosidae	<i>Kyphosus cinerascens</i> , (Forsskål, 1775)	
			<i>Kyphosus sectatrix</i> , (Linnaeus, 1758)	
			<i>Kyphosus vaigiensis</i> , (Quoy & Gaimard, 1825)	
			<i>Kyphosus</i> sp.	
		Lobotidae	<i>Lobotes surinamensis</i> , (Bloch, 1790)	
		Serranidae		
		Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i> , (Edwards, 1771)	
		Zanclidae	<i>Zanclus cornutus</i> , (Linnaeus, 1758)	
		Istiophoridae	<i>Istiophorus albicans</i> , (Latreille, 1804)	
			<i>Makaira mazara</i> , (Jordan & Snyder, 1901)	
			<i>Makaira nigricans</i> , Lacepède, 1802	
			<i>Kajikia albida</i> , (Poey, 1860)	“Peces con espada”
			<i>Tetrapturus pfluegeri</i> , Robins & de Sylva, 1963	
		Xiphiidae	<i>Xiphias gladius</i> , Linnaeus, 1758	
	Tetraodontiformes	Monacanthidae	<i>Aluterus monoceros</i> , (Linnaeus, 1758)	
			<i>Aluterus scriptus</i> , (Osbeck, 1765)	
			<i>Cantherhines macrocerus</i> , (Hollard, 1853)	
		Balistidae	<i>Balistes capriscus</i> , Gmelin, 1789	
			<i>Balistes punctatus</i> , Gmelin, 1789	
		Diodontidae	<i>Diodon eydouxii</i> , Brisout de Barneville, 1846	
			<i>Diodon hystrix</i> , Linnaeus, 1758	“Otros Peces”
		Tetraodontidae	<i>Lagocephalus lagocephalus</i> , (Linnaeus, 1758)	
		Molidae	<i>Masturus lanceolatus</i> , (Liénard, 1840)	
			<i>Mola mola</i> , (Linnaeus, 1758)	
			<i>Ranzania laevis</i> , (Pennant, 1776)	

	Syngnathiformes	Fistulariidae	<i>Fistularia sp</i>	
Chondrichthyes	Lamniformes	Alopiidae	<i>Alopias sp.</i>	“Tiburones”
			<i>Alopias superciliosus</i> , Lowe, 1841	
		Lamnidae	<i>Isurus oxyrinchus</i> , Rafinesque, 1810	
			<i>Isurus sp.</i>	
	Carcharhiniformes	Carcharhinidae	<i>Carcharhinus falciformis</i> , (Müller & Henle, 1839)	
			<i>Carcharhinus leucas</i> , (Müller & Henle, 1839)	
			<i>Carcharhinus longimanus</i> , (Poey, 1861)	
			<i>Carcharhinus obscurus</i> , (Lesueur, 1818)	
			<i>Prionace glauca</i> , (Linnaeus, 1758)	
		Sphyrnidae	<i>Sphyrna lewini</i> , (Griffith & Smith, 1834)	
			<i>Sphyrna mokarran</i> , (Rüppell, 1837)	
			<i>Sphyrna zygaena</i> , (Linnaeus, 1758)	
	Odontaspidae			
Orectolobiformes	Rhincodontidae	<i>Rhincodon typus</i> , Smith, 1828		
Myliobatiformes	Dasyatidae	<i>Pteroplatytrygon violacea</i> , (Bonaparte, 1832)	“Rayas Mantas”	
	Myliobatidae	<i>Manta birostris</i> , (Walbaum, 1792)		
		<i>Manta sp.</i>		
		<i>Mobula japonica</i> , (Müller & Henle, 1841)		
		<i>Mobula mobular</i> , Notarbartolo-di-Sciara, 1987		
		<i>Mobula sp.</i>		
		<i>Mobula tarapacana</i> , (Philippi, 1892)		
<i>Mobula thurstoni</i> , (Lloyd, 1908)				
Torpediniformes	Torpedinidae			
Sauropsida	Testudines	Cheloniidae	<i>Caretta caretta</i> , (Linnaeus , 1758)	“Tortugas”
			<i>Chelonia mydas</i> , (Linnaeus , 1758)	
			<i>Eretmochelys imbricata</i> ,(Linnaeus , 1766)	
			<i>Lepidochelys kempii</i> , (Garman, 1880)	
			<i>Lepidochelys olivácea</i> , (Eschscholz, 1829)	
		Dermochelyidae	<i>Dermochelys coriacea</i> , (Vandelli, 1761)	
Manmalia	Cetacea	Balaenopteridae	<i>Balaenoptera edeni</i> , Anderson, 1879	“Ballenas”

			<i>Balaenoptera physalus</i> , (Linnaeus , 1758)	
			<i>Megaptera novaeangliae</i> , (Borowski, 1781)	
		Delphinidae	<i>Globicephala melas</i> , (Traill, 1809)	
			<i>Pseudorca crassidens</i> , (Owen, 1846)	
Cephalopoda	Teuthida	Loliginidae		“Cefalópodos”
		Ommastrephidae		
	Octopoda	Octopodidae	<i>Octopus sp.</i>	

3.1.1.- Fauna observada en lances sobre bancos libres y objetos flotantes

Como se puede observar en la Tabla 5, el grupo de “Otros peces” representó la mayor abundancia observada en el by-catch en todos los años (se excluyen los túnidos de tallas no comerciales), con una contribución que osciló entre el 98 y 99,65% de los individuos. No obstante, es de destacar la importancia relativa de tiburones, mantas y tortugas en el by-catch, que, aunque muy inferior al de los peces óseos, es relevante por el estado de riesgo de extinción que presentan muchas de estas especies.

Tabla 5. N° medio de ejemplares por lance de los diferentes grupos de fauna observada en el programa de observación científica del IEO entre 2012 y 2015.

Grupos	2012		2013		2014		2015	
	Media (SD)	%	Media (SD)	%	Media (SD)	%	Media (SD)	%
Cefalópodos	-	-	0,004 (0,5)	0,001	0,001 (0,6)	0,0005	0,01 (3,3)	0,001
Cetáceos	0,03 (1,02)	0,005	0,03 (5)	0,01	0,02 (0,6)	0,01	0,05 (0,5)	0,01
Otros peces	667,43 (1235,2)	99,65	330,42 (475,3)	98,71	199,57 (422,8)	98	856,44 (1198,1)	99,65
Peces con espada	0,96 (4,2)	0,14	0,82 (3,1)	0,24	0,59 (2,7)	0,29	0,51 (1,7)	0,06
Rayas Mantas	0,10 (1,2)	0,02	0,27 (5,4)	0,08	0,21 (5,3)	0,10	0,14 (1)	0,02
Tiburones	1,04 (3,6)	0,16	2,99 (8,9)	0,89	3,03 (10,1)	1,49	2,29 (7,7)	0,27
Tortugas	0,21 (1,1)	0,03	0,19 (0,8)	0,06	0,22 (0,7)	0,11	0,19 (0,8)	0,02
Total	669,8 (1068,4)	100	334,7 (409)	100	203,6 (350,2)	100	1490,9 (1055,4)	100

El progresivo aumento que se observa en la Tabla 5 en el número de individuos capturados de los diferentes grupos se asocia al mayor esfuerzo en el seguimiento de la pesquería, aumentando el número de buque y operaciones de pesca que fueron controlados entre 2012 y 2015.

Igualmente, cuando se tiene en cuenta la contribución a la biomasa descartada, los peces óseos contribuyeron con el mayor peso al total, entre el 46,7 y 56,3 % del total de la fauna observada en peso, seguido por el de tiburones (entre el 5,44 y 29,35 %) y cetáceos (entre el 0,88 y 26 %), según los años (Tabla 6).

Tabla 6.-Peso medio estimado (t) por lance de los grupos observados durante la observación científica de los programas BPTUN y DCR.

Grupos	2012		2013		2014		2015	
	Media (SD)	%	Media (SD)	%	Media (SD)	%	Media (SD)	%
Cefalópodos	-		3,283E-05 (0,03)	0,004	-		-	
Cetáceos	0,53 (7,9)	26,03	0,13 (13,5)	16,40	0,16 (6,5)	23,25	0,02 (5)	0,88
Otros peces	0,53 (0,8)	56,30	0,37 (0,3)	46,70	0,25 (0,3)	35,64	0,67 (0,6)	28,16
Peces con espada	0,06 (0,1)	6,06	0,06 (0,1)	7,02	0,05 (0,1)	6,91	0,05 (0,2)	2,12
Rayas Mantas	0,01 (0,2)	0,81	0,03 (0,6)	4,22	0,03 (0,8)	3,79	0,02 (0,2)	0,65
Tiburones	0,09 (1,3)	9,98	0,21 (1,1)	26,63	0,21 (1,3)	29,35	0,13 (0,7)	5,44
Tortugas	0,01 (0,1)	0,82	0,01 (0,1)	0,90	0,01 (0,04)	1,06	0,01 (0,1)	0,33
Total	0,94 (1,3)	100,00	0,79 (1)	100,00	0,70 (1,03)	100,00	2,38 (0,6)	100,00

Las diferencias, con respecto al número de ejemplares y biomasa capturada de especies del by-catch, fue significativamente mayor en los lances realizados sobre objetos (FADs) que sobre bancos libres de túnidos (Mann-Whitney U test; $Z=-45,9$; $P<0,0001$; $N1=61321$; $N2=6335$). Igualmente, existieron diferencias estadísticamente significativas en la abundancia y biomasa observada para los diferentes grupos que compone el by-catch. Así, y aunque la biomasa total de especies del by-catch capturada bajo los FADs fue mucho mayor, el peso medio de los peces óseos (exceptuando túnidos de talla no comercial) bajo los objetos fue significativamente menor que la mostrada por estas mismas especies capturadas bajo bancos libres (Mann-Whitney U test; $Z=3,61$; $P<0,0001$; $N1=22317$; $N2=475$; Fig. 2). De este modo, mientras el peso promedio de los peces capturados bajo los FADs fue de 4,57 Kg ($SD=8,74$), bajo bancos libre este alcanzó los 12,21 Kg de media ($SD=27,20$).

Por otra parte, también los tiburones que se capturaron bajo FADs mostraron una talla y un peso medio significativamente menor que el observado bajo bancos libres (Mann-Whitney U test; $Z=-17,70$; $P<0,001$; $N1=3724$; $N2=437$; Fig. 3). Esta diferencia en los pesos medios de los individuos se observa más claramente en algunas especies, como es el caso del tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*) (Mann-Whitney U test; $Z=-17,55$; $P<0,001$; $N1=2315$; $N2=230$; Fig. 4).

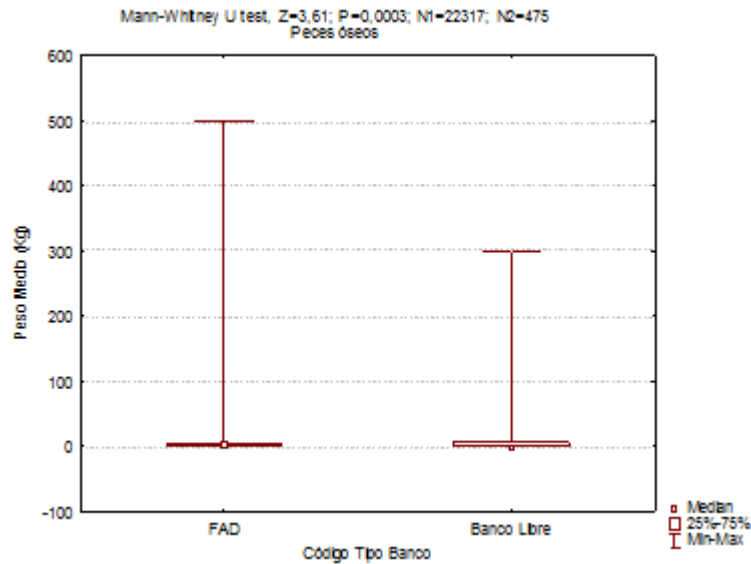


Figura 2. Peso medio mostrado por los peces óseos (exceptuando túnidos de talla no comercial) capturados bajo FADs y Bancos libres.

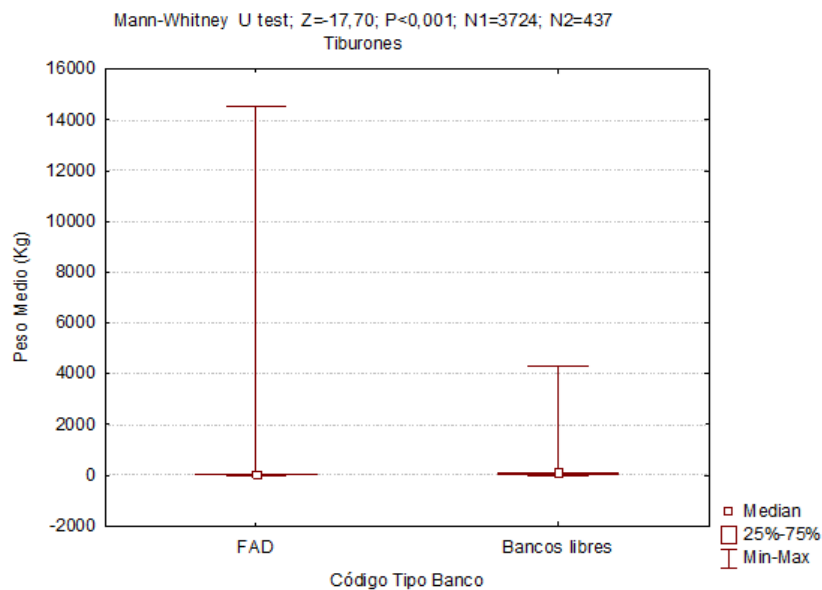


Figura 3. Peso medio mostrado por los tiburones capturados bajo FADs y Bancos libres.

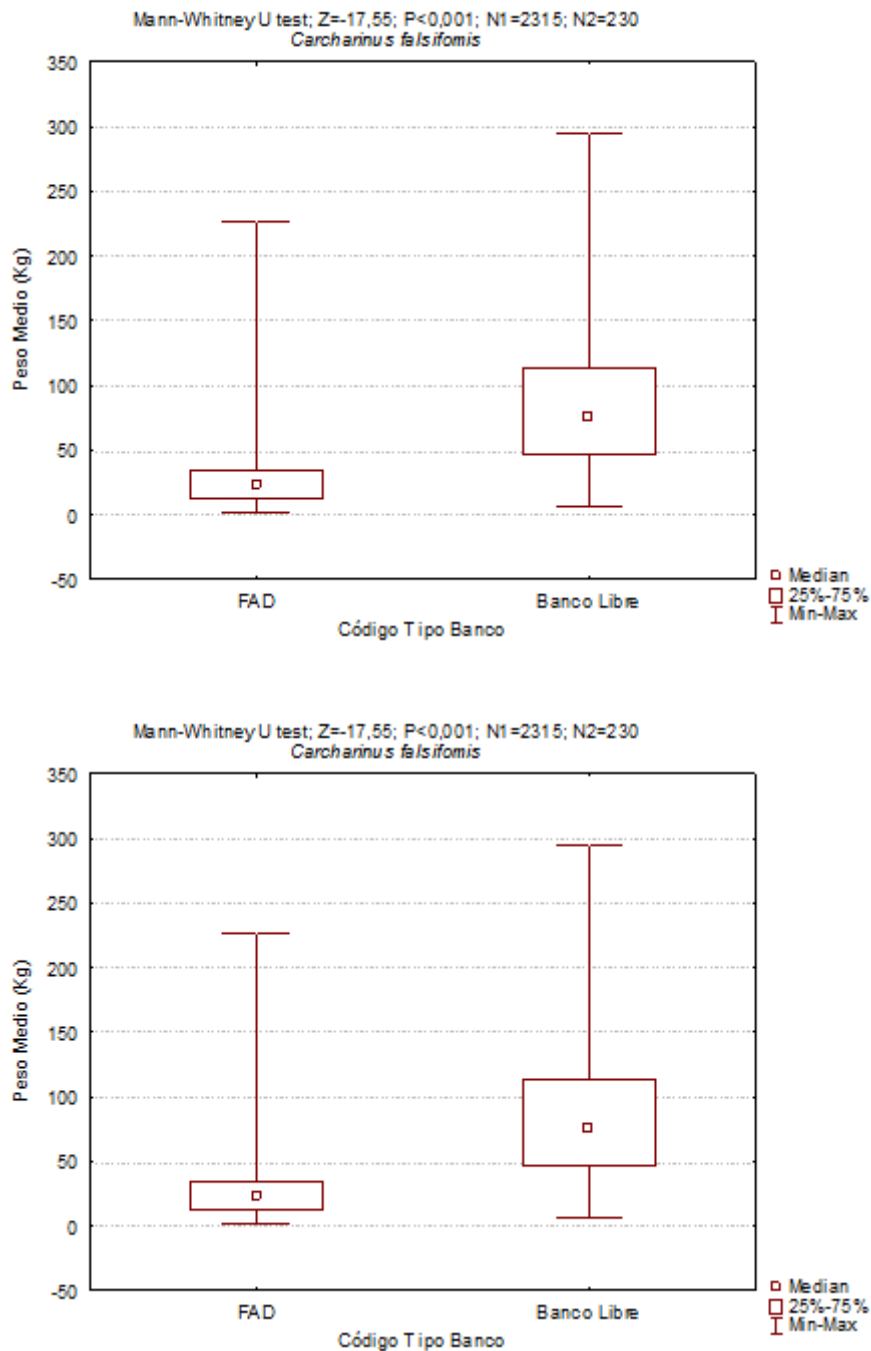


Figura 4. Peso medio de los ejemplares de tiburón sedoso (*Carcharhinus falsiformis*) capturados bajo FADs y Bancos libres.

Por otra parte, y de forma general, los túnidos capturados bajo FADs son más pequeños que los obtenidos cuando las pescas se hacen sobre bancos libres. Pero, incluso, cuando se analizan solamente los ejemplares de esta especie objetivo que son descartados por no presentar una talla comercial adecuada, se observa que el peso medio de los ejemplares es muy inferior en aquellos que son capturados bajo FADs en relación a los obtenidos bajo bancos libres, particularmente en el caso de *Thunnus albacares* (Mann-Whitney U test; Z=-46,12; P<0,001; N1=8372; N2=2927; Fig. 5) y *Thunnus*

obesus (Mann-Whitney U test; $Z=-4,39$; $P<0,00001$; $N1=4899$; $N2=251$; Fig. 6). Estas diferencias no se observan en los ejemplares descartados de bonito listado (*Katsuwonus pelamis*).

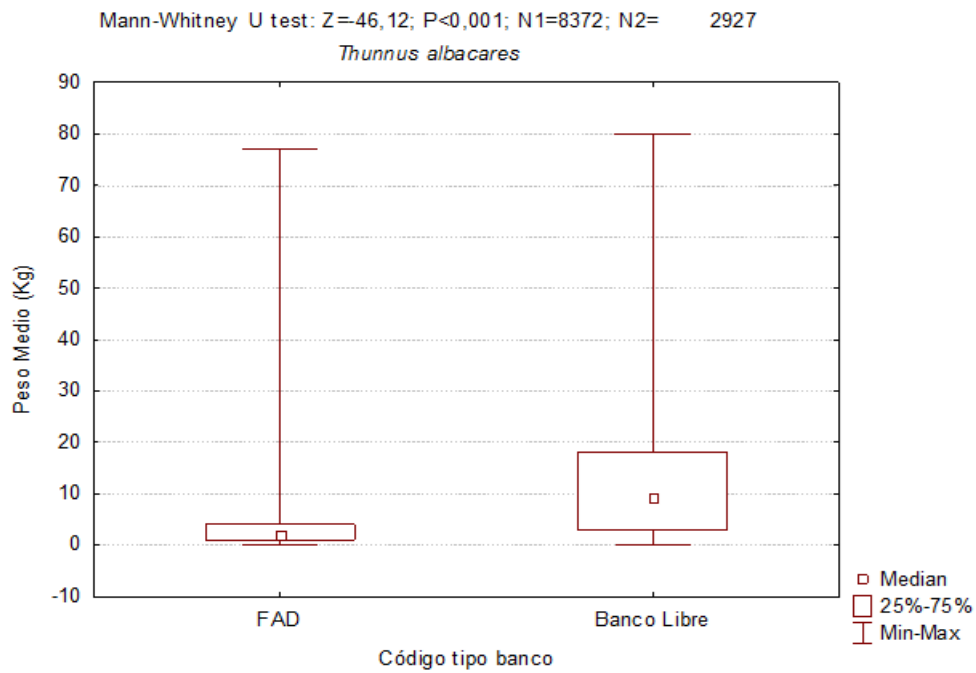


Figura 5. Peso medio de los ejemplares descartados de rabil (*Thunnus albares*) capturados bajo FADs y Bancos libres.

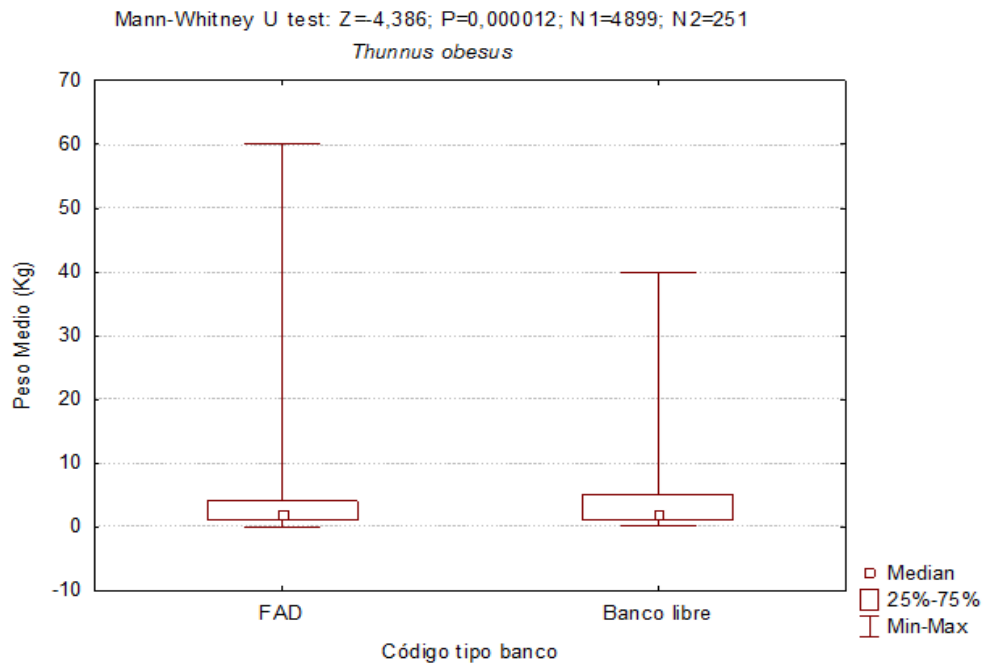


Figura 6. Peso medio de los ejemplares descartados de patudo (*Thunnus obesus*) capturados bajo FADs y Bancos libres

3.1.2.- Fauna Asociada observada en lances sobre cetáceos y tiburón ballena

En la Tabla 7, se relaciona el número de observaciones y % relativo de los grupos analizados en este estudio y que se detalla a continuación.

Al igual que lo observado entorno a los FADs, en los lances que fueron realizados sobre misticetos, pequeños odontocetos y tiburones ballena (*Rhincodon typus*), el grupo de “Otros Peces” representó siempre el mayor porcentaje en número de individuos del by-catch obtenido (Tabla 8). En estos casos, la representación de tiburones, tortugas y peces espada fue muy inferior. No obstante, en los lances sobre misticetos se observó una mayor biodiversidad en la fauna observada alcanzando, en algunos casos, los tiburones grandes abundancias relativas (hasta 404 individuos).

Igualmente, cuando se realiza el análisis de los datos en función de la contribución de cada grupo a la biomasa del by-catch, se observa que los peces óseos tienen un papel relevante cuando las pescas se realizan sobre misticetos o tiburones ballenas, jugando un papel importante también los tiburones (Tabla 8). No obstante, entre 2013 y 2015, en lances sobre misticetos los tiburones representaron entre el 50,2 y 93,78% de dicha biomasa (entre 15,5 y 33,9 t). Curiosamente, en las capturas realizadas sobre bancos de delfines y tiburón ballena, también los tiburones tuvieron un papel destacado en la composición del by-catch en términos de biomasa, con un 1,72 % (0,76 t) y 9,80 % (4,31 t), respectivamente.

En las Figuras 7 y 8 se representan el porcentaje en número y en peso respectivamente, de toda la fauna observada en lances realizados sobre diferentes especies de cetáceos y tiburón ballena, durante el periodo analizado.

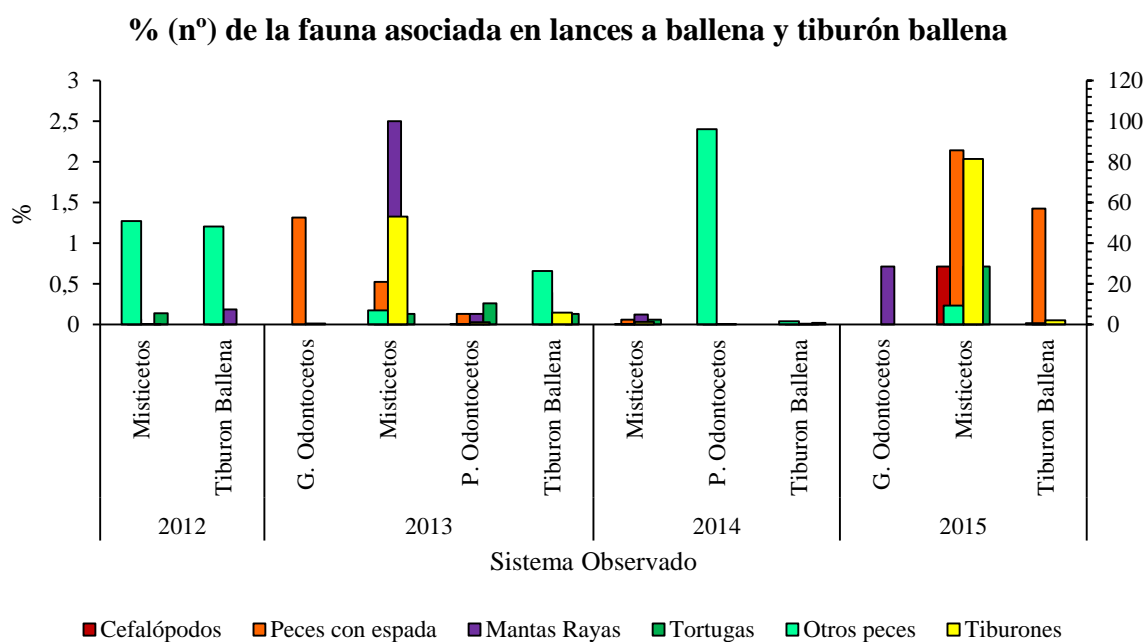


Figura 7. Porcentajes en número (N) de ejemplares de las especies que componen la fauna pelágica obtenida en lances sobre cetáceos y tiburón ballena durante el programa de observación científica del IEO entre 2012 y 2015 (el eje de abscisas la derecha establece la contribución a la abundancia del grupo de "otros peces", mientras que el resto de grupos del by-catch están referidos a la escala del eje

Tabla 7.- Número de individuos y % observados en la fauna asociada a cetáceos y tiburón ballena entre los años 2012 y 2015 (G.Odont.= Grande Odontoceto; P.Odont.=Pequeño Odontoceto).

	2012		2013				2014			2015			Total
	Misticetos	T. Ballena	G. Odont.	Misticetos	P. Odont.	T. Ballena	Misticetos	P. Odont.	T. Ballena	G. Odont.	Misticetos	T. Ballena	
Grupos	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
Cefalópodos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 (0,71)	-	1 (0,01)
Otros peces	2167 (50,88)	2056 (48,27)	-	53 (6,97)	1 (0,13)	200 (26,32)	6 (0,06)	9256 (96,11)	157 (1,63)	-	13 (9,29)	1 (0,71)	13910 (94,11)
Peces con espada	3 (0,07)	1 (0,02)	10 (1,32)	4 (0,53)	1 (0,13)	3 (0,39)	6 (0,06)	1 (0,01)	1 (0,01)	-	3 (2,14)	2 (1,43)	35 (0,24)
Tiburones	10 (0,23)	-	4 (0,53)	404 (53,16)	9 (1,18)	45 (5,92)	122 (1,27)	18 (0,19)	43 (0,45)	-	114 (81,43)	3 (2,14)	772 (5,22)
Mantas Rayas	-	8 (0,19)	-	19 (2,50)	1 (0,13)	0	12 (0,12)	-	1 (0,01)	1 (0,71)	1 (0,71)	-	43 (0,29)
Tortugas	6 (0,14)	-	-	1 (0,13)	2 (0,26)	1 (0,13)	6 (0,06)	-	2 (0,02)	-	1 (0,71)	-	19 (0,13)
Total	2186 (51,33)	2073 (48,67)	14 (1,84)	483 (63,55)	14 (1,84)	249 (32,76)	152 (1,58)	9275 (96,30)	204 (2,12)	1 (0,71)	133 (95)	6 (4,29)	14780 (100)

Tabla 8.- Toneladas y % observados en la fauna asociada a cetáceos y tiburón ballena entre los años 2012 y 2015 (G.Odont.= Grande Odontoceto; P.Odont.=Pequeño Odontoceto).

	2012		2013				2014			2015			Total
	Misticetos	T. Ballena	G. Odont.	Misticetos	P. Odont.	T. Ballena	Misticetos	P. Odont.	T. Ballena	G. Odont.	Misticetos	T. Ballena	
Grupos	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)
Mantas/Rayas	0	0,56(12,62)	0	0	0,15(0,34)	0	1,8 (6,14)	0	0,15 (0,51)	0,003(0,02)	0,003 (0,02)	0	0,71(6,05)
Otros peces	1,23(27,77)	1,03(23,21)	0	0,57 (6,48)	0,001(0,001)	0,23 (0,53)	0,17 (0,57)	5,66 (19,3)	0,28 (0,97)	0	0,01 (0,05)	0,001(0,004)	9,19(10,09)
Peces con espada	0,40 (8,89)	0,2 (4,51)	0,26(0,58)	0,30 (0,69)	0,02(0,05)	0,23 (0,51)	0,27 (0,92)	0,13 (0,46)	0,21 (0,72)	0	0,39 (2,89)	0,13 (0,97)	2,53 (2,78)
Tiburones	0,84 (18,9)	0	0,23(0,67)	33,86 (77,02)	0,76(1,72)	4,31 (9,8)	14,73 (50,21)	1,20 (4,09)	4,57(15,58)	0,003(0,02)	12,54 (93,78)	0,26 (1,97)	73,36(80,52)
Tortugas	0,18 (4,1)	0	0	0,04 (0,09)	0,06(0,15)	0,03 (0,07)	0,10 (0,34)	0	0,06 (0,20)	0	0,04 (0,28)	0	0,51 (0,56)
Total	2,65 (59,67)	1,79(40,33)	0,55(1,26)	34,78 (85,58)	0,84(2,25)	4,79(10,91)	15,27 (58,18)	6,99(23,84)	5,27(17,97)	0,003(0,04)	12,97 (97,02)	0,39(2,94)	86,30(100)

% en Peso (t) de la Fauna Asociada según el sistema observado

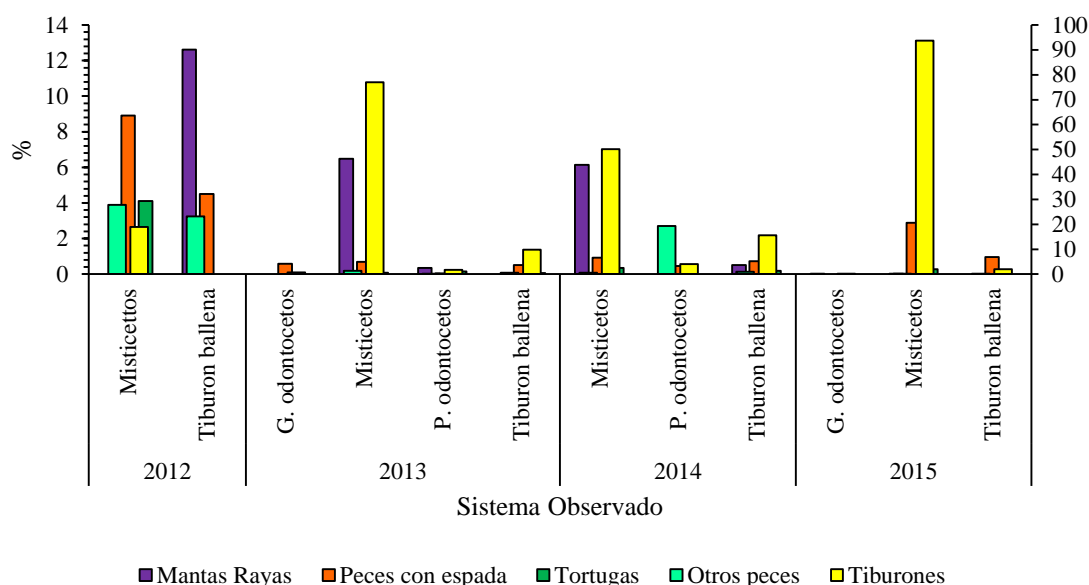


Figura 8. Porcentajes en peso (t) de las especies que componen la fauna pelágica obtenida en lances sobre cetáceos y tiburón ballena durante el programa de observación científica del IEO entre 2012 y 2015 (el eje de abscisas de la derecha establece la contribución en biomasa del grupo de "otros peces", mientras que el resto de grupos del by-catch están referidos a la escala del eje de la izquierda).

3.2.- Variación estacional del by-catch

3.2.1.- By-catch en lances sobre bancos libres y objetos flotantes

En lances realizados sobre objetos flotantes (Fig. 9), la parte del by-catch compuesto por túnidos de talla no comercial fue la más importante con una media del 65,47 % (SD= 7,32) del total descartado durante el periodo de estudio. Es también destacable la contribución del grupo “Otros peces” al descarte con un 23,72 % de media

By-catch (% t medias) en lances a BO

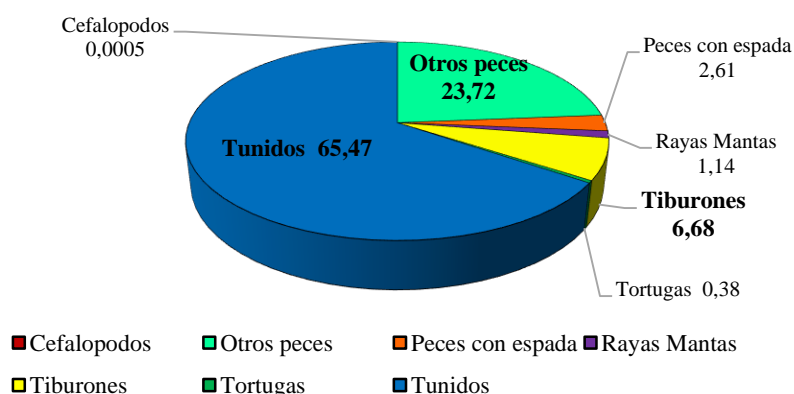


Figura 9. Contribución media al by-catch por grupo de especies en lances sobre objetos flotantes durante los programas de observación DCR y BPTUN entre 2012 y 2015.

(SD= 0,84), mientras que los tiburones con un 6,68 % de media (SD= 0,86), representan el tercer grupo en importancia en lances sobre FADs.

En lances sobre bancos libres (Figura 10) el principal componente del by-catch fueron los túnidos de talla no comercial, siempre con valores que superan más de la mitad del total descartado (Tabla 9). Así el valor mínimo fue de un 50,81 % en el segundo trimestre del año (Fig. 10b) y el máximo del 82,46 % entre los meses de julio a septiembre (Fig. 10c). En el primer trimestre del año, el grupo “Peces con espada” supuso un 11,66 % del total descartado (Fig. 10a), siendo el segundo en importancia. En trimestres sucesivos, disminuyó su importancia hasta representar tan sólo el 1% de lo descartado en el tercer trimestre del año (Fig. 10c). Sin embargo, es entre los meses de octubre y diciembre, donde se registraron las mayores observaciones de este grupo, con el 15,07 % del total (Fig. 10d), representando el segundo grupo más descartado tras los túnidos durante la última etapa del año.

El tercer grupo más frecuente del by-catch en lances sobre bancos libres, fue el formado por los “tiburones”, alcanzando su máximo durante el segundo trimestre del año con el 35,74 % del total. Durante el tercer y cuarto trimestre, la frecuencia fue parecida, aunque bastante inferior a la anterior, con un 12,14 y 11,61 % respectivamente. En el primer trimestre del año, sin embargo, los tiburones forman parte de los grupos minoritarios, pues tan sólo se registró un 2,86 % de media del total descartado.

Tabla 9.- Porcentajes medios (t) de by-catch en lances a bancos libres por grupo de especies y trimestres de los años de estudio, (entre paréntesis se dan los valores de SD).

By-catch Banco Libre				
Grupos	Ene - Mar	Abr - Jun	Jul - Sep	Oct - Dic
Cefalópodos	-	8,081E-05	-	-
Otros peces	0,07 (0,31)	0,06 (0,2)	0,10 (0,2)	0,09 (0,4)
Peces con espada	0,12 (0,1)	0,14 (0,1)	0,05 (0,1)	0,18 (0,1)
Rayas Mantas	0,01 (0,1)	0,12 (0,3)	0,12 (0,6)	0,02(0,1)
Tiburones	0,03 (0,2)	0,93 (2,9)	0,64 (0,8)	0,14 (0,9)
Tortugas	0,01 (0,04)	0,02 (0,1)	0,02 (0,04)	0,01 (0,1)
Túnidos	99,8 (10,3)	98,7 (6,7)	99,1 (20,1)	99,7 (8,4)

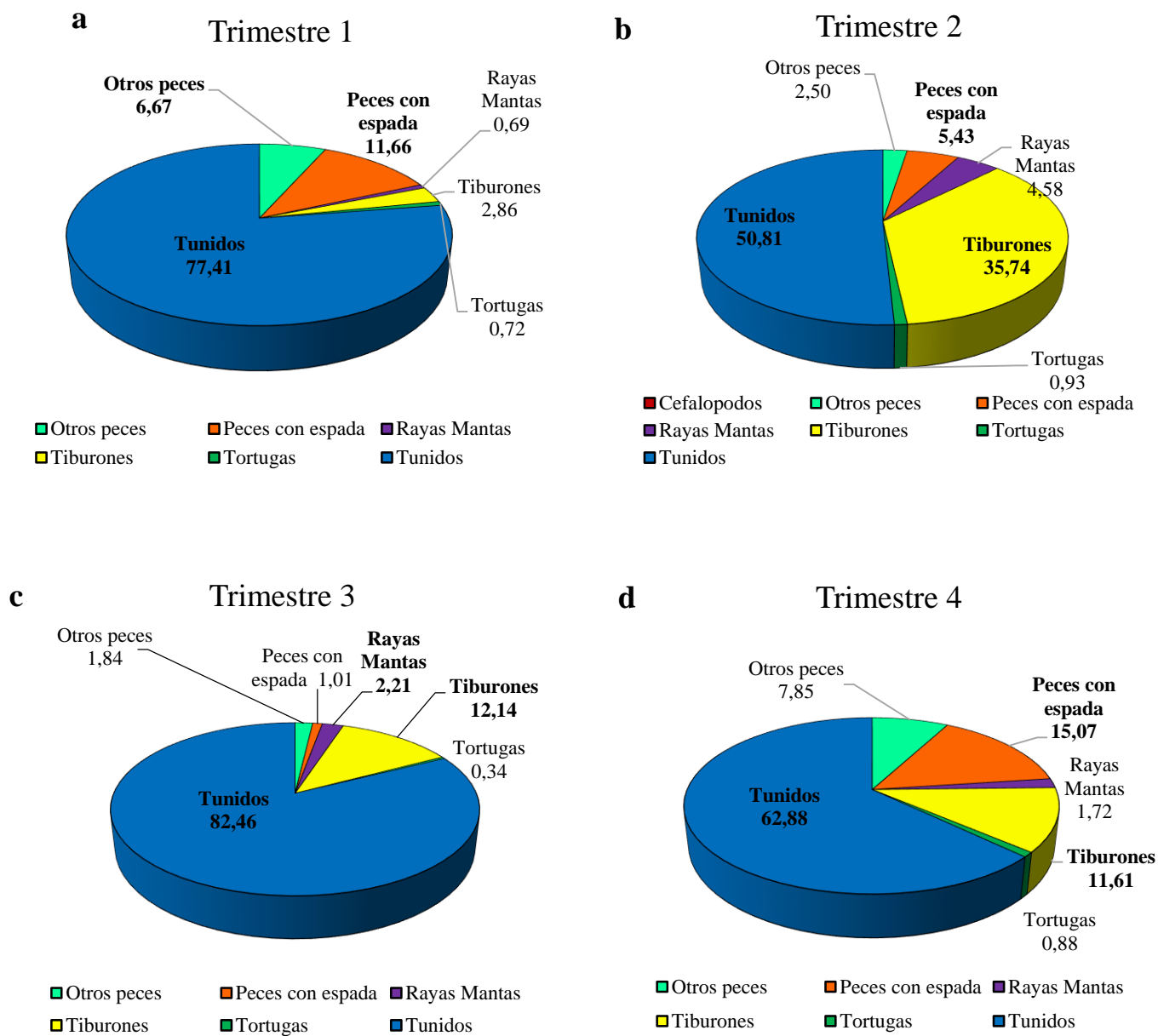


Figura 10. Contribución media al by-catch de cada grupo de especies en cada trimestre, en lances realizados sobre bancos libres durante los programas de observación BPTUN y DCR entre 2012 y 2015.

3.2.2.- By-catch en lances sobre cetáceos y tiburón ballena

En el caso de los descartes producidos en los lances realizados sobre cetáceos se observa que los juveniles de túnidos representaron entre el 7,8-91,6% del total descartado (7,62-146 t). El grupo de otros peces y tiburones fueron también relevantes en el descarte, con el 0,004-9,10% (0,01-1,23 t) y 1,4-74,3 % (0,8-33,86 t), respectivamente. En los lances sobre tiburón ballena, entre el 11,07 y 13,1% el del descarte fueron túnidos, mientras que los otros peces oscilaron entre un 0,3 y 9,4 %. En este último caso la representación de los tiburones al by-catch fue baja (Tabla 10, Figura 11).

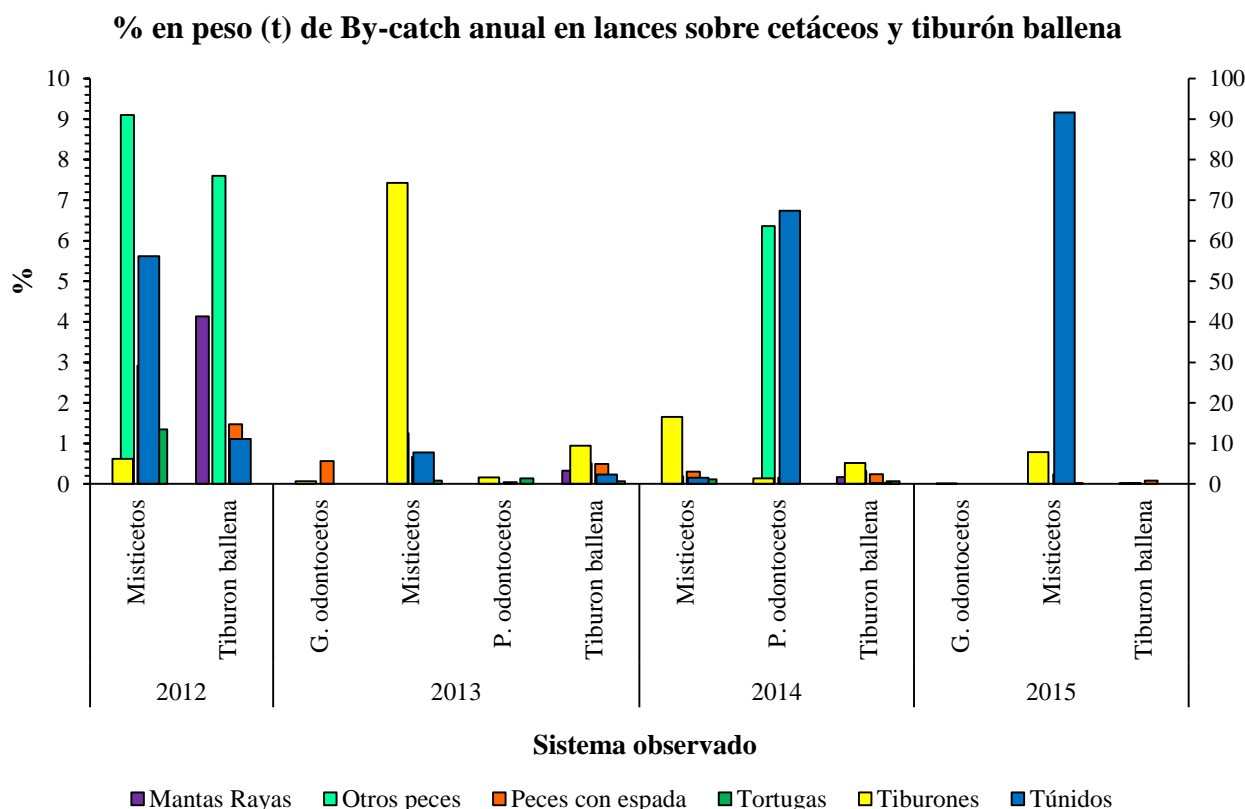


Figura 11.- Porcentaje en peso (t) de by-catch en lances sobre cetáceos y tiburón ballena entre 2012 y 2015. (en el eje de abscisas de la derecha establece la contribución en biomasa del grupo de “otros peces” y “tiburones”, mientras que el resto de grupos del by-catch están referidos a la escala del eje de la izquierda).

Tabla 10.- Datos de by-catch (en t y % en peso) obtenidos en lances sobre cetáceos y tiburón ballena

Grupos	2012		2013				2014			2015			Total General
	Misticetos	T. Ballena	G. Odont.	Misticetos	P. Odont.	T. Ballena	Misticetos	P. Odont.	T. Ballena	G. Odont.	Misticetos	T. Ballena	
	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	t (%)	
Mantas	-	0,56	-	-	-	0,15	-	-	0,15	-	-	-	0,71
Rayas		(4.13)				(0,33)			(0,17)				(0,23)
Otros peces	1,23	1,03	-	0,57	0,001	0,28	0,17	5,66	0,28	-	0,01	0,001	9,19
	(9.10)	(7.60)		(1.25)	(0,001)	(0,51)	(0,19)	(6.36)	(0,32)		(0,004)	(0,0003)	(2,99)
Peces con espada	0,40	0,2	0,26	0,30	0,02	0,21	0,27	0,13	0,21	-	0,39	0,13	2,53
	(2.92)	(1.48)	(0,56)	(0,67)	(0,04)	(0,49)	(0,3)	(0,15)	(0,24)		(0,24)	(0,08)	(0,82)
Tiburones	0,84	-	0,30	33,86	0,76	4,57	14,73	1,2	4,57	0,003	12,54	0,26	73,36
	(6.18)		(0,65)	(74.27)	(1.66)	(9.41)	(16.54)	(1.35)	(5.13)	(0,002)	(7.87)	(0,17)	(23,85)
Tortugas	0,18	-	-	0,04	0,06	0,06	0,10	-	0,06	-	0,04	-	0,51
	(1.34)			(0,08)	(0,14)	(0,06)	(0,11)		(0,06)		(0,02)		(0,17)
Túnicos	7,62	1,5	-	3,55	-	0,17	1,35	60	0,17	-	146	-	221,3
	(56.19)	(11.07)		(7.79)		(2.36)	(1.52)	(67.38)	(0,19)		(91.62)		(71,94)
Total general	10,26	3,29	0,55	38,33	0,84	5,44	16,62	66,99	5,44	0,003	158,97	0,39	307,56
	(75.73)	(24.27)	(1.21)	(84.06)	(1.84)	(13.17)	(18.66)	(75.23)	(6.11)	(0,002)	(99.75)	(0,25)	(100)

3.3.- Especies objetivo

3.3.1.- Capturas

La proporción de las especies objetivo en las capturas de la flota atunera varía considerablemente dependiendo de que los lances sean realizados sobre FADs o sobre bancos libres (Fig. 10). *Thunnus albacares* (código FAO, YFT) es la especie más importante cuando las capturas se realizan sobre bancos libres, alcanzando el 78,7% del total (38820,64 t), mientras que *Katsuwonus pelamis* (SKJ) significa el 70,82% (125699,7 t) cuando la pesca se dirige sobre FADs.

Por otra parte, en los bancos libres, la segunda especie más capturada es *Katsuwonus pelamis*, con un 16,93% (8351,8 t), seguida de *Thunnus obesus* (BET) con un 2,46% (1213,6 t). Otras especies de escómbridos también son capturadas, pero en una baja proporción, tales como *Auxis* sp. (FRZ) (0,67%), *Euthynnus alletteratus* (LTA) (0,23%), *A. thazard* (FRI) (0,16%) y *A. rochei* (BLT) (0,14%). Sin embargo, sobre FADs, la segunda especie más capturada es *T. albacares* (16,70%), *T. obesus* (8,58%), *Auxis* sp (2,14%), *A. thazard* (0,93%), *E. alletteratus* (0,47%), *A. rochei* (0,37%) y *E. affinis* (KAW) (0,001%) (Fig. 12 (a y b)).

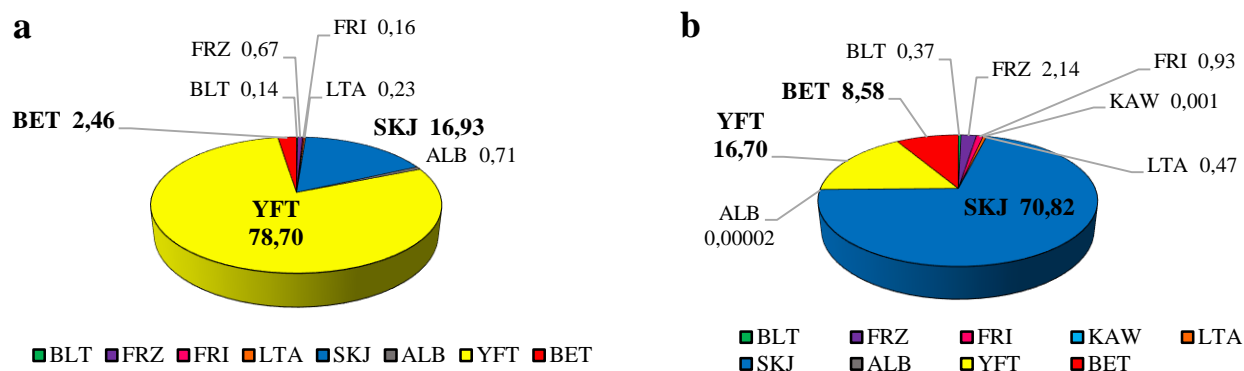


Figura 12- Contribución a las capturas, en %, de las especies de túnidos obtenidas sobre: a) en bancos libres y b) con objetos flotantes (FADs), durante los programas de muestreo BPTUN y DCR entre 2012 y 2015

3.3.2.- By-catch de especies objetivo

En un estudio más detallado del by-catch, pero sólo de las especies de túnidos objetivo, se observa que existen grandes diferencias con respecto a las cantidades descartadas de juveniles de estas especies según el tipo de pesca (Tabla 11). Así, *Euthynnus alletteratus* en la especie más frecuente en los lances realizados sobre bancos libres, con un 33,72% (286,5 t), frente a *Katsuwonus pelamis* que es la especie más capturada (47,66% del total, con 3928,8 t), bajo objetos flotantes. Además, en lances sobre bancos libres la segunda especie más descartada es *K. pelamis* (28,07%), seguida de *Auxis thazard* (19,72%), *Auxis* spp. (10,34%), *A. rochei* (5,89%), *Thunnus obesus* (1,27%) y *T. albacares* (1%). Mientras que en el caso de los lances sobre FADs, la segunda especie más descartada es *Euthynnus alletteratus* (21,35%), seguida de *A. thazard*. (13,12%), *Auxis* spp. (7,62%), *A. rochei* (5,55%), *T. albacares* (2,54%) y *T. obesus* (2,17%) (Fig. 13 (a y b)).

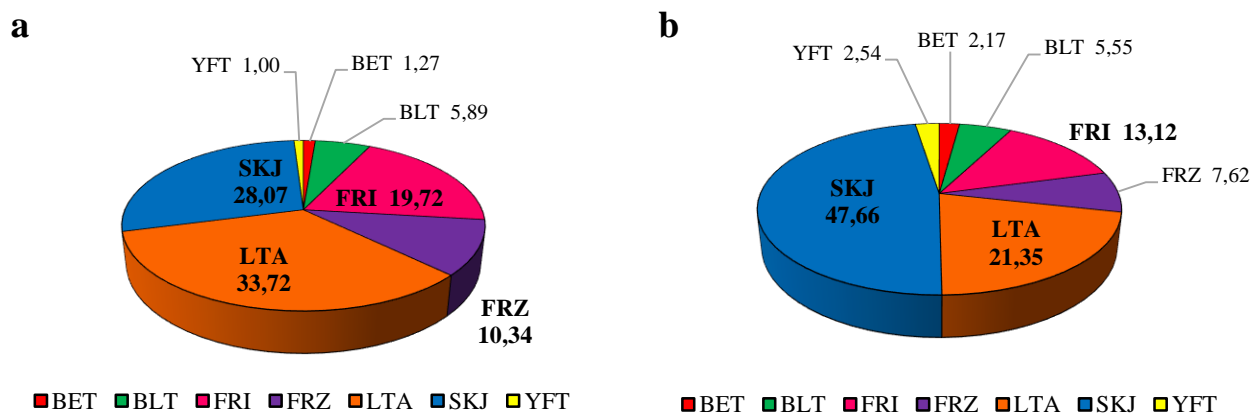


Figura 13.- Porcentaje de las especies objetivo descartadas, a) en lances sobre bancos libres y b) con objetos flotantes por la flota atunera durante los programas de muestreo BPTUN y DCR entre 2012 y 2015.

Tabla 11.- Datos de capturas y descartes de las especies objetivo desglosadas por año y tipo de lance para cada especie efectuados por los buques participantes en los programas BPTUN y DCR entre 2012 y 2015.

Especies Túidos	2012		2013				2014				2015				Total general		
	BL	BO	BL	BO	BL	BO	BL	BO	BL	BO	BL	BO					
	Captura	Descarte	Captura	Descarte	Captura	Descarte	Captura	Descarte	Captura	Descarte	Captura	Descarte	Captura	Descarte			
<i>A. rochei</i>		4	4	47,692		6,106	171,4	233,544			171	138,704	68,86	39,9	317	37,676	1239,882
<i>Auxis sp.</i>	78	14,01	300,01	164,72	51	0,2	977,45	130,792	142	3	1347,25	141,814	58	70,6	1171,5	190,806	4841,152
<i>A. thazard</i>	1	0,2	171,7	73,28	32,2	75,42	336,475	264,906	43	22	793,5	645,5	3,96	69,862	348,5	98,216	2979,719
<i>E. affinis</i>			2														2
<i>E. alletteratus</i>	8	4	136,7	149,82	70	25,984	117,46	407,89		14,02	133,6	610,838	35,68	242,488	438,5	591,18	2986,16
<i>K. pelamis</i>	695,112	31,022	7885,52	190,322	3495,16	106,16	35356,56	1613,99	2203	9	42710,7	1323,85	1958,9	92,24	39746,9	800,74	138218,8
<i>T. alalunga</i>	94,16				8								247,26		0,04		349,46
<i>T. albacares</i>	5085,805	6	2390,7	5,706	10907,5	1,838	7978,82	98,94	13058	0,6	6741,225	56,894	9769,59	0,048	12525,6	47,598	68674,61
<i>T. obesus</i>	350,5	10	904,35	15,158	295,09	0,5	4487,95	93,704	388	0,3	4149,05	40,35	180		5683	29,532	16627,48
Total general	6312,577	69,232	11796,98	646,698	14858,9	216,208	49433,11	2843,77	15833	48,92	56046,33	2957,95	12322,3	515,138	60232,04	1797,95	235931,5

3.4. Análisis de los descriptores de la comunidad asociada a esta pesquería

En las tablas 12 y 13 se muestran los descriptores ecológicos de las comunidades pelágicas asociadas a FADs y bancos libres analizados. En ellas se recogen los rangos de riqueza específica (S), Abundancia (N), Biomasa (B) e índice de diversidad de Shannon-Viewer (H') por día de observación (DObs.). Se aprecia que, salvo el máximo de biomasa obtenido, el conjunto de parámetros ecológicos estimados muestra valores más altos en las comunidades asociadas a FADs que a bancos libres de especies de túnidos.

Tabla 12. Estadísticos descriptivos de los descriptores de la comunidad de peces pelágicos asociada a Bancos Libres de túnidos(BL) (Diversidad H-Shannon, Riqueza S, Abundancia N y Biomasa B)

	DObs.	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
S (Riqueza específica)	522	1	212	15,98	29,7
N (abundancia)	522	1	10844	366,2	1570
B (Biomasa estimada)	522	0,0005	72,5	2,12	7,7
Índice H'-Shannon	522	0,284	4,73	1,87	1,09

Tabla 13. Estadísticos descriptivos de los descriptores de la comunidad de peces pelágicos asociada a FADs (Diversidad H-Shannon, Riqueza S, Abundancia N y Biomasa B).

	DObs.	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
S (Riqueza específica)	1215	1	1024	114,54	238,54
N (Abundancia)	1215	1	2083250	33419,35	218463,46
B(Biomasa estimada)	1215	0,00445	60,73	3,79	4,98
Índice H'Shannon	1215	0,05	6,3839	2,764	1,528

4.- Discusión

Actualmente, gran parte de las pesquerías mundiales de cerco destinadas a la captura a túnidos se sustentan en el uso de objetos flotantes a la deriva (FADs) y la capacidad que estos tienen para agregar peces en su entorno (Fonteneau et al., 2000; Castro et al., 2002; Dempster y Taquet, 2004). El gran desarrollo de las pesquerías de túnidos con FADs se produjo a partir de 1990, principalmente en las áreas ecuatoriales, y orientada a la captura de bonito-listado (*Katsuwonus pelamis*), patudo (*Thunnus obesus*)

y rabil (*Thunnus albacares*) (Langley et al., 2009; Fonteneau, 2011; Davies et al., 2014). No obstante, los especímenes de estas especies que se concentran en torno a los FADs son fundamentalmente juveniles (Castro et al., 2002; Robert et al., 2012). De este modo, el masivo uso de DAPs por las flotas cerqueras, en todos los océanos, ha introducido un gran nivel de incertidumbre en la mayoría de las evaluaciones de stocks, (Fonteneau et al., 2000; Davies et al., 2014), pero no solo en las especies objetivo sino también en las que se pescan conjuntamente con ellas (by-catch).

Se estima que 7,3 millones de toneladas de peces de especies no-objetivo (by-catch), incluyendo atunes de talla inferior a la comercial, son descartadas anualmente en el conjunto de pesquerías mundiales (Kelleher, 2005). Globalmente, se estima que la pesca con FADs, de forma conservativa, produce aproximadamente 100.000 toneladas de by-catch al año (Bromhead et al., 2003). El by-catch obtenido en los lances con FADs significan en torno al 10% de la captura total (sobre bancos libres solo se genera entre el 1 y 2%), y está compuesta tanto por atunes de talla pequeña como por una amplia variedad de ejemplares de otras especies (Fonteneau et al., 2000; Hall y Roman, 2013). Los juveniles de las especies de atún objetivo representan en torno al 90-95% del by-catch (Hall y Roman, 2013).

A la vista de los resultados obtenidos de este estudio, existe una amplia diversidad específica en la fauna asociada a los FADs y bancos libres de túnidos, la cual se refleja en el by-catch que se genera en esta pesquería. Algunos grupos y ciertas especies son muy frecuentes y dominan de forma notable sobre el resto, particularmente las pertenecientes a las familias Carangidae. Así, las especies más comunes en el by-catch fueron *Caranx crysos*, *Canthidermis maculata*, *Elegatis bipinnulata*, *Lobotes surinamensis*, *Seriola rivoliana*, *Coryphaena hippurus* y *Acanthocybium solandri*, todas ellas capturadas mayoritariamente en lances sobre FADs, en concordancia con los datos dados por Sarralde et al. (2004). En este sentido, los peces óseos (exceptuando a los túnidos) son el grupo que más contribuye a la biomasa (66 %) capturada en torno a los FADs, lo cual coincide con la información existente sobre la ictiofauna asociada a estos objetos (Castro et al., 2002). No obstante, también es relevante la presencia de tiburones como parte del by-catch (6,68 % de media), destacando *Carcharhinus falciformis* entre el conjunto de especies de este grupo. Esta relevancia de los tiburones como parte del by-catch de las pesquerías de cerco al objeto ha sido previamente descrita y puesta en valor por diversos autores (Amandè et al., 2010; Sarralde et al., 2004; Torres-Irineo et al., 2014). Curiosamente, cuando se realiza una comparación con el by-catch generado en las pescas sobre bancos libres de túnidos, la especie de tiburón predominante es *Prionace glauca*, al contrario de lo indicado por Sarralde et al. (2004) que sólo la citan en lances sobre FADs.

Por otro lado, y en concordancia con Amandè et al. (2010), Chassot et al. (2009), Santana et al. (1998) y Sarralde et al. (2004), es reseñable la presencia en el by-catch de peces con espada, tortugas y cetáceos, especies consideradas como vulnerables por la IUCN. Así, en el by-catch es relativamente frecuente encontrar especies de las familias Istiophoridae y, en menor medida, Xiphiidae (peces espada y marlines), aunque con una contribución relativamente baja a la biomasa total (0,05% de media), tanto en pesca sobre FADs (2,61 %) como sobre bancos libres (0,03 %). Igualmente ocurre con las tortugas marinas, que, aunque no contribuyen de forma significativa a la biomasa del by-catch, sí que es relevante el elevado número de ejemplares sobre los que incide (entre 2012 y 2015

se capturaron 1403 ejemplares, principalmente *Lepidochelys olivacea* y *Caretta caretta*). Esto último supone un aumento importante con respecto a los datos dados por Amandè et al. (2010), que sólo registran 40 ejemplares, o por Bourjea et al. (2014), que proporcionan 182 individuos entre 1995 y 2011. Con los cetáceos, a diferencia de los otros dos grupos, ocurre un fenómeno muy particular y es que su presencia en el by-catch (52 ejemplares sólo en 2013), puede estar motivada en que estos animales son utilizados ellos mismos como FADs y, por tanto, capturados de forma deliberada.

La disparidad de los resultados que existen en torno al impacto de la pesquería con FADs sobre especies vulnerables y amenazadas hay que analizarlos con cautela, ya que es importante la cobertura del muestreo, así como el aumento de las operaciones sobre objetos flotantes en el periodo 2012-2015, con respecto a 2003-2007. De hecho, durante la “Primera reunión del grupo de trabajo AD HOC” sobre FADs celebrada en Madrid, en mayo de 2015, se planteó que el número total estimado de FADs, y boyas con GPS, utilizados diariamente por todas las flotas de cerco para 2007-2013 había experimentado un fuerte incremento, aumento que ha sido constatado en algunos estudios (Fonteneau et al., 2015). En este contexto, se estima que número total de FADs instalados anualmente en el Atlántico por toda la flota atunera, pudo haberse incrementado desde menos de 7000 antes de 2008, a 17300 en el año 2013, aumentando 2,6 veces entre los periodos 2004-2007 y 2010-2013. Es más, al contrario de lo expuesto por Amandè et al. (2010), nuestros resultados recogen un mayor número de observaciones en lances sobre FADs que en bancos libres, lo que ha generado posiblemente un aumento del 0,05% de media en la captura de todas las especies de tortugas marinas.

Siguiendo el criterio planteado por Pallarés y Petit (1998), se consideran lances sobre bancos libres los realizados sobre cetáceos (misticetos, grandes y pequeños odontocetos) y sobre objetos flotantes los realizados sobre tiburón ballena (*Rhincodon typus*). En este trabajo se han analizado de manera meramente descriptiva, debido a la disparidad de los datos en los años de estudio. En estos lances, el by-catch estuvo compuesto principalmente por tiburones (29,8-6,2% de media en peso) y peces óseos (no túnidos) (un 9,5-6,2% en peso de media). En general, presentaron una composición faunística muy similar a la registrada bajo los tipos de lances corrientes.

Los descartes producidos en las pesquerías de túnidos con cerco son, en promedio, aproximadamente 6 veces menos que los producidos en la pesquerías de túnidos con palangre, y casi 13 veces menos que el generado en las pesquerías de camarón con arrastres (Kelleher, 2005), pero cuando en estas se introduce el uso de DAPs los niveles de by-catch aumentan de forma significativa (Hall, 1998; Dempster y Taquet, 2004). En nuestro caso, los niveles de by-catch generados son relativamente bajos, en una proporción del 6 % con respecto a la captura total, muy similar al resultado obtenido por Amandè et al. (2010). Sin embargo, y a pesar de este bajo nivel de descartes, se observa que los lances sobre FADs producen una mayor proporción de descartes que en lances sobre bancos libres, tanto en cantidad como en el número de especies afectada, tal y como también apuntan Amandè et al. (2010, 2012), Molina et al. (2014), Sarralde et al. (2004) y Torres-Irineo et al. (2014). Pero en general, y de forma paradójica, el grupo más descartado en esta pesquería con independientemente del tipo de lance y época del año, son los juveniles de las especies objetivo (41 t por cada 1000 t desembarcadas). En este sentido, Fonteneau (2000), Chassot et al. (2009) y Amandè et al (2010) indican que

Katsuwonus pelamis y *Euthynnus alletteratus* son las especies más frecuentemente descartadas en lances FADs. A este grupo hay que añadir otros túnidos y escómbridos menores tales como las melvas (*Auxis thazard* y *A. rochei*) con niveles de 28 t/1000 t (Amandè et al., 2010; Delgado de Molina et. al., 2000; Sarralde et. al., 2004, 2006).

En términos generales, las especies objetivo (17,66 t /1000 t), tiburones (4,93 t /1000 t) y los peces espada (1,27 t /1000 t) son las más descartadas, en biomasa, en los lances realizados sobre bancos libres. Sin embargo, en las pescas realizados sobre FADs la composición específica es muy diferente, aunque las especies objetivo son también las más descartadas (47,7 t / 1000 t). Son las diversas especies de peces óseos (no túnidos) (18,84 t /1000 t) y tiburones (5,29 t /1000 t) los más descartados tras las especies objetivo.

La mayor proporción de los túnidos de talla no comercial y de otras diversas especies en el by-catch de las pesquerías con FADs, refuerza el temor de que este tipo de pesca puede causar una importante reducción en la biomasa de las especies afectadas, y puede alterar la estructura ecológica y biodiversidad de los océanos (Hall et al., 2000; Dempster y Taquet, 2004). Las poblaciones de muchos animales marinos (e.g. cetáceos, tortugas, tiburones y peces) son impactadas muy negativamente por esta modalidad de pesca. En este sentido, los FADs son una importante fuente de mortalidad para algunas especies ya amenazadas de extinción (Gilman y Freifeld, 2003; Filmalter et al., 2013; Lewison et al., 2004; Dempster y Taquet, 2004), y pueden estar funcionando como trampa ecológica (Marsac et al., 2000) con consecuencias desconocidas también para las especies objetivo (Hallier y Gaertner, 2008; Davies et al., 2014). Además, los efectos bioecológicos negativos de los altos niveles de by-catch producirán también, a medio plazo, impactos económicos negativos (García et al., 2003; Hall y Roma, 2013; Santana-Ortega, 2016).

Agradecimientos

Agradecer en primer lugar a mis tutores el Dr. José Juan Castro Hernández y el Dr. Pedro Pascual Alayón por su dedicación e interés. También al personal del COC y, concretamente, al departamento de túnidos, especialmente a Lourdes y Curro, ya que, sin sus consejos, esto no habría sido posible. Mención especial, a mis compañeros y amigos Pato, Sara, Cris y Linder por ese apoyo constante y compañerismo que se ha respirado desde que les conozco.

Y desde aquí poner en valor el trabajo que realizan los observadores a bordo de buques pesqueros, pues sin su dedicación y esfuerzo, trabajos como éste y otros muchos, no serían posibles.

Bibliografía

- Amandè, M.J., Ariz, J., Chassot, E., Delgado de Molina, A., Gaertner, D., Murua, H., Pianet, R., Ruiz, J. and Chavance, P., 2010. "Bycatch of the European Purse Seine Tuna Fishery in the Atlantic Ocean for the 2003–2007 Period." *Aquatic Living Resources, EDP Sciences*, 23(4): 353–62.

- Amandè, M.J., Chassot, E., Chavance, P., Murua, H., Delgado de Molina, A. and Bez, N., 2012. "Precision in Bycatch Estimates: The Case of Tuna Purse-Seine Fisheries in the Indian Ocean." *ICES Journal of Marine Science*, 69: 1501–10.
- Babcock, E., Ellen, A., Pikitch, K. and Charlotte G. Hudson. 2003. "How Much Observer Coverage Is Enough to Adequately Estimate Bycatch?" *Methodology*: 1–36.
- Bourjea, J., Clermont, S., Delgado de Molina, A., Murua, H., Ruiz, J., Ciccione, S. and Chavance, P. 2014. "Marine Turtle Interaction with Purse-Seine Fishery in the Atlantic and Indian Oceans: Lessons for Management." *Biological Conservation* 178(October): 74–87.
- Bromhead, D. J. Foster, R. Attard, J. Findlay, and J. Kalish. 2003. A review of the impact of fish aggregating devices (FADs) on tuna fisheries: final report to Fisheries Resources Research Fund. Fisheries and Marine Sciences Program, Bureau of Rural Sciences (BRS), Commonwealth Department of Agriculture, Fisheries and Forestry – Australia.
- Castro, J.J., J.A. Santiago, and A.T. Santana-Ortega. 2002. A general theory on fish aggregation to floating objects. An alternative to meeting point hypothesis. *Rev. Fish Biol. Fish.* 11:255-277
- Chassot, E., Amandè, M.J., Chavance, P., Pianet, R., and R.G Dédo. 2009. Some Preliminary Results on Tuna Discards and Bycatch in the French Purse Seine Fishery of the Eastern Atlantic Ocean. *Collective Volume of Scientific Papers* 64(4): 1054–67.
- Clarke, K.R. and R.N. Gorley. 2006. PRIMERv6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth: 192 pp.
- Dagorn, L., K.N. Holland, V. Restrepo, and G. Moreno. 2013. Is It Good or Bad to Fish with FADs? What Are the Real Impacts of the Use of Drifting FADs on Pelagic Marine Ecosystems? *Fish and Fisheries* 14(3): 391–415.
- Davies, T.K., C.C. Mees, and E.J. Melner-Gulland. 2014. The past, present and future use of drifting fish aggregating devices (FADs) in the Indian Ocean. *Mar. Pol.* 45:163-170.
- Dempster, T., & Taquet, M. (2004). Fish aggregation device (FAD) research: gaps in current knowledge and future directions for ecological studies. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 14(1):21-42.
- Domalain, G., 1998. "Lista faunistica de las especies asociadas a las capturas de atún de las flotas de cerco comunitarias que faenan en las zonas tropicales de los océanos Atlántico e Índico." *Collect. Vol.Sci. Pap. ICCAT* 48(3): 129–37.
- Doulman, D.J. (1987) Development and Expansion of the tuna purse seine fishery. *In Tuna Issues and Perspectives in the Pacific Islands Region*, p. 133-160. East-West Center, Honolulu, Hawaii.
- Filmalter, J.D., M. Capello, J-L- Deneubourg, P.D. Cowley, and L. Dagorn. 2013. Looking behind the curtain: quantifying massive shark mortality in fish aggregating devices. *Front. Ecol. Environ.* 11(6):291-296.
- Fonteneau, A. 2011. Summary of the 2nd symposium on "Tuna Fisheries and FAD" Tahiti, November 28th-December 2nd, 2011. IOTC 2011 – SC14-INFO07, 3pp.
- Fonteneau A., Pallarés P., Pianet R., 2000, A worldwide review of purse seine fisheries on FADs. In: Cayré P., Le Gall J. Y., Taquet M. (Eds.) Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons, Colloque Caraïbe-Martinique, Trois-Ilets, 15-19 octobre 1999. Institut de recherche pour le développement, Institut français de recherche pour l’exploitation de la mer, Ecole nationale supérieure agronomique de Rennes. Editions Quae, 684 p.

- Fonteneau, A. et al. 2000. Observed Changes in the Species Composition of Tuna Schools in the Gulf of Guinea between 1981 and 1999, in Relation with the Fish Aggregating Device Fishery. *Aquatic Living Resources* 13(4): 253–57.
- Fonteneau, A., E. Chassot, and D. Gaertner. 2015. Managing Tropical Tuna Purse Seine Fisheries through Limiting the Number of Drifting Fish Aggregating Devices in the Atlantic: Food for Thought. *ICCAT SCRS/2014/133 Rev* 71(1): 1–20.
- Fréon, P., and Dagorn, L. (2000) Review of fish associative behaviour: Toward a generalisation of the meeting point hypothesis. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, :1-25.
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2015. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (10/2015). (fishbase lista especies)
- Garcia, S.M., A. Zerbi, C. Aliaume, T.Do Chi, and G. Lasserre. 2003. The ecosystem approach to fisheries. Issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook. FAO Fish. Tech. Pap. 443:1-71.
- Gilman, E.L. 2011. Bycatch Governance and Best Practice Mitigation Technology in Global Tuna Fisheries. *Marine Policy* 35(5): 590–609.
- Gilman, E., and H. Freifield. 2003. Seabird Mortality in North Pacific Longline Fisheries. *Endangered Species Update*, 20 (2): 35-46.
- Greenblatt, P. R. (1979) Associations of tuna with objects in the Eastern tropical Pacific. *Fish. Bull.* 77(1): 147-155.
- Hall, M. 1998. An ecological view of the tuna–dolphin problem. *Rev. Fish Biol. Fish.* 8:1-34.
- Hall, M.A., D.L. Alverson, and K.I. Metuzals. 2000. By-catch: problems and solutions. *Mar. Poll. Bull.* 41:204–219.
- Hall, M., and M. Roman. 2013. Bycatch and non-tuna catch in the tropical purse seine fisheries of the world. FAO Fish. Aquacult. Tech. Pap., 568:1-249.
- Hallier, J-P., and D. Gaertner. 2008. Drifting fish aggregation devices could act as an ecological trap for tropical tuna species. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 353:255-264.
- Itano, D., and K.N. Holland. 2000. Movement and vulnerability of bigeye (*Thunnus obesus*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in relation to FADs and natural aggregation points. *Aquat. Living Resour.* 13:213–223.
- Kelleher, K. 2005. Discards in the world’s marine fisheries. FAO Fish. Tech. Pap. 470:1-131.
- Langley, A., M. Herrera, J-P. Hallier, and J. Million. 2009. Stock assessment of yellowfin tuna in the Indian Ocean using MULTIFAN-CL. IOTC-2009-WPTT-10
- Lewison, R.L., L.B. Crowder, A.J. Read, and S.A. Freeman. 2004. Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. *Trends Ecol. Evol.*, 19(2): 598–604.
- Marsac, F., A. Fonteneau, and F. Ménard. 2000. Drifting FADs used in tuna fisheries: an ecological trap? In: Le Gall, J.Y., Cayre, P. Taquet, M. (eds). *Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons*. Actes Colloques-IFREMER 28:537-552.
- Molina-Delgado, A., J. Ariz, D. Gaertner, and J.C. Santana. 2000. Estimación de la importancia de las capturas de especies accesorias y de descartes descartes en la pesquería de cerco de túnidos tropicales en el océano Atlántico oriental, Coll. Vol. Sci. Pap. ICCAT (2000) 51: 1859 - 1875

- Molina-Delgado, A., J. Ariz, H. Murua, and J. C. Santana. 2014. Spanish Fish Aggregating Device Management Plan. Preliminary Data by Alicia Delgado de Molina 1 , Javier Ariz 1 , Hilario Murua 2 and J. Carlos Santana 1.”
- Moreno, G., L. Dagorn, G. Sancho and D. Itano. 2007. Fish behaviour from fishers' knowledge: the case study of tropical tuna around drifting fish aggregating devices (DFADs). *Can. J. Fish. Aquat. Scie.*, 64(11):1517-1528.
- Pallarés, P, and Ch. Petit. 1998. Tropical Tunas: New Sampling and Data Processing Strategy For Estimating the Composition of Catches by Species and Sizes. *Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015* 1(2): 230–46.
- “Primera Reunión Del Grupo de Trabajo AD HOC Sobre DCP.” Madrid 2015. : 11–12.
- Robert, M., L. Dagorn, J.L. Deneubourg, D. Itano, and K. Holland. 2012. Size-dependent behavior of tuna in an array of fish aggregating devices (FADs). *Mar. Biol.*, 159(4):907-914.
- Rodríguez-Alfaro, S. 2013. Impacto de los artes de pesca sobre las especies y ecosistemas. In: La pesca, entre sus circunstancias y consecuencias, pp: 71-107 . Castro, J.J, (Ed.). Anroart Ediciones.
- Santana, J.C., Delgado de Molina, A., Delgado de Molina, R., Ariz, J., Stretta, J.M. and Domalain, G., 1998. “Lista faunística de las especies asociadas a las capturas de atún de las flotas de cerco comunitarias que faenan en las zonas tropicales de los océanos Atlántico e Índico.” *Collect. Vol.Sci. Pap. ICCAT* 48(3): 129–37.
- Santana-Ortega, A.T., 2016. Estudio del comportamiento de la ictiofauna en torno a los dispositivos de agregación de peces. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Sarralde, R, J Ariz, A Delgado De Molina, P Pallarés, and J.C. Santana. 2004. Análisis de los datos obtenidos por observadores en atuneros cerqueros españoles en el océano Atlántico durante las últimas moratorias sobre objetos flotantes (2001-2002 Y 2002-2003). *Collect. Vol.Sci. Pap. ICCAT* 56(2): 401–13.
- Sarralde, R., Ariz, J., Delgado de Molina, A., Pallarés, P., and Santana, J.C., 2006. “Actividad de los observadores en la flota atunera española de cerco en el océano Atlántico desde 2001 al 2005.” *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 59(2): 690-700.
- WoRMS Editorial Board (2016). World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2016-06-06 (lista de especies)

Preliminary analysis of the by-catch and the associated fauna in the industrial fishery of tropical tunas in the Atlantic Ocean between 2012 and 2015.

Yasmina Diaz Siverio*

Faculty of Marine Sciences, Master in Sustainable Management of Fisheries Resources, University of Las Palmas de Gran Canaria.

*Author. Tel.: 619174890, e-mail: yasminadsiv.86@gmail.com

Abstract:

Analyzes the associated fauna and the by-catch of the main groups of species caught by the purse seine tuna fleet Union which operates in the Atlantic Ocean during the period 2012 to 2015. Data were collected through two Spanish programmes of observers, the DCR and BPTUN, and represented a total of 311 observed trips corresponding to 17.13 % coverage of the fleet. The by-catch is defined as non-target species and individuals of non-commercial size of target species, or that are damaged in the maneuver, which are not marketed. The data were stratified by type of set (free schools vs. floating object) and by seasonality (quarters). It was estimated that over the study period the by-catch total was 13893,11 t, corresponding to a proportion of 63.6 t for each 1000 t landed. The non-commercial size tunas represent 65.5 % (41 t/1000 t) of the total discarded, followed by other fishes with a 23.7 % (14.9 t /1000 t), sharks with a 6,7 % (5.21 t /1000 t), billfishes with a 2,61 % (1.63 t /1000 t), rays (1.14%, 0.72 t/1000 t), turtles (0.38%, 0.24 t/1000 t) and cephalopods (0.0005 %, 0.0003 T/1000 t). There are significant differences in the fauna observed and by-catch between fishing to free schools and/or fishing to object.

Keywords: by-catch, associated fauna, free bank, Banco object, system associated, floating object.

1.- Introduction

The purse seine fishing is one of the methods most commonly used extractive for the capture of pelagic species, particularly pelagic fish medium and tunas (Rodríguez-Alfaro, 2013). This type of fishing gear are also used for fish shoals or aggregations of fish associated with floating objects such as logs and other objects to the drift of natural origin (even whales) (Castro *et al.*, 2002) and anthropogenic (i.e. FADs, in its acronym) (Fonteneau *et al.*, 2000; Moreno *et al.*, 2007). Branches and trunks of trees, as well as a variety of other objects, are floating along the ocean, but are more frequent in areas of convergence of currents and masses of waters. Also the tuna is added around these objects by several possible reasons (e.g. food, shelter, orientation, etc.) (Fréon and Dagorn, 2000;

Castro *et al.*, 2002; Dempster and Taquet, 2004; Santana-Ortega, 2016). However, this aggregating behavior of different species of tuna increases their vulnerability (Itano and Holland, 2000).

In the tropical western Pacific took top the first purse seine fishery on tunas associated with floating objects to the derived or FADs (Doulman, 1987). The first commercial fishery on FADs was developed in the Philippines, at the beginning of the decade of 1960, oriented to the catch of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) (Greenblatt, 1979). Currently, much of the purse seine fishery tuna-oriented is based on the capture of banks associated with floating objects in all oceans (Fonteneau *et al.*, 2000; Dempster and Taquet, 2004; Santana-Ortega, 2016). The great development of the tuna fisheries with FADs came from 1990, mainly in equatorial areas, development that is still continuing. In this sense, the capture of tuna fisheries associated with FADs is around 2 million tonnes per year (about 60 per cent of the total catch made with purse seine), based mainly on the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) (70% of the catches of this species are obtained with FADs) (Fonteneau, 2011; Davies *et al.*, 2014). On the other hand, the majority of the stocks of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) are overexploited (Langley *et al.*, 2009), and the individuals of these species that are concentrated around the FADs are mainly juveniles (Robert *et al.*, 2012), with a lower average weight (3-5 kg) when considered suitable for the correct management of the stocks. In this way, the massive use of FADs by the purse seine fleets, in all oceans, has introduced a high level of uncertainty in the majority of evaluations of stocks, due to the difficulty in the analysis of the changes in fishing effort (the use of FADs affects the quantification of the catchability and casts doubt on the validity of the use of the CPUE as an appropriate index of variations in abundance) (Fonteneau *et al.*, 2000; Davies *et al.*, 2014).

This change in the fishing strategy not only increased catches significantly due to the increase of the fishing power of the vessels, but that may be producing significant changes in the dynamics and the behavior of tuna and other species associated with these drift objects, exist many gaps in knowledge (Marsac *et al.*, 2002; Fonteneau *et al.*, 2000; Davies *et al.*, 2014). According to Fonteneau *et al.* (2000) and Filmalter *et al.* (2013), the massive use of FADs is perhaps an unsafe way of fishing, which could produce the overfishing of many stocks, not only of the tuna species but also of those that are captured as part of the by-catch (e.g. sharks), the majority of whom are subsequently discarded. The different Regional Fisheries Management Organizations (RFMO), consider it a priority to the research on this topic and there are numerous groups of scientists working in this line of research. The results contribute and help to improve the selectivity of this fishing modality, being also very useful for the advice and management of it.

The Code of Conduct for Responsible Fisheries of 1995 (the Code) of the Organization of the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) urged the sustainable use of aquatic ecosystems and requires that fishing is carried out with due respect for the environment. This Code also promotes the maintenance, preservation and conservation of the biodiversity of ecosystems by minimizing the impacts of fisheries on non-target species and the ecosystem in general.

In general, the purse seine fishery is very selective in comparison with other as is the trawling and the longline. In fact, Dagorn *et al.* (2013) suggest that the FADs, under

a proper management strategy, could be an ecological method of fishing because it generates lower proportion of discards which any other system of fisheries. The studies for estimation of by-catch in a fishery are fundamental and its importance is growing. The catch of tunas under this modality of fisheries, on floating objects, presents or produces a by-catch important. The greater part of this, occurs due to herd behavior that present the pelagic species to be found with these devices to the drift. The floating objects or FAD, are increasingly are technologically equipped, may be located in real time via a beacon station, which provides not only the position but who also tend to be equipped with a echosound that allows them to estimate the evolution of the bank that is associated with that object. Due to its great potential, it is necessary to know the impact of this activity or modality of industrial fisheries in the marine ecosystem. Some species involved are characterized by its slow growth, late age of maturity, low fertility, which makes them highly vulnerable, as can be the sharks and turtles, among others. So much so that some are threatened according to the International Union for the Conservation of Nature (IUCN) and others have suffered significant declines in their populations.

In the year 2001, the European Union established a mandatory sampling program to obtain data in the fisheries sector under the *EU Data Collection regulation (DCR)*, as support to its common fisheries policy. The main objective of the program of sampling is the estimated amounts of by-catch in European fisheries. The *Institut de Recherche pour le Développement (IRD)*, the *Instituto Español de Oceanografía (IEO)* and AZTI-Tecnalia are the French and Spanish centers responsible for the taking and analysis of data via the observer programs carried out in the European purse seine tuna fleet operating in the Atlantic Ocean and the Indian Ocean. On the recommendation of the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT in English), the minimum coverage of observers has to be of a 10 per cent of the fleet (Amandè et al., 2010).

In the year 2011, ICCAT stipulates a Management Plan for FADs, amended in 2013, thanks to the consensus between the different Regional Fisheries Management Organizations (RFMOs) of tuna, the Spanish Ministry of Agriculture, Food and the Environment, in close collaboration with the IEO and the different business organizations of tuna (OPAGAC and ANABAC). The management plan of FAD Spanish, is binding for the tuna and their support boats operating in the three oceans and flying the Spanish flag. On the other hand, ANABAC and OPAGAC (two different organization of producers tuna freezers vessels) have welcomed the voluntary program of "good practices" for fisheries of tropical tunas (Molina et al., 2014).

In this document, presents a preliminary analysis of the data on the capture of associated species and discarding of target species that performs the fence industrial tuna fleet operating in the East Atlantic Ocean in the period between the years 2012 and 2015.

2.- Material and Methods

The observation that collects the scientific observer on board is generically in a collection of all the professional activity of the fleet and on the marine species caught. Is recorded daily each time the fishing activity of the vessel; in each set are recorded and

quantified target species and all catch species captured. Registers, a detailed description of the floating objects that are installed by purse seine and fishing activity that takes place around them.

Defines the terminology used in the development of this work. These terms are the same that have been adopted by the FAO (1999) and Killeher (2005):

- Total catch: The whole biomass retained in the network
- Production: target species that are landed and that are sold in the market and factories. Generally, there are three main species: yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) and bigeye tuna (*Thunnus obesus*).
- By-catch: all individuals, whether of target species and associated fauna, which are discarded. Here it is not studied their reason for discarding or become of it. In this study have not been included cetaceans and whale shark.²
- Fauna observed: all groups of species, except the target species, that are present in the sets made.

The data come from scientific observation programs DCR (2010) and BPTUN (2012) that coordinates the IEO. Data are analyzed from 26 ships of the tuna industrial fleet between years 2012 and 2015, inclusive. Analyzes a total of 311 fishing campaigns, corresponding to 2609 sets made in the Central Atlantic Ocean (Latitude between 10°S and 15°N and length from 35OW up to the African coast) (Fig. 1). The information of the observed species has been categorized in phylogenetic levels on the basis of the faunal groups. The group "other fishes" includes fish species of the families Belonidae, Hemiramphidae, Exocoetidae, Pomacentridae, Scombridae, Bramidae, Carangidae, Coryphaenidae, Nomeidae, Echeneidae, Kyphosidae, Lobotidae, Serranidae, Sphyrnidae, Zanclidae, Monacanthidae, Balistidae, Diodontidae, Tetraodontidae, Molidae and Fistulariidae. The group "billfishes" was formed with species of the families Istiophoridae and Xiphiidae. The group "sharks" includes families Alopiidae, Lamnidae, Carcharhinidae, Sphyrnidae and Rhicodontidae. The Group of the "rays" includes species of the families Dasyatidae, Myliobatidae and Torpedinidae. The group "turtles" contains species of the families Cheloniidae and Dermochelyidae. The category of "cetaceans" brings together families Balaenopteridae and Delphinidae. The group "cephalopods" is built with Species of the families Loliginidae, Octopodidae and Ommastrephidae.

The data is analyzed according to fishing mode (to the free schools, FSC, or floating objects, FADs). And, on the other hand, the data is analyzed from sets made on cetaceans (baleen whales, large and small toothed whales) is considered set made on free schools and whale shark (*Rhincodon typus*), that have been considered as sets on floating objects (Pallarés and Petit, 1998).

During the scientific observation on board, observers conducted size sampling of the discarded species and on catch species that were present in sets. The sampling was to measure the size of the individuals to the centimeter below, identify the sex in the case of

² Mostly are released alive, so they are not taken into account as by-catch.

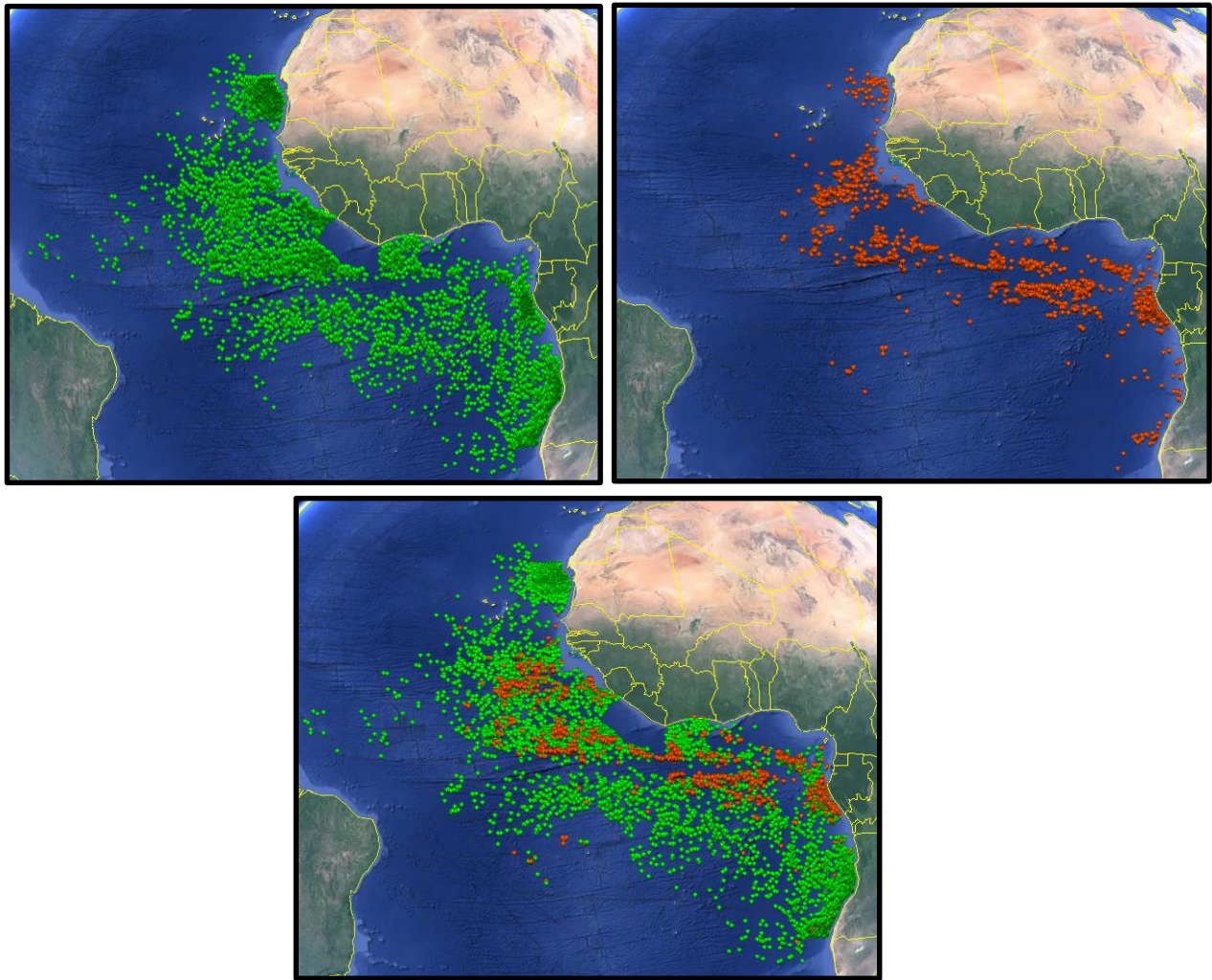


Figure 1. Map that represents the fishing zone of the industrial tuna fleet. In green colour are represented sets made on FADs, and in orange colour sets on free schools.

selaceans and turtles and quantify numerically, or weight, the contribution of these species in the catch.

Program was used for the PGadmin III, in an environment R, for the removal of the database information globally through previously designed consultations via the link to the corresponding tables. The programs were used QGIS and Google Earth for the elaboration of the figure 1. The programs were used Excel, for the elaboration of the charts and tables relating to the information obtained, and Statistica v10 to the descriptive statistical analysis and for the estimation and contrast of hypotheses. We made some parametric tests (*one*-way ANOVA) and, when it could not be assumed the equality of variances (Levene test), used the non-parametric tests of *Kruskal-Wallis* and *Mann-Whitney tests* to verify the assumptions about differences between fishing methods and systems observed. The analysis and calculation of ecological parameters of the species of the by-catch was carried out using the analytical software *first* (Clarke and Gorley, 2006).

3.- Results

In general, the coverage ratio of observers on board reached 17,13 % of total fishing campaigns developed by the purse seine fleet community during that period. The coverage was increased gradually in the year 2012, with a total of 32 controlled fishing campaigns, until the 99 campaigns analyzed in the year 2015 (Table 1).

Table 1. Total annual number of trips made and analyzed and percentage of coverage between years 2012 and 2015

Year	Total Trips	Trips Observed	% Coverage
2012	406	32	7.30
2013	361	85	19.05
2014	342	95	21,73
2015	395	99	20,04
2012 - 2015	1504	311	17.13

A summary is presented of the data of by-catch in this study period, broken down by type of lance. The values reflect the average tonnes by lance and tons annual averages.

The largest proportion of by-catch was conformed by the non-commercial size tunas (both of the target species and other scombrids), with more than 9000 tonnes in the four years of study, (\bar{X} = 1.3 t/set; SD = 7.32). The category "other fish" occupies the second most important group of by-catch, with something more than 3000 tonnes discarded in four years (\bar{X} = 0.84 t/set; SD = 0.47). Also the sharks, with more than 1000 tons discarded during these last 4 years (\bar{X} = 0.86 t/set; SD= 0.13), are an important component of the by-catch of this fishery.

Another very important aspect is that the by-catch originated as a result of fishing on object (FAD) is ten times higher than the originated from fishing to free schools (FSC), with an average per set 2.53 t and 0.62 t, respectively. On the other hand, the capture of tuna is encrypted in 226191,804 t in the four years (\bar{X} =32,44 t/set; SD= 40.22), with an average of 25.08 t caught in hauls on FSC (SD= 30,21) (Table 2) and 35,33 t on average in sets on floating objects (SD= 43,19) (Table 3).

Table 2.- Data means per set of by-catch total and annual by groups of species in hauls on free schools during the observation programs of IEO between 2012 and 2015.

BL								
	2012		2013		2014		2015	
	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Capture	22,87	203,46	26,88	202,48	27,72	256,89	21,74	296,66
By-catch Total	0.36	26.32	0.59	76,44	0.32	42,59	1.09	268,72
Groups (tonnes averages per set)								
Cephalopods	-	-	2,3E-05	-	-	-	-	-
Other fishes	0.02	0.31	0.04	0.35	0.004	0.07	0.02	0.18
Billfishes	0.05	0.14	0.04	0.11	0.02	0.13	0.02	0.13
Rays	0.003	0.05	0.03	0.50	0.01	0.32	0.02	0.24
Sharks	0.02	0.46	0.09	1.08	0.19	3.20	0.12	1.00
Turtles	0.008	0.11	0.004	0.04	0.003	0.04	0.003	0.04
Tunas	0.25	4.23	0.39	8.18	0.09	3.04	0.91	21.08

Table 3.- Data means per set of by-catch total and annual by groups of species in sets on floating objects during the observation programs of IEO between 2012 and 2015.

BO								
	2012		2013		2014		2015	
	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Capture	28.23	263,92	36,41	350,65	39.75	349,59	32,76	1364,24
By-catch Total	2.53	269,26	2.88	1035,55	2.73	1150,94	2.12	864,38
Groups (tonnes averages per set)								
Cephalopods	-	-	3,7E-05	-	-	-	-	-
Other fishes	0.86	0.83	0.51	0.34	0.350	0.32	0.94	1.24
Billfishes	0.06	0.15	0.06	0.13	0.06	0.13	0.06	0.18
Rays	0.011	0.15	0.03	0.66	0.03	0.89	0.02	0.15
Sharks	0.05	0.14	0.18	0.73	0.16	0.49	0.11	0.43
Turtles	0.010	0.05	0.010	0.09	0.010	0.04	0.010	0.06
Tunas	1.54	4.04	2.09	6.16	2.11	9.52	0.99	5.71

3.1.- Associated fauna

In table 4 relate species captured as part of the by-catch grouped by taxonomic levels, order and family, in addition to the target species. The species are labeled by groups of analysis. The by-catch was composed of 96 different species, 53 of which were bony fishes, being the family Carangidae the most representative in number of species and abundance. On the other hand, the number of species of elasmobranchs present in the by-catch was also relatively high, with 14 species of sharks and 9 of rays. Also notable is the diversity of species of turtles affected by this type of fishing, with 6 different species, like the cetaceans (with 5 species). The number of species of cephalopods present in the by-catch was of 3. Of the eight species of tuna, all formed part of the by-catch except *T. alalunga* and *E. affinis*.

Table 4. List of fauna in the species observed during the observation programs of the IEO between 2012 and 2015

Group Tax.	Order	Family	Gender/Species	Group-analysis
Osteichthyes	Perciformes	Scombridae	<i>Thunnus albacares</i>	"Tunas"
			<i>Thunnus obesus</i>	
			<i>Katsuwonus pelamis</i>	
			<i>Thunnus alalunga</i>	
			<i>Auxis rochei</i>	
			<i>Auxis thazard</i>	
			<i>Euthynnus alletteratus</i>	
			<i>Euthynnus affinis</i>	
Osteichthyes	Beloniformes	Belonidae	<i>Ablennes hians</i> , (Valenciennes, 1846)	"Other Fishes"
		Hemiramphidae	<i>Velox Euleptorhamphus</i> , Poey, 1868	
		Exocoetidae		
	Perciformes	Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i> , (Linnaeus, 1758)	
		Scombridae	<i>Acanthocybium solandri</i> , (Cuvier, 1832)	
		Bramidae	<i>Brama brama</i> , (Bonnaterre, 1788)	
		Carangidae	<i>Caranx crysos</i> , (Mitchill, 1815)	
			<i>Caranx lugubris</i> , Poey, 1860	
			<i>Caranx sexfasciatus</i> , Quoy & Gaimard, 1825	
			<i>Decapterus macarellus</i> , (Cuvier, 1833)	
			<i>Elagatis bipinnulata</i> , (Quoy & Gaimard, 1825)	
			<i>Naucrates ductor</i> , (Linnaeus, 1758)	
			<i>Selene dorsalis</i> , (Gill, 1863)	
			<i>Seriola rivoliana</i> , Valenciennes, 1833	
			<i>Uraspis secunda</i> , (Poey, 1860)	
			<i>Uraspis</i> sp.	
		Coryphaenidae	<i>Coryphaena hippurus</i> , Linnaeus, 1758	
			<i>Coryphaena equiselis</i> , Linnaeus, 1758	
		Nomeidae	<i>Cubiceps capensis</i> , (Smith, 1845)	
			<i>Cubiceps</i> spp.	
<i>Psenes cyanophrys</i> , Valenciennes, 1833				
Echeneidae	<i>Echeneis naucrates</i> , Linnaeus, 1758			

			<i>Phtheirichthys lineatus</i> , (Menzies, 1791)	
			<i>Remora brachyptera</i> , (Lowe, 1839)	
			<i>Remora osteochir</i> , (Cuvier, 1829).	
			<i>Remora remora</i> , (Linnaeus, 1758)	
			<i>Remora albescens</i> , (Temminck & Schlegel, 1850)	
		Kyphosidae	<i>Kyphosus cinerascens</i> , (Forsskål, 1775)	
			<i>Kyphosus sectatrix</i> , (Linnaeus, 1758)	
			<i>Kyphosus vaigiensis</i> , (Quoy & Gaimard, 1825)	
			<i>Kyphosus</i> sp.	
		Lobotidae	<i>Lobotes surinamensis</i> , (Bloch, 1790)	
		Serranidae		
		Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i> , (Edwards, 1771)	
		Zanclidae	<i>Zanclus cornutus</i> , (Linnaeus, 1758)	
		Istiophoridae	<i>Istiophorus albicans</i> , (Latreille, 1804)	
			<i>Makaira mazara</i> , (Jordan & Snyder, 1901)	
			<i>Makaira nigricans</i> , Lacepède, 1802	
			<i>Kajikia albida</i> , (Poey, 1860)	
			<i>Tetrapturus pfluegeri</i> , Robins & Sylva, 1963	
		Xiphiidae	<i>Xiphias gladius</i> , Linnaeus, 1758	"Billfishes"
	Tetraodontiformes	Monacanthidae	<i>Aluterus monoceros</i> , (Linnaeus, 1758)	
			<i>Aluterus scriptus</i> , (Osbeck, 1765)	
			<i>Cantherhines macrocerus</i> , (Hollard, 1853)	
		Balistidae	<i>Balistes capriscus</i> , Gmelin, 1789	
			<i>Balistes punctatus</i> , Gmelin, 1789	
		Diodontidae	<i>Diodon eydouxii</i> , Brisout of Barneville, 1846	
			<i>Diodon hystrix</i> , Linnaeus, 1758	
		Tetraodontidae	<i>Lagocephalus lagocephalus</i> , (Linnaeus, 1758)	
		Molidae	<i>Masturus lanceolatus</i> , (Liénard, 1840)	
			<i>Mola mola</i> , (Linnaeus, 1758)	
			<i>Ranzania laevis</i> , (Pennant, 1776)	"Other Fishes"

	Syngnathiformes	Fistulariidae	<i>Fistularia sp</i>	
Chondrichthyes	Lamniformes	Alopiidae	<i>Thresher Alopias sp.</i>	"Sharks"
			<i>Thresher Alopias superciliosus</i> , Lowe, 1841	
		Lamnidae	<i>Isurus oxyrinchus</i> , Rafinesque, 1810	
			<i>Isurus sp.</i>	
	Carcharhiniformes	Carcharhinidae	<i>Carcharhinus falciformis</i> , (Müller & Henle, 1839)	
			<i>Carcharhinus leucas</i> , (Müller & Henle, 1839)	
			<i>Carcharhinus longimanus</i> , (Poey, 1861)	
			<i>Carcharhinus obscurus</i> , (Lesueur, 1818)	
			<i>Prionace glauca</i> , (Linnaeus, 1758)	
		Sphyrnidae	<i>Sphyrna lewini</i> , (Griffith & Smith, 1834)	
			<i>Sphyrna mokarran</i> , (Rüppell, 1837)	
			<i>Sphyrna zygaena</i> , (Linnaeus, 1758)	
	Odontaspidae			
	Orectolobiformes	Rhincodontidae	<i>Rhincodon typus</i> , Smith, 1828	
	Myliobatiformes	Dasyatidae	<i>Pteroplatytrygon violacea</i> , (Bonaparte, 1832)	
Myliobatidae			<i>Manta birostris</i> , (Walbaum, 1792)	
		<i>Manta sp.</i>		
		<i>Mobula japonica</i> , (Müller & Henle, 1841)		
		<i>Mobula mobular</i> , Notarbartolo-di-Sciara, 1987		
		<i>Mobula sp.</i>		
		<i>Mobula tarapacana</i> , (Philippi, 1892)		
<i>Mobula thurstoni</i> , (Lloyd, 1908)				
Torpediniformes	Torpedinidae			
Sauropsida	Testudines	Cheloniidae	<i>Caretta caretta</i> , (Linnaeus, 1758)	"Turtles"
			<i>Chelonia mydas</i> , (Linnaeus, 1758)	
			<i>Eretmochelys imbricata</i> , (Linnaeus, 1766)	
			<i>Lepidochelys kempii</i> , (Garman, 1880)	
			<i>Lepidochelys olive</i> , (Eschscholz, 1829).	
	Dermochelyidae	<i>Dermochelys coriacea</i> , (Vandelli, 1761)		

Manmalia	Cetacea	Balaenopteridae	<i>Balaenoptera edeni</i> , Anderson, 1879	"Cetaceans"
			<i>Balaenoptera physalus</i> , (Linnaeus, 1758)	
			<i>Megaptera novaeangliae</i> , (Borowski, 1781)	
		Delphinidae	<i>Globicephala melas</i> , (Traill, 1809)	
			<i>Pseudorca crassidens</i> , (Owen, 1846)	
Cephalopoda	Teuthida	Loliginidae		"Cephalopods"
		Ommastrephidae		
	Octopoda	Octopodidae	<i>Octopus sp.</i>	

3.1.1.- Fauna observed in sets on floating objects and free schools

As can be seen in Table 5, the group of "other fish" represented the greater abundance observed in the by-catch in all years (excluding non-commercial size tunas), with a contribution that ranged between 98 and 99,65% of the individuals. It is noteworthy, however, the relative importance of sharks, rays and turtles in the by-catch, which, although much lower than in the bony fishes, is relevant for the risk status of extinction presented many of these species.

Table 5. Average number of individuals per set of the different groups of fauna observed in the scientific observation programs of IEO between 2012 and 2015.

Groups	2012		2013		2014		2015	
	Mean (SD)	%	Mean (SD)	%	Mean (SD)	%	Mean (SD)	%
Cephalopods	-	-	0.004 (0.5)	0.001	0.001	0.0005	0.01 (3.3)	0.001
Cetaceans	0.03 (1.02)	0.005	0.03 (5)	0.01	0.02 (0.6)	0.01	0.05 (0.5)	0.01
Other fishes	(1235,2667,43)	99,65	330,42 (475,3)	98,71	199,57 (422,8)	98	(1198,1856,44)	99,65
Billfishes	0.96 (4.2)	0.14	0.82 (3.1)	0.24	0.59 (2.7)	0.29	0.51 (1.7)	0.06
Rays	0.10 (1.2)	0.02	0.27 (5.4)	0.08	0.21 (5.3)	0.10	0.14 (1)	0.02
Sharks	1.04 (3.6)	0.16	2.99 (8.9)	0.89	3.03 (10.1)	1.49	2.29 (7.7)	0.27
Turtles	0.21 (1.1)	0.03	0.19 (0.8)	0.06	0.22 (0.7)	0.11	0.19 (0.8)	0.02
Total	(1068,4669,8)	100	334.7 (409)	100	\$203.6 (350,2)	100	(1055,41490,9)	100

The progressive increase that can be seen in Table 5 in the number of individuals captured from the different groups are associated with greater effort in monitoring the

fishery, increasing the number of vessel and fishing operations that were monitored between 2012 and 2015.

Equally, when account is taken of the contribution to the biomass discarded, the bony fishes contributed with the greater weight to the total weight, between 46.7 and 56.3 % of the total weight fauna observed, followed by sharks (between 5,44 and 29,35 %) and cetaceans (between 0.88 and 26 %), according to the years (Table 6).

Table 6.- Average estimated weight (t) per set of the groups observed during the scientific observation programs BPTUN AND DCR.

Groups	2012		2013		2014		2015	
	Mean (SD)	%	Mean (SD)	%	Mean (SD)	%	Mean (SD)	%
Cephalopods	-		3,283E-05 (0.03)	0.004	-		-	
Cetaceans	0.53 (7.9)	26,03	0.13 (13.5)	16.40	0.16 (6.5)	23.25	0.02 (5)	0.88
Other fishes	0.53 (0.8)	56,30	0.37 (0.3)	46.70	0.25 (0.3)	35,64	0.67 (0.6)	28.16
Billfishes	0.06 (0.1)	6.06	0.06 (0.1)	7.02	0.05 (0.1)	6.91	0.05 (0.2)	2.12
Rays	0.01 (0.2)	0.81	0.03 (0.6)	4.22	0.03 (0.8)	3.79	0.02 (0.2)	0.65
Sharks	0.09 (1.3)	9.98	0.21 (1.1)	26,63	0.21 (1.3)	29,35	0.13 (0.7)	5.44
Turtles	0.01 (0.1)	0.82	0.01 (0.1)	0.90	0.01 (0.04)	1.06	0.01 (0.1)	0.33
Total	0.94 (1.3)	100,00	0.79 (1)	100,00	0.70 (1.03)	100,00	2.38 (0.6)	100,00

The differences regarding the number of specimens and biomass captured of by-catch, was significantly greater in sets made about objects (FADs) that on free schools of tunas (Mann-Whitney U test; $Z=-45,9$; $P<0.0001$; $N1=61321$; $N2=6335$). Likewise, statistically significant differences were found in the abundance and biomass was observed for the different groups that made up the by-catch. Thus, and although the total biomass of species of by-catch caught under the FADs was much higher, the average weight of the bony fishes (except non-commercial size tunas) under the objects was significantly lower than that shown by these same species caught under free schools (Mann-Whitney U test; $Z=3.61$; $P<0.0001$; $N1=22317$; $N2=475$; Fig. 2). In this way, while the average weight of the fish caught under the FADs was 4.57 kg (SD=8,74), under free schools this reached 12.21 kg average (SD=27,20).

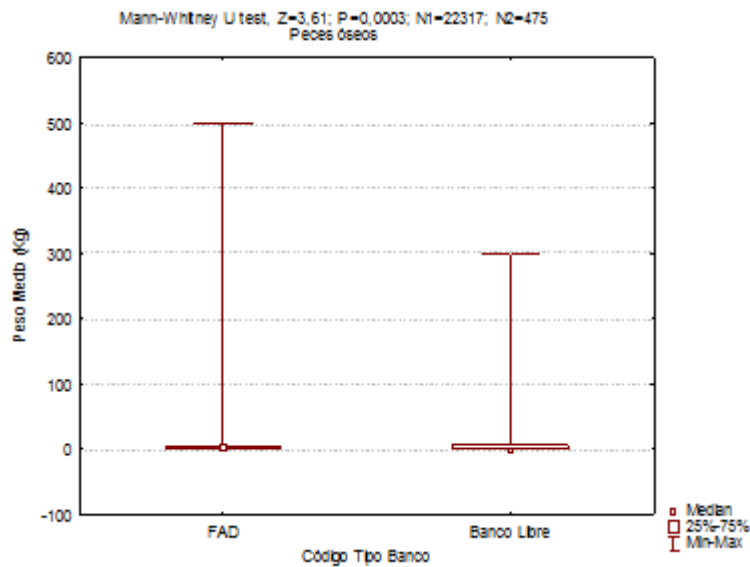


Figure 2. Average weight shown by the bony fishes (except non-commercial size tunas) captured under FADs and FSC.

On the other hand, also sharks that are caught under FADs showed a size and an average weight significantly less than the observed under free schools (Mann-Whitney U test; Z=-17,70; P<0.001; N1=3724; N2=437; Fig. 3). This difference in the average weights of individuals is more evident in some species, as is the case of silky shark (*Carcharhinus falciformis*) (Mann-Whitney U test; Z=-17,55; P<0.001; N1=2315; N2=230; Fig. 4).

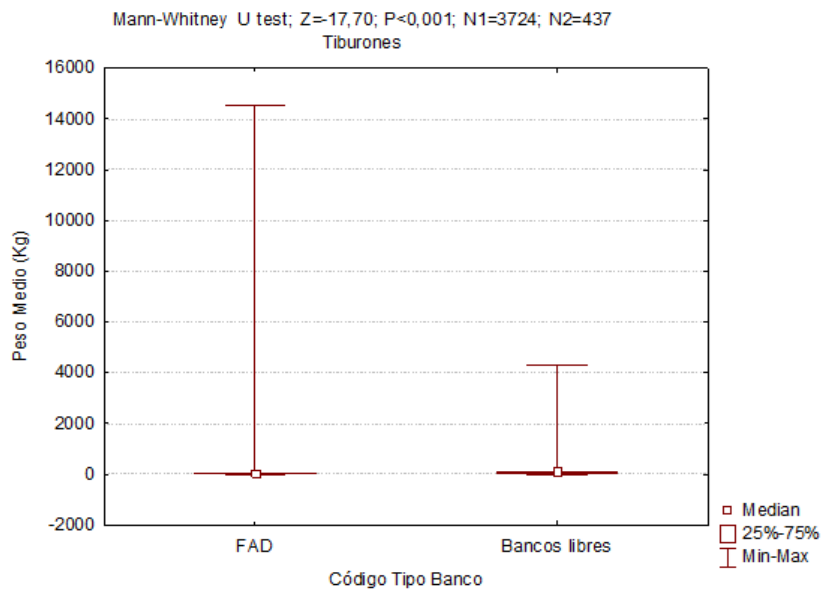


Figure 3. Average weight shown by sharks caught under FADs and FSC.

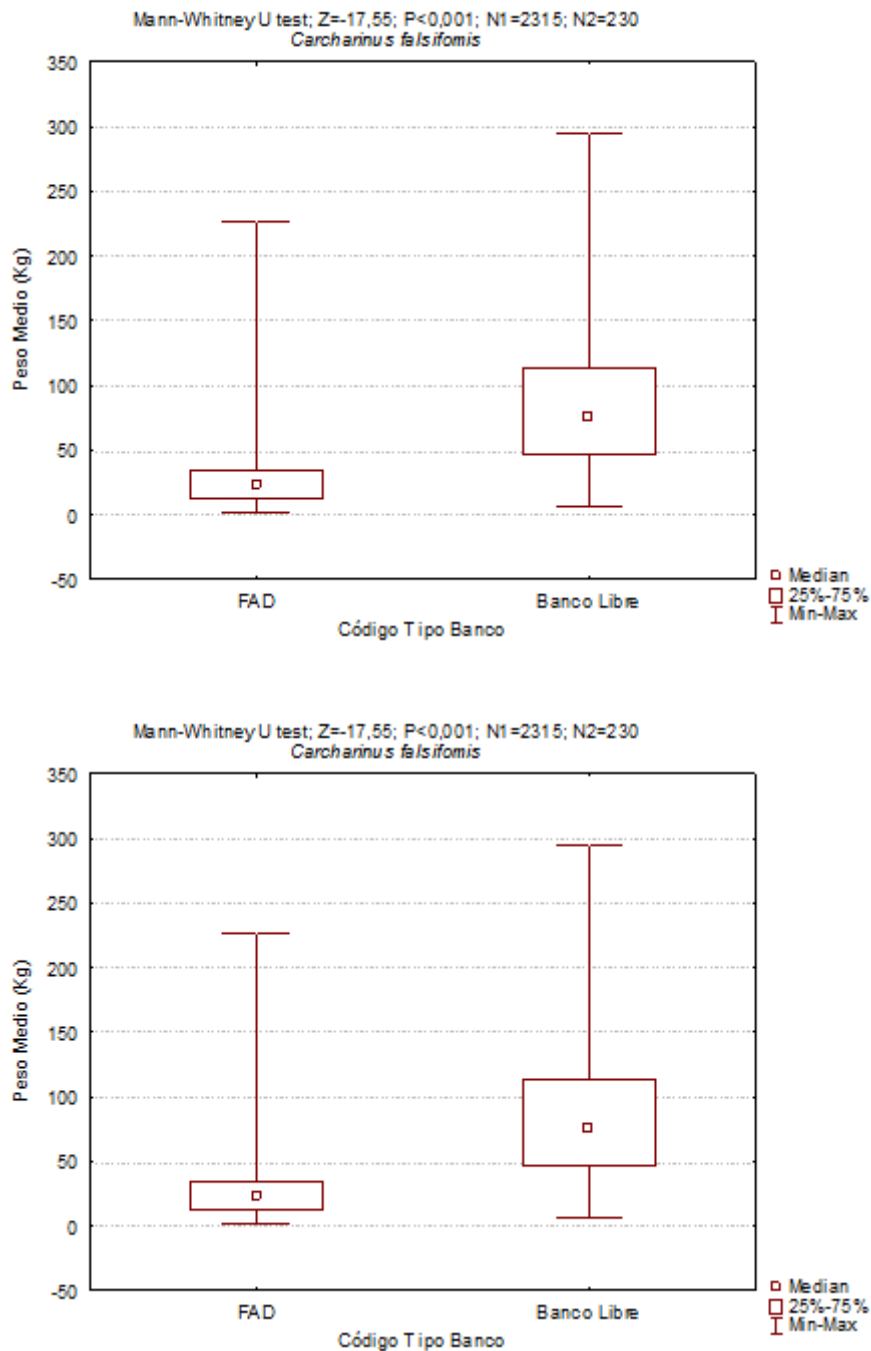


Figure 4. Average weight of the specimens of silky shark (*Carcharhinus falciformis*) captured under FADs and FSC.

On the other hand, and in general, the tunas caught under FADs are smaller than those obtained when catches are made on free schools. But even when only analyze the individuals of this target species that are discarded for not submitting an appropriate commercial size, it is noted that the average weight of individuals is much lower in those who are captured under FADs in relation to those obtained under free schools, particularly in the case of *Thunnus albacares* (Mann-Whitney U test; Z=-46,12; P<0.001; N1=8372; N2=2927; Fig. 5) and *Thunnus obesus* (Mann-Whitney U test; Z=-4,39; P<0.00001;

N1=4899; N2=251; Fig, 6). These differences are not observed in the individuals discarded skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*).

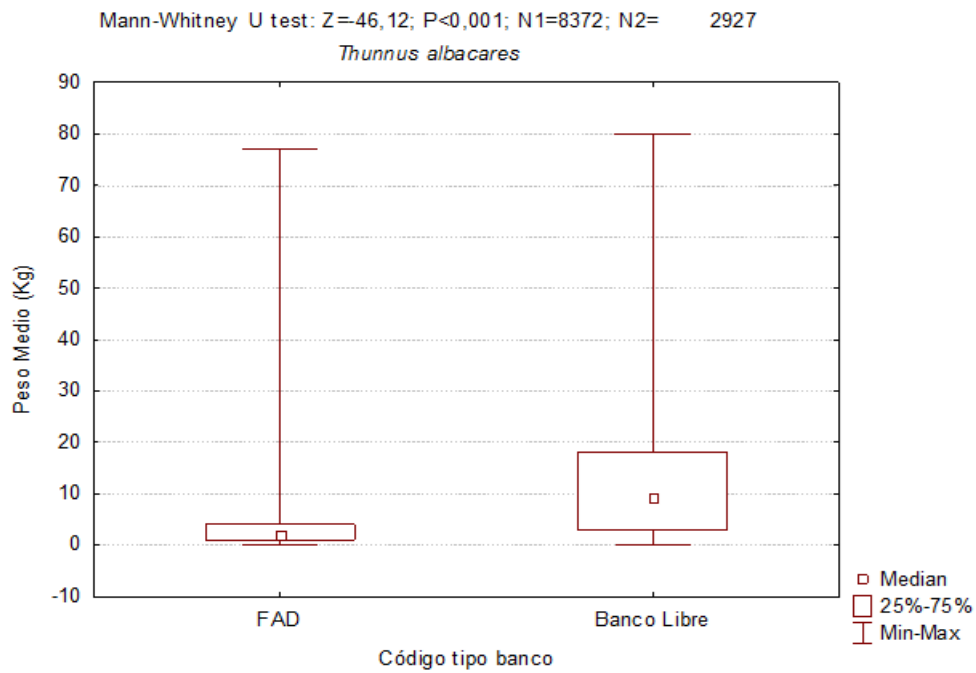


Figure 5. Average weight of individuals discarded of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) captured under FADs and FSC.

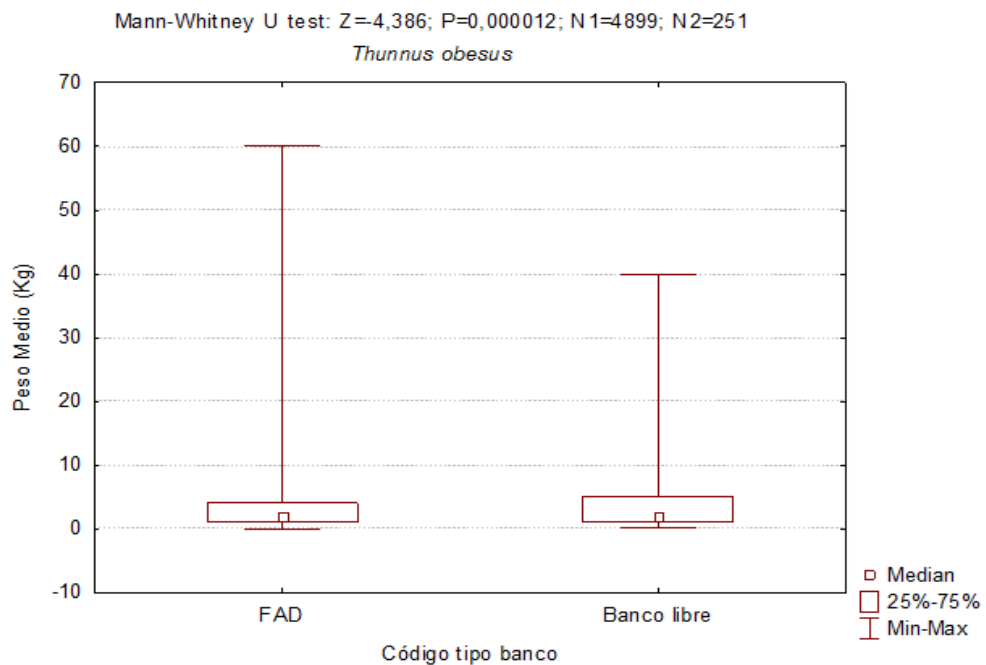


Figure 6. Average weight of individuals discarded of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) captured under FADs and FSC.

3.1.2.- Associated fauna observed in sets on cetaceans and whale shark

In Table 7, relates the number of observations and % relative of the groups analyzed in this study and detailed below.

Like what was observed around the FADs, in sets which were made on small toothed whales (Odontoceti), baleen whales (Mysticeti) and whale sharks (*Rhincodon typus*), the group of "other fish" always represented the highest percentage in number of individuals of the by-catch obtained (Table 8). In these cases, the representation of sharks, turtles and billfishes was much lower. However, in sets on baleen whales was observed at a higher biodiversity in the fauna observed reaching, in some cases, high relative abundances of sharks (up to 404 individuals).

Equally, when performing the analysis of the data on the basis of the contribution of each group to the biomass of by-catch, it is noted that the bony fishes have a relevant role when catches are made on baleen whales or whale sharks, playing an important role also sharks (Table 8). However, between 2013 and 2015, in sets on baleen whales, sharks represented between 50.2 and 93,78% of the biomass (between 15.5 and 33.9 t). Curiously, in the catch on the banks of small toothed whales and whale shark, also sharks have played a significant role in the composition of the by-catch in terms of biomass, with a 1.72 % (0.76 t) and 9,80 % (4.31 t), respectively.

In Figures 7 and 8 represent the percentage in number and weight respectively, of all fauna observed in sets made on different species of cetaceans and whale shark, during the analyzed period.

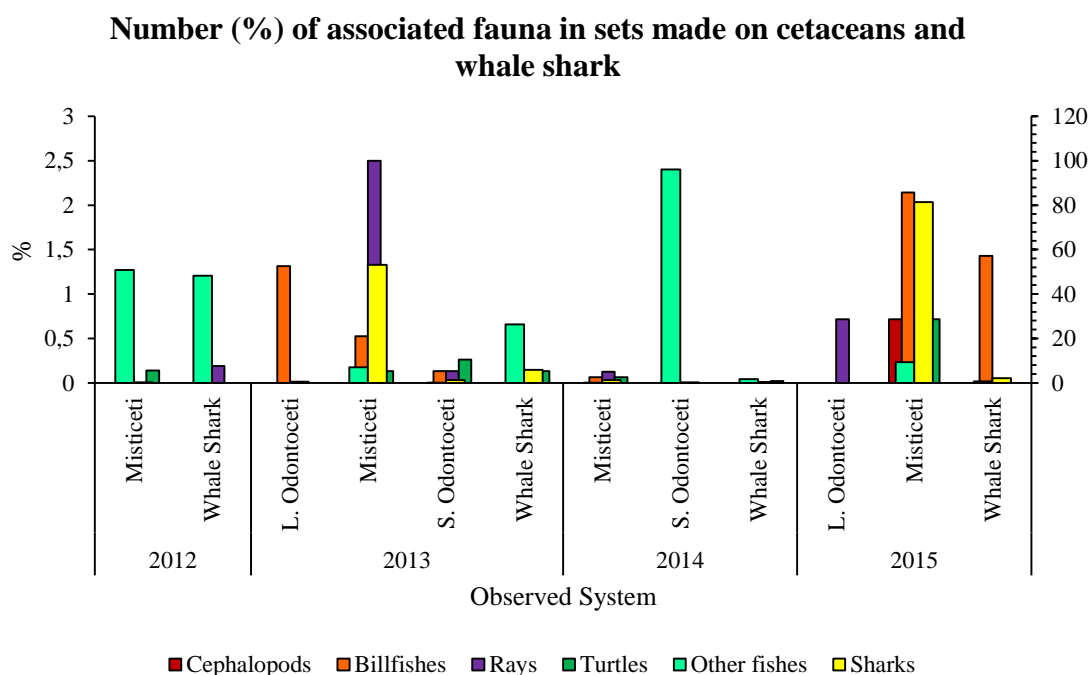


Figure 7. Percentages in number (N) of specimens of the species that comprise the pelagic fauna obtained in sets on cetaceans and whale shark during the scientific observation programs of IEO between 2012 and 2015 (the right horizontal axis represents the contribution to the abundance of the group "other fishes", while the rest of the groups of by-catch are referred to the left axis scale.).

Table 7.- Number of individuals and % observed in the associated fauna to cetaceans and whale shark between years 2012 and 2015 (B.Odont.= Large Odontoceti; S.Odont.=Small Odontoceti).

	2012		2013				2014			2015			Total
	Mysticeti	W. Shark	B. Odont.	Mysticeti	S. Odont.	W. Shark	Mysticeti	S. Odont.	W. Shark	B. Odont.	Mysticeti	W. Shark	
Groups	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
Cephalopods	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 (0.71)	-	1 (0.01)
Other fishes	2167 (50.88)	2056 (48.27)	-	53 (6.97)	1 (0.13)	200 (26.32)	6 (0.06)	9256 (96.11)	157 (1.63)	-	13 (0929)	1 (0.71)	13910 (94,11)
Billfishes	3 (0.07)	1 (0.02)	10 (1.32)	4 (0.53)	1 (0.13)	3 (0.39)	6 (0.06)	1 (0.01)	1 (0.01)	-	3 (2.14)	2 (1.43)	35 (0.24)
Sharks	10 (0.23)	-	4 (0.53)	404 (53.16)	9 (1.18)	45 (5.92)	122 (1.27)	18 (0.19)	43 (0.45)	-	114 (81.43)	3 (2.14)	772 (5.22)
Rays	-	8 (0.19)	-	19 (2.50)	1 (0.13)	0	12 (0.12)	-	1 (0.01)	1 (0.71)	1 (0.71)	-	43 (0.29)
Turtles	6 (0.14)	-	-	1 (0.13)	2 (0.26)	1 (0.13)	6 (0.06)	-	2 (0.02)	-	1 (0.71)	-	19 (0.13)
Total	2186 (51.33)	2073 (48.67)	14 (1.84)	483 (63.55)	14 (1.84)	249 (32.76)	152 (1.58)	9275 (96.30)	204 (2.12)	1 (0.71)	133 (95)	6 (4.29)	14779 (100)

Table 8.- Tons and % observed in the fauna associated to cetaceans and whale shark between years 2012 and 2015 (B.Odont.= Large Odontoceti; S.Odont.=Small Odontoceti).

	2012		2013				2014			2015			Total
	Mysticeti	W. Shark	B. Odont.	Mysticeti	S. Odont.	W. Shark	Mysticeti	S. Odont.	W. Shark	B. Odont.	Mysticeti	W. Shark	
Groups	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)
Rays	0	0.56(12,62)	0	0	0.15(0.34)	0	1.8 (6.14)	0	0.15 (0.51)	0.003(0.02)	0.003 (0.02)	0	0.71(6.05)
Other fishes	1.23(27.77)	1.03(23,21)	0	0.57 (6.48)	0.001(0.001)	0.23 (0.53)	0.17 (0.57)	5.66 (19.3)	0.28 (0.97)	0	0.01 (0.05)	0.001(0.004)	9,19(10,09)
Billfishes	0.40 (8.89)	0.2 (4.51)	0.26(0.58)	0.30 (0.69)	0.02(0.05)	0.23 (0.51)	0.27 (0.92)	0.13 (0.46)	0.21 (0.72)	0	0.39 (2.89)	0.13 (0.97)	2.53 (2.78)
Sharks	0.84 (18.9)	0	0.23(0.67)	33.86 (77,02)	0.76(1.72)	4.31 (9.8)	14,73 (50.21)	1.20 (4.09)	4.57(15.58 per)	0.003(0.02)	12.54 (93,78)	0.26 (1.97)	73,36(80,52)
Turtles	0.18 (4.1)	0	0	0.04 (0.09)	0.06(0.15)	0.03 (0.07)	0.10 (0.34)	0	0.06 (0.20)	0	0.04 (0.28)	0	0.51 (0.56)
Total	2.65 (59.67)	1.79(40,33)	0.55(1.26)	34,78 (85,58)	0.84(2.25)	4.79(10.91)	15,27 (58,18)	6.99(23,84)	5.27(17,97)	0.003(0.04)	12.97 (97,02)	0.39(2.94)	86.30(100)

Weight (% t) of associated fauna in sets made on cetaceans and whale shark

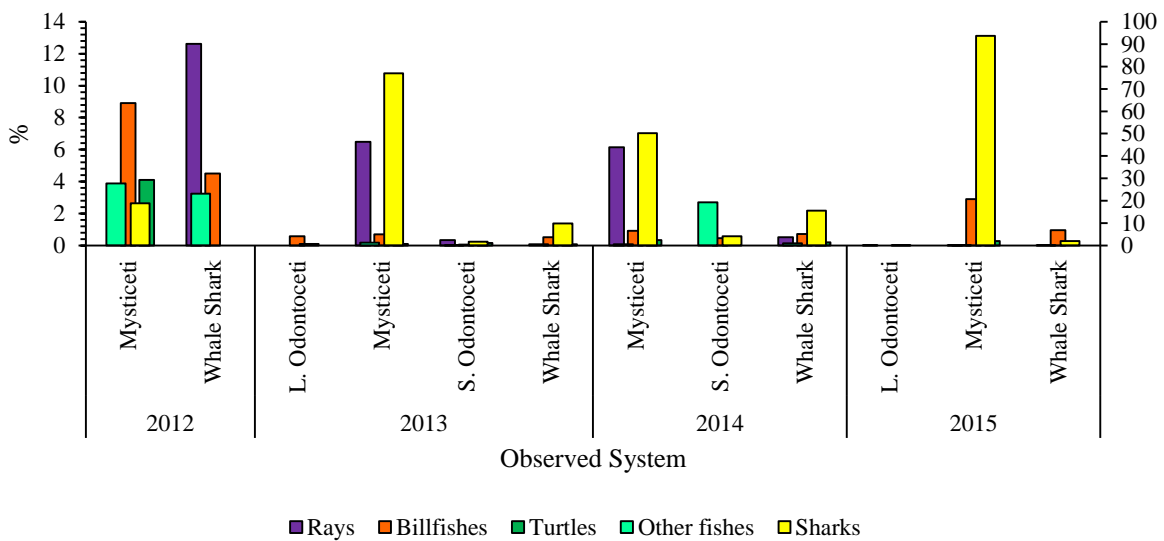


Figure 8. Percentages by weight (t) of the species that comprise the pelagic fauna obtained in sets on cetaceans and whale shark during the scientific observation programs of IEO between 2012 and 2015 (the right Y-axis represents contribution in biomass of the group of "other fishes", while the rest of the groups on the by-catch are referred to the left axis scale).

3.2.- Seasonal variation of the by-catch

3.2.1.- By-catch in sets on floating objects and free schools

In sets made on floating objects (Fig. 9), the part of the by-catch composed of tunas by non-commercial size was the most important with an average of 65,47 % (SD= 7.32) of the total discarded during the study period. It is also worth mentioning the contribution of the group "other fishes" to discard with a 23.72 % on average (SD= 0.84), while the sharks with a 6,68 % average (SD= 0.86), represent the third group in importance in sets on FADs.

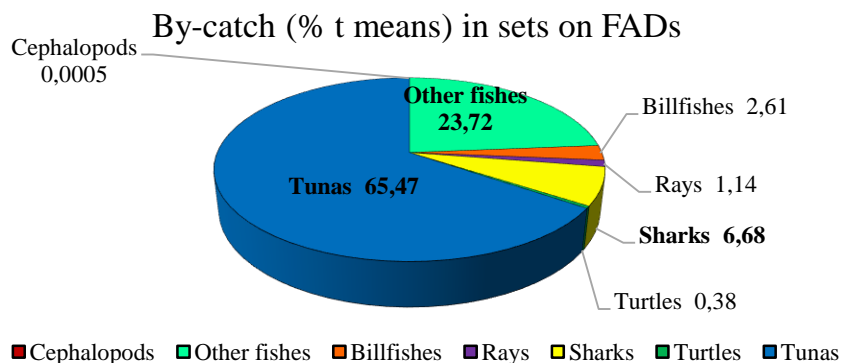


Figure 9. Average contribution to the by-catch by species group in sets on floating objects during the observation programs DCR and BPTUN between 2012 and 2015.

In hauls on free schools (Figure 10) the main component of the by-catch were the non-commercial size tunas, always with values that exceed more than half of the total discarded (Table 9). Thus the minimum value was a 50.81 % in the second quarter of the year (Fig. 10b) and the maximum of 82.46 % between months of July to September (Fig. 10c). In the first quarter of the year, the group "billfishes" meant a 11,66 % of total discarded (Fig. 10a), being the second in importance. In successive quarters, diminished its importance to represent only 1 per cent of the discarded in the third quarter of the year (Fig. 10c). However, is between the months of October and December, where they registered the largest observations of this group, with the 15.07 % of the total (Fig. 10d), representing the second group more discarded after the tuna during the last stage of the year.

The third most frequent group of by-catch in sets on free schools, was formed by the "sharks", reaching its peak during the second quarter of the year with 35,74 % of the total. During the third and fourth quarter, the frequency was similar, although quite lower than the previous one, with a 12,14 and 11,61 % respectively. In the first quarter of the year, however, the sharks are part of the minority groups, since it is only registered a 2.86 % on average of the total discarded.

Table 9.- Average percentages (t) of by-catch in sets to free schools by group of species and quarters of the years of study, (in parentheses are the values of SD).

By-catch the Spare Bank				
Groups	Jan - Mar	Apr - Jun	Jul - Sep	Oct - Dec
Cephalopods	-	8,081E-05	-	-
Other fishes	0.07 (0.31)	0.06 (0.2)	0.10 (0.2)	0.09 (0.4)
Billfishes	0.12 (0.1)	0.14 (0.1)	0.05 (0.1)	0.18 (0.1)
Rays	0.01 (0.1)	0.12 (0.3)	0.12 (0.6)	0.02(0.1)
Sharks	0.03 (0.2)	0.93 (2.9)	0.64 (0.8)	0.14 (0.9)
Turtles	0.01 (0.04)	0.02 (0.1)	0.02 (0.04)	0.01 (0.1)
Tunas	99.8 (10.3)	98.7 (6.7)	99.1 (20.1)	99.7 (8.4)

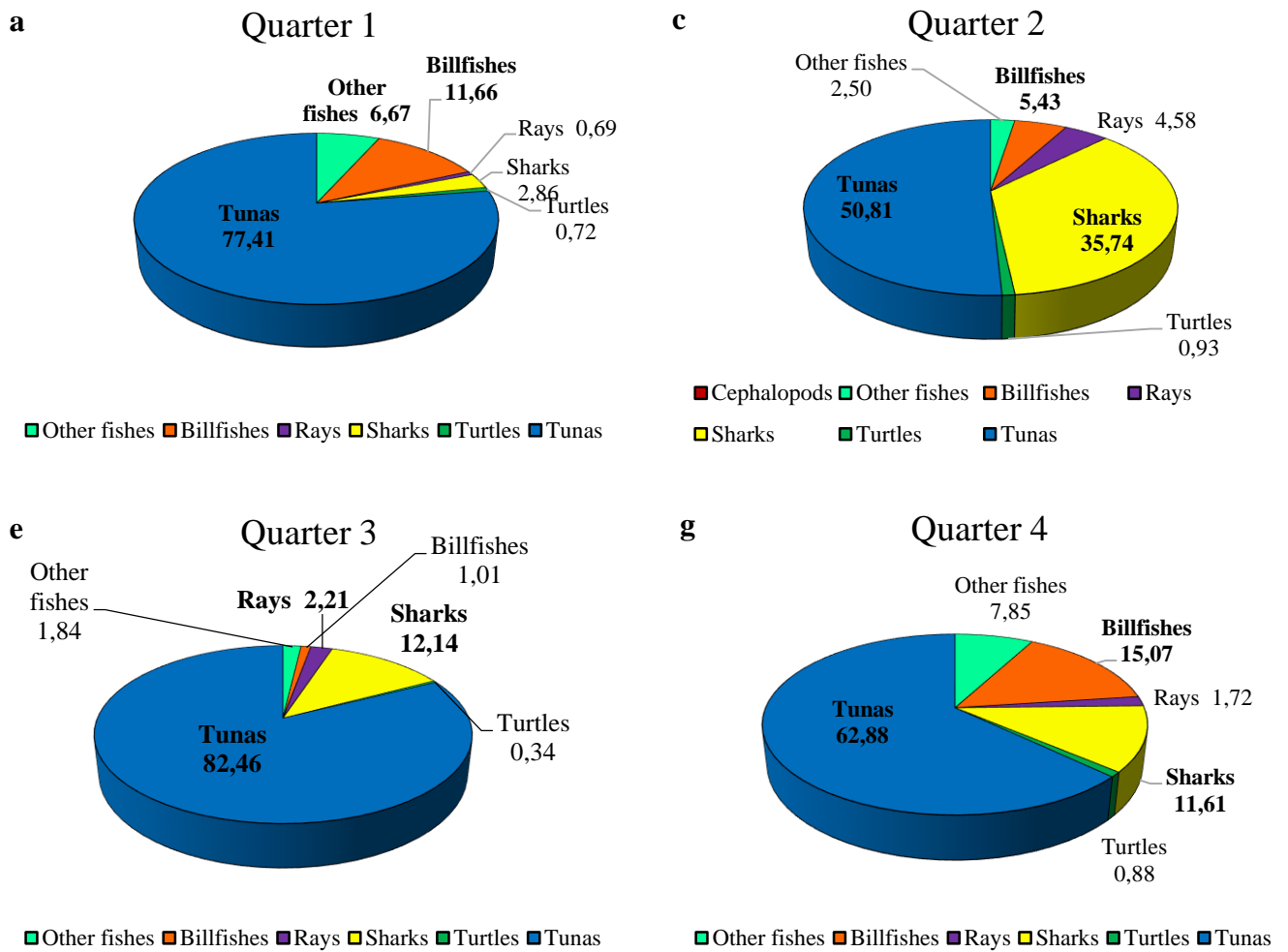


Figure 10. Average contribution to the by-catch of each group of species in each quarter, in sets made on free schools during the observation programs BPTUN and DCR between 2012 and 2015.

3.2.2.- By-catch in sets on cetaceans and whale shark

In the case of discards produced in sets made on cetaceans it is noted that the juvenile tuna accounted for between 7,8-91,6 per cent of the total discarded (7.62-146 t). The group of other fishes and sharks were also relevant in the discard, with the 0,004-9,10% (0,01-1.23 t) and 1,4-74,3 % (0,8-33,86 t), respectively. In sets on whale shark, between 11,07 and 13.1% the discard was tuna, while the other fishes ranged between 0.3 and 9.4 %. In the latter case the representation of sharks to the by-catch was low (Table 10, Figure 11).

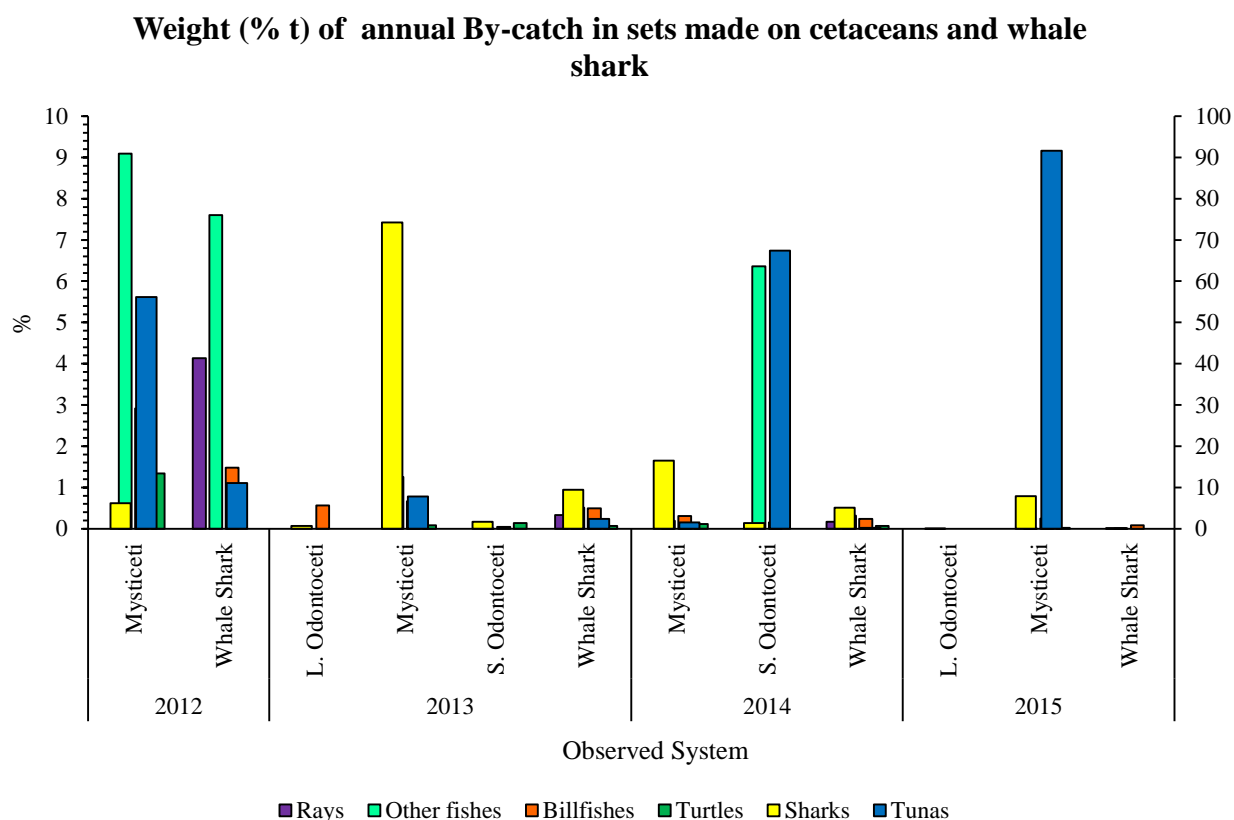


Figure 11.- Percentage by weight (t) of by-catch in sets on cetaceans and whale shark between 2012 and 2015. (in the right Y-axis represents the contribution in biomass of the group of "other fishes" and "sharks", while the rest of the groups on the by-catch are referred to the left axis scale).

Table 10.- Data of by-catch (t and % by weight) obtained in sets on cetaceans and whale shark

Groups	2012		2013				2014			2015			Total
	Mysticeti	W. Shark	B. Odont.	Mysticeti	S. Odont.	W. Shark	Mysticeti	S. Odont.	W. Shark	B. Odont.	Mysticeti	W. Shark	
	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	T (%)	
Stingrays	-	0.56 (4.13)	-	-	-	0.15 (0.33)	-	-	0.15 (0.17)	-	-	-	0.71 (0.23)
Other fishes	1.23 (9.10)	1.03 (7.60)	-	0.57 (1.25)	0.001 (0.001)	0.28 (0.51)	0.17 (0.19)	5.66 (6.36)	0.28 (0.32)	-	0.01 (0.004)	0.001 (0.0003)	9.19 (2.99)
Billfishes	0.40 (2.92)	0.2 (1.48)	0.26 (0.56)	0.30 (0.67)	0.02 (0.04)	0.21 (0.49)	0.27 (0.3)	0.13 (0.15)	0.21 (0.24)	-	0.39 (0.24)	0.13 (0.08)	2.53 (0.82)
Sharks	0.84 (6.18)	-	0.30 (0.65)	33.86 (74.27)	0.76 (1.66)	4.57 (0941)	14,73 (1654)	1.2 (1.35)	4.57 (5.13)	0.003 (0.002)	12.54 (7.87)	0.26 (0.17)	73,36 (23.85)
Turtles	0.18 (1.34)	-	-	0.04 (0.08)	0.06 (0.14)	0.06 (0.06)	0.10 (0.11)	-	0.06 (0.06)	-	0.04 (0.02)	-	0.51 (0.17)
Tunas	7.62 (56.19)	1.5 (11.07)	-	3.55 (7.79)	-	0.17 (2.36)	1.35 (1.52)	60 (67.38)	0.17 (0.19)	-	146 (91.62)	-	221,3 (71,94)
Total	10.26 (75.73)	3.29 (24.27)	0.55 (1.21)	38.33 (84.06)	0.84 (1.84)	5.44 (1317)	16,62 (18.66)	66.99 (75.23)	5.44 (6.11)	0.003 (0.002)	158,97 (99.75)	0.39 (0.25)	307,56 (100)

3.3.- Target species

3.3.1.- Catches

The proportion of the target species in the catch of the tuna fleet varies considerably depending on that sets are made on FADs or on free schools (Fig. 10). *Thunnus albacares* (FAO code, YFT) is the most important species when catches are made on free schools, reaching 78.7% of the total (38820,64 t), while *Katsuwonus pelamis* (SKJ) means the 125699,7 70,82% (t) when fishing is directed on FADs.

On the other hand, the free schools, the second most caught species is *Katsuwonus pelamis*, with a 16,93% (8351,8 t), followed by *Thunnus obesus* (BET) with a 2.46% (1213,6 t). Other species of scombrids are also captured, but in a low proportion, such as *Auxis* sp. (FRZ) (0.67%), *Euthynnus alletteratus* (LTA) (0.23%), *A. thazard* (FRI) (0.16%) and *A. rochei* (BLT) (0.14%). However, on FADs, the second most caught species is *T. albacares* (16.70%), *T. obesus* (8.58%), *Auxis* sp (2.14%), *A. thazard* (0.93%), *E. alletteratus* (0.47%), *A. rochei* (0.37%) and *E. affinis* (KAW) (0.001%) (Fig. 12 (a and b)).

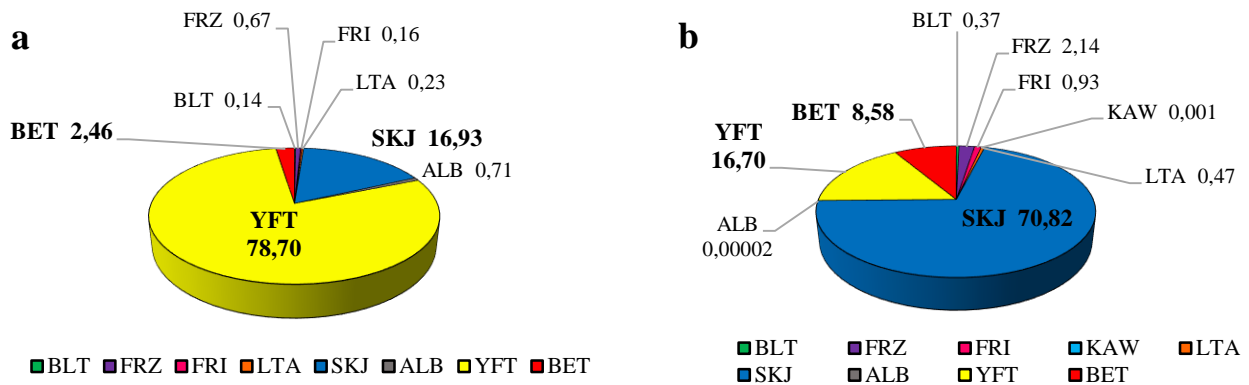


Figure 12- Contribution to the catches in % of the species of tuna on: (a) in free schools and (b) with floating objects (FADs), during the sampling programs BPTUN and DCR between 2012 and 2015

3.3.2.- By-catch of target species

In a more detailed study of the by-catch, but only of the tuna species objective, it is noted that there are major differences with respect to the amounts discarded of juveniles of these species according to the type of fishing (Table 11). Thus, *Euthynnus alletteratus* in the most common species in sets made on free schools, with a 33,72% (286,5 t), compared to *Katsuwonus pelamis* which is the most caught species (47.66% of the total, with 3928,8 t), under floating objects. In addition, hauls on free schools the species with the second-highest discarded is *K. pelamis* (28,07%), followed of *Auxis thazard* (19.72%), *Auxis* spp. (10.34%), *A. rochei* (5.89%), *Thunnus obesus* (1.27%) and *T. albacares* (1%). While in the case of sets on FADs, the species with the second-highest discarded is *Euthynnus alletteratus* (21.35%), followed by *A. thazard*. (13.12%), *Auxis* spp. (7.62%), *A. rochei* (5.55%), *T. albacares* (2.54%) and *T. obesus* (2.17%) (Fig. 13 (a and b)).

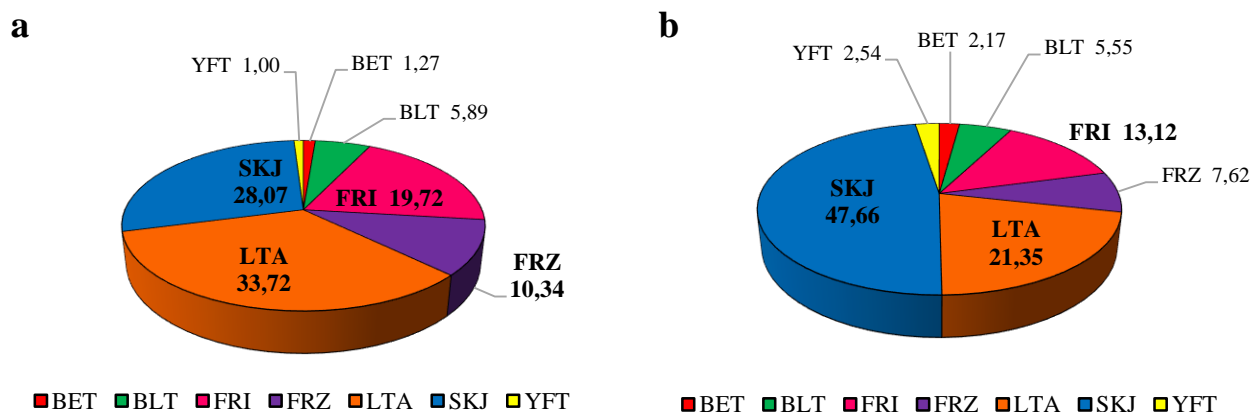


Figure 13. - Percentage of target species discarded, a) in sets on free schools and (b) with floating objects by the tuna fleet during the sampling programs BPTUN and DCR between 2012 and 2015.

Table 11.- Catches and discards data of target species stratified by year and type of set for each species made by vessels participating in the programs BPTUN and DCR between 2012 and 2015.

Tuna Species	2012		2013				2014				2015				Total		
	FSC		FAD		FSC		FAD		FSC		FAD		FSC			FAD	
	Capture	Discard	Capture	Discard	Capture	Discard	Capture	Discard	Capture	Discard	Capture	Discard	Capture	Discard		Capture	Discard
<i>A. rochei</i>		4	4	47,692		6,106	171.4	233,544			171	138,704	68,86	39.9	317	37,676	1239,882
<i>Auxis sp.</i>	78	14,01	300,01	164,72	51	0.2	977,45	130,792	142	3	1347,25	141,814	58	70.6	1171,5	190,806	4841,152
<i>A. thazard</i>	1	0.2	171.7	73,28	32.2	75,42	336,475	264,906	43	22	793,5	\$645.5	3.96	69,862	348,5	98,216	2979,719
<i>E. affinis</i>			2														2
<i>E. alletteratus</i>	8	4	136.7	149,82	70	25,984	117,46	407,89		14.02	133.6	610,838	35.68	242,488	438,5	591,18	2986,16
<i>K. pelamis</i>	695,112	31,022	7885,52	190,322	3495,16	106,16	35356,56	1613,99	2203	9	42710,7	1323,85	1958,9	92,24	39746,9	800,74	138218,8
<i>T. alalunga</i>	94,16				8								247,26		0.04		349,46
<i>T. albacares</i>	5085,805	6	2390,7	5,706	10907,5	1,838	7978,82	98,94	13058	0.6	6741,225	56,894	9769,59	0.048	12525,6	47,598	68674,61
<i>T. obesus</i>	350,5	10	904,35	15,158	295,09	0.5	4487,95	93,704	388	0.3	4149,05	40,35	180		5683	29,532	16627,48
Grand Total	6312,577	69,232	11796,98	646,698	14858,9	216,208	49433,11	2843,77	15833	48.92	56046,33	2957,95	12322,3	515,138	60232,04	1797,95	235931,5

3.4. Analysis of the descriptors of the community associated with this fishery

In tables 12 and 13 shows the ecological descriptors of the pelagic communities associated with FADs and free schools analyzed. In them are reflected the ranges of species richness (S), abundance (N), Biomass (B) and Shannon-Viewer index (H') of diversity of per observation day (ObsD.). It is clear that unless the maximum biomass obtained, the set of ecological parameters estimated shows higher values in the communities associated with FADs as free schools of tuna species.

Table 12. Descriptive statistics of the descriptors in the community of pelagic fish associated with tuna Free schools (FSC) (Diversity H-Shannon, Wealth S, abundance and biomass (B))

	ObsD.	Minimum	Maximum	Mean	SD.
Specific richness (S)	522	1	212	15,98	29.7
N (abundance)	522	1	10844	366,2	1570
B (estimated biomass)	522	0.0005	72.5	2.12	7.7
Index H'-Shannon	522	0,284	4,73	1.87	1.09

Table 13. Descriptive statistics of the descriptors in the community of pelagic fish associated with FADs (Diversity H-Shannon, Wealth S, abundance and biomass (B)).

	Obsd.	Minimum	Maximum	Media	SD.
Specific richness (S)	1215	1	1024	114,54	238,54
N (abundance)	1215	1	2083250	33419,35	218463,46
B(estimated biomass)	1215	0,00445	60,73	3.79	4.98
Index H'Shannon	1215	0.05	6,3839	2,764	About 1,528

4. Discussion

Currently, much of the world fisheries of fence aimed at capturing for tuna are based on the use of drift floating objects (FADs) and the capacity they have to add fish in your environment (Fonteneau et al., 2000; Castro et al., 2002; Dempster and Taquet, 2004). The great development of the tuna fisheries with FADs came from 1990, mainly in the areas equatorial countries and oriented to the skipjack tuna catch (*Katsuwonus*

pelamis), bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) (Langley et al., 2009; Fonteneau, 2011; Davies et al., 2014). However, specimens of these species that are concentrated around the FADs are mainly juveniles (Castro et al., 2002; Robert et al., 2012). In this way, the massive use of FADs by the purse seine fleet, in all oceans, has introduced a high level of uncertainty in the majority of evaluations of stocks, (Fonteneau et al., 2000; Davies et al., 2014), but not only in the target species but also those that are fished in conjunction with them (by-catch).

It is estimated that 7.3 million tonnes of fish of non-target species (by-catch), including tuna of smaller size than the commercial, are discarded annually in the whole of world fisheries (Kelleher, 2005). Overall, it is estimated that fishing with FADs, so conservative, produces approximately 100,000 tonnes of by-catch per year (Bromhead et al., 2003). The by-catch obtained in sets with FADs mean at around 10% of the total catch (on free schools is only generated between 1 and 2%), and is composed by both tuna of small size as by a wide variety of specimens of other species (Fonteneau et al., 2000; Hall and Roman, 2013). Juveniles of the species of target tuna represent around the 90-95% of the by-catch (Hall and Roman, 2013).

In view of the results obtained in this study, there is a wide diversity in the specific fauna associated to the FADs and free schools of tuna, which is reflected in the by-catch that is generated in this fishery. Some groups and certain species are very frequent and dominate in a remarkable way on the rest, particularly those belonging to the family Carangidae. Thus, the most common species in the by-catch were *Caranx crysos*, *Canthidermis maculata*, *Elegatis bipinnulata*, *Lobotes surinamensis*, *Seriola rivoliana*, *Coryphaena hippurus* and *Acanthocybium solandri*, all captured mostly in sets on FADs, in accordance with the data given by Sarralde et al. (2004). In this sense, the bony fishes (except tuna) are the group that contributes most to the biomass (66 %) caught around the FADs, which coincides with the existing information on the fish fauna associated with these objects (Castro et al., 2002). However, also relevant is the presence of sharks as part of the by-catch (6,68 % on average), highlighting *Carcharhinus falciformis* between the set of species of this group. This relevance of sharks as part of the by-catch of the purse seine fishery to the object has been previously described and putting in value by various authors (Amandè et al., 2010; Sarralde et al., 2004; Torres-Irineo et al., 2014). Interestingly, when a comparison is made with the by-catch generated in catches on banks schools of tuna, shark species are predominant *Prionace glauca*, contrary to what is indicated by Sarralde et al. (2004) that only the cited in sets on FADs.

On the other hand, and in accordance with Amandè et al. (2010), Chassot et al. (2009), Santana et al. (1998) and Sarralde et al. (2004), it is worth mentioning the presence in the by-catch of billfishes, turtles and cetaceans, species consider as vulnerable by the IUCN. Thus, in the by-catch is relatively frequent to find species of the families Istiophoridae and, to a lesser extent, Xiphiidae (swordfish and billfish), although with a relatively low contribution to the total biomass (0.05% on average), in both fishing on FADs (2.61 %) as on free schools (0.03 %). This also happens with sea turtles, which although not contribute significantly to the biomass of by-catch, yes that is relevant to the high number of individuals on the incident (between 2012 and 2015 were captured 1403 individuals, mainly *Lepidochelys olivacea* and *Caretta caretta*). The latter involves a significant increase with respect to the data given by Amandè et. al. (2010),

which only recorded 40 individuals, or by Bourjea et. al. (2014), that provide 182 individuals between 1995 and 2011. With cetaceans, unlike the other two groups, is a very particular phenomenon and is that its presence in the by-catch (52 individuals only in 2013), you can be on the grounds that these animals are used themselves as FADs and therefore caught intentionally.

The disparity of the results that exist about the impact of the fishery with FADs on vulnerable species and endangered species should be considered with caution as it is important the sampling coverage, as well as the increase of the operations on floating objects in the period 2012-2015, with respect to 2003-2007. In fact, during the first meeting of the AD HOC Working Group on FADs" held in Madrid in May of 2015, it was proposed that the estimated total number of FADs, and buoys with GPS, used daily by all the purse seine fleets for 2007-2013 had experienced a strong increase, an increase which has been found in some studies (Fonteneau et al., 2015). In this context, it is estimated that total number of FADs installed annually in the Atlantic by all tuna fleet, could have been increased from less than 7000 before 2008, to 17300 in the year 2013, increasing 2.6 times between the periods 2004-2007 and 2010-2013. What is more, unlike the exposed by Amandè et. al. (2010), our results reflect a greater number of observations in sets on FADs that in free schools, which has generated a possible increase of 0.05% on average in the catch of all species of marine turtles.

Following the criterion put forward by Pallarés and Petit (1998), are considered hauls on banks free made on cetaceans (baleen whales, large and small toothed whales) and on floating objects the made on whale shark (*Rhincodon typus*). In this work we have analyzed so merely descriptive, due to the disparity of the data in the years of study. In these sets, the by-catch was mainly composed sharks (29,8-6,2 per cent on average in weight) and bony fishes (not tunas) (a 9,5-6,2% in weight of media). In general, presented a faunistic composition very similar to the registered under the types of hauls flows.

Discards produced in tuna fisheries with purse seine are on average approximately 6 times less than those produced in the longline tuna fisheries, and almost 13 times less than the generated in shrimp fisheries with trawls (Kelleher, 2005), but when these are introduces the use of FADs levels of by-catch increase significantly (Hall, 1998; Dempster and Taquet, 2004). In our case, the levels of by-catch generated are relatively low, in a proportion of 6 % with respect to the total catch, very similar to the result obtained by Amandè et al. (2010). However, and in spite of this low level of discards, it is noted that sets on FADs produce a higher proportion of discards which in sets on free schools, both in amounts and the number of affected species, as also point Amandè et al. (2010, 2012), Molina et al. (2014), Sarralde et al. (2004) and Torres-Irineo et al. (2014). But in general, and paradoxically, the group most discarded in this fishery with regardless of the type of sets and time of year are juveniles of the target species (41 t for each 1000 t landed). In this regard, Fonteneau (2000), Chassot et. al. (2009) and Amandè et al (2010) indicate that *Katsuwonus pelamis* and *Euthynnus alletteratus* are the species most frequently discarded in sets FADs. In this group there are to add other tunas and scombrids minors such as the bullet and frigate tuna (*Auxis thazard* and *A. Rochei*) with levels of 28 t/1000 t (Amandè et al., 2010; Delgado de Molina et. al., 2000; Sarralde et. al., 2004, 2006).

In general terms, the target species (17,66 t /1000 t), sharks (4.93 t /1000 t) and billfishes (1.27 t /1000 t) are the most discarded, in biomass, in sets made on free schools. However, in catches made on FADs the specific composition is very different although the target species are also the most discarded (47.7 t / 1000 t). Are the various species of bony fishes (not tunas) (18,84 t /1000 t) and sharks (5.29 t /1000 t) the most discarded after the target species.

The largest proportion of the non-commercial size tunas and other various species in the by-catch of fisheries with FADs, reinforces the fear that this type of fishing can cause a significant reduction in the biomass of the affected species, and can alter the ecological structure and biodiversity of the oceans (Hall et al., 2000; Dempster and Taquet, 2004). The populations of many marine animals (e.g. cetaceans, turtles, sharks and fish) are impacted very negatively in this fishing modality. In this sense, the FADs are an important source of mortality for some species are threatened with extinction (Gilman and Freifeld, 2003; Filmalter et al., 2013; Lewison et al., 2004; Dempster and Taquet, 2004), and can be running as ecological trap (Marsac et al., 2000) with unknown consequences also for the target species (Hallier and Gaertner, 2008; Davies et al., 2014). In addition, the effects bio-ecological effects of the high levels of by-catch will also, in the medium term, negative economic impacts (Garcia et al., 2003; Hall and Rome, 2013; Santana-Ortega, 2016).

References

- Amandè, M.J., Ariz, J., Chassot, E., Delgado de Molina, A., Gaertner, D., Murua, H., Pianet, R., Ruiz, J. and Chavance, P., 2010. "Bycatch of the European Purse Seine Tuna Fishery in the Atlantic Ocean for the 2003–2007 Period." *Aquatic Living Resources, EDP Sciences*, 23(4): 353–62.
- Amandè, M.J., Chassot, E., Chavance, P., Murua, H., Delgado de Molina, A. and Bez, N., 2012. "Precision in Bycatch Estimates: The Case of Tuna Purse-Seine Fisheries in the Indian Ocean." *ICES Journal of Marine Science*, 69: 1501–10.
- Babcock, E., Ellen, A., Pikitch, K. and Charlotte G. Hudson. 2003. "How Much Observer Coverage Is Enough to Adequately Estimate Bycatch?" *Methodology*: 1–36.
- Bourjea, J., Clermont, S., Delgado de Molina, A., Murua, H., Ruiz, J., Ciccione, S. and Chavance, P. 2014. "Marine Turtle Interaction with Purse-Seine Fishery in the Atlantic and Indian Oceans: Lessons for Management." *Biological Conservation* 178(October): 74–87.
- Bromhead, D. J. Foster, R. Attard, J. Findlay, and J. Kalish. 2003. A review of the impact of fish aggregating devices (FADs) on tuna fisheries: final report to Fisheries Resources Research Fund. Fisheries and Marine Sciences Program, Bureau of Rural Sciences (BRS), Commonwealth Department of Agriculture, Fisheries and Forestry – Australia.
- Castro, J.J., J.A. Santiago, and A.T. Santana-Ortega. 2002. A general theory on fish aggregation to floating objects. An alternative to meeting point hypothesis. *Rev. Fish Biol. Fish.* 11:255-277
- Chassot, E., Amandè, M.J., Chavance, P., Pianet, R., and R.G Dédo. 2009. Some Preliminary Results on Tuna Discards and Bycatch in the French Purse Seine Fishery of the Eastern

Atlantic Ocean. *Collective Volume of Scientific Papers* 64(4): 1054–67.

- Clarke, K.R. and R.N. Gorley. 2006. PRIMERv6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth: 192 pp.
- Dagorn, L., K.N. Holland, V. Restrepo, and G. Moreno. 2013. Is It Good or Bad to Fish with FADs? What Are the Real Impacts of the Use of Drifting FADs on Pelagic Marine Ecosystems? *Fish and Fisheries* 14(3): 391–415.
- Davies, T.K., C.C. Mees, and E.J. Melner-Gulland. 2014. The past, present and future use of drifting fish aggregating devices (FADs) in the Indian Ocean. *Mar. Pol.* 45:163-170.
- Dempster, T., & Taquet, M. (2004). Fish aggregation device (FAD) research: gaps in current knowledge and future directions for ecological studies. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 14(1):21-42.
- Domalain, G., 1998. “Lista faunistica de las especies asociadas a las capturas de atún de las flotas de cerco comunitarias que faenan en las zonas tropicales de los océanos Atlántico e Índico.” *Collect. Vol.Sci. Pap. ICCAT* 48(3): 129–37.
- Doulman, D.J. (1987) Development and Expansion of the tuna purse seine fishery. *In Tuna Issues and Perspectives in the Pacific Islands Region*, p. 133-160. East-West Center, Honolulu, Hawaii.
- Filmlater, J.D., M. Capello, J-L- Deneubourg, P.D. Cowley, and L. Dagorn. 2013. Looking behind the curtain: quantifying massive shark mortality in fish aggregating devices. *Front. Ecol. Environ.* 11(6):291-296.
- Fonteneau, A. 2011. Summary of the 2nd symposium on "Tuna Fisheries and FAD" Tahiti, November 28th-December 2nd, 2011. IOTC 2011 – SC14-INFO07, 3pp.
- Fonteneau A., Pallarés P., Pianet R., 2000, A worldwide review of purse seine fisheries on FADs. In: Cayré P., Le Gall J. Y., Taquet M. (Eds.) *Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons*, Colloque Caraïbe-Martinique, Trois-Ilets, 15-19 octobre 1999. Institut de recherche pour le développement, Institut français de recherche pour l’exploitation de la mer, Ecole nationale supérieure agronomique de Rennes. Editions Quae, 684 p.
- Fonteneau, A. et al. 2000. Observed Changes in the Species Composition of Tuna Schools in the Gulf of Guinea between 1981 and 1999, in Relation with the Fish Aggregating Device Fishery. *Aquatic Living Resources* 13(4): 253–57.
- Fonteneau, A., E. Chassot, and D. Gaertner. 2015. Managing Tropical Tuna Purse Seine Fisheries through Limiting the Number of Drifting Fish Aggregating Devices in the Atlantic: Food for Thought. *ICCAT SCRS/2014/133 Rev* 71(1): 1–20.
- Fréon, P., and Dagorn, L. (2000) Review of fish associative behaviour: Toward a generalisation of the meeting point hypothesis. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, :1-25.
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2015. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (10/2015). (fishbase species list)
- Garcia, S.M., A. Zerbi, C. Aliaume, T.Do Chi, and G. Lasserre. 2003. The ecosystem approach to fisheries. Issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook. *FAO Fish. Tech. Pap.* 443:1-71.
- Gilman, E.L. 2011. Bycatch Governance and Best Practice Mitigation Technology in Global Tuna Fisheries. *Marine Policy* 35(5): 590–609.

- Gilman, E., and H. Freifield. 2003. Seabird Mortality in North Pacific Longline Fisheries. *Endangered Species Update*, 20 (2): 35-46.
- Greenblatt, P. R. (1979) Associations of tuna with objects in the Eastern tropical Pacific. *Fish. Bull.* 77(1): 147-155.
- Hall, M. 1998. An ecological view of the tuna–dolphin problem. *Rev. Fish Biol. Fish.* 8:1-34.
- Hall, M.A., D.L. Alverson, and K.I. Metuzals. 2000. By-catch: problems and solutions. *Mar. Poll. Bull.* 41:204–219.
- Hall, M., and M. Roman. 2013. Bycatch and non-tuna catch in the tropical purse seine fisheries of the world. *FAO Fish. Aquacult. Tech. Pap.*, 568:1-249.
- Hallier, J-P., and D. Gaertner. 2008. Drifting fish aggregation devices could act as an ecological trap for tropical tuna species. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 353:255-264.
- Itano, D., and K.N. Holland. 2000. Movement and vulnerability of bigeye (*Thunnus obesus*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in relation to FADs and natural aggregation points. *Aquat. Living Resour.* 13:213–223.
- Kelleher, K. 2005. Discards in the world’s marine fisheries. *FAO Fish. Tech. Pap.* 470:1-131.
- Langley, A., M. Herrera, J-P. Hallier, and J. Million. 2009. Stock assessment of yellowfin tuna in the Indian Ocean using MULTIFAN-CL. *IOTC-2009-WPTT-10*
- Lewison, R.L., L.B. Crowder, A.J. Read, and S.A. Freeman. 2004. Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. *Trends Ecol. Evol.*, 19(2): 598–604.
- Marsac, F., A. Fonteneau, and F. Ménard. 2000. Drifting FADs used in tuna fisheries: an ecological trap? In: Le Gall, J.Y., Cayre, P. Taquet, M. (eds). *Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons. Actes Colloques-IFREMER* 28:537-552.
- Molina-Delgado, A., J. Ariz, D. Gaertner, and J.C. Santana. 2000. Estimación de la importancia de las capturas de especies accesorias y de descartes descartes en la pesquería de cerco de túnidos tropicales en el océano Atlántico oriental, *Coll. Vol. Sci. Pap. ICCAT (2000)* 51: 1859 - 1875
- Molina-Delgado, A., J. Ariz, H. Murua, and J. C. Santana. 2014. Spanish Fish Aggregating Device Management Plan. Preliminary Data by Alicia Delgado de Molina 1 , Javier Ariz 1 , Hilario Murua 2 and J. Carlos Santana 1.”
- Moreno, G., L. Dagorn, G. Sancho and D. Itano. 2007. Fish behaviour form fishers' knowledge: the case study of tropical tuna around drifting fish aggregating devices (DFADs). *Can. J. Fish. Aquat. Scie.*, 64(11):1517-1528.
- Pallarés, P, and Ch. Petit. 1998. Tropical Tunas: New Sampling and Data Processing Strategy Fo Estimating the Composition of Catches by Species and Sizes. *Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015* 1(2): 230–46.
- “Primera Reunión Del Grupo de Trabajo AD HOC Sobre DCP.” Madrid 2015. : 11–12.
- Robert, M., L. Dagorn, J.L. Deneubourg, D. Itano, and K. Holland. 2012. Size-dependent behavior of tuna in an array of fish aggregating devices (FADs). *Mar. Biol.*, 159(4):907-914.
- Rodríguez-Alfaro, S. 2013. Impacto de los artes de pesca sobre las especies y ecosistemas. In: *La pesca, entre sus circunstancias y consecuencias*, pp: 71-107 . Castro, J.J, (Ed.). Anroart Ediciones.

- Santana, J.C., Delgado de Molina, A., Delgado de Molina, R., Ariz, J., Stretta, J.M. and Domalain, G., 1998. "Lista faunistica de las especies asociadas a las capturas de atún de las flotas de cerco comunitarias que faenan en las zonas tropicales de los océanos Atlántico e Índico." *Collect. Vol.Sci. Pap. ICCAT* 48(3): 129–37.
- Santana-Ortega, A.T., 2016. Estudio del comportamiento de la ictiofauna en torno a los dispositivos de agregación de peces. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Sarralde, R, J Ariz, A Delgado De Molina, P Pallarés, and J.C. Santana. 2004. Análisis de los datos obtenidos por observadores en atuneros cerqueros españoles en el océano Atlántico durante las últimas moratorias sobre objetos flotantes (2001-2002 Y 2002-2003). *Collect. Vol.Sci. Pap. ICCAT* 56(2): 401–13.
- Sarralde, R., Ariz, J., Delgado de Molina, A., Pallarés, P., and Santana, J.C., 2006. "Actividad de los observadores en la flota atunera española de cerco en el océano Atlántico desde 2001 al 2005." *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 59(2): 690-700.
- WoRMS Editorial Board (2016). World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2016-06-06 (species list)