

LOS OBJETOS FLOTANTES DEL PACÍFICO ORIENTAL: FORMAS, DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y CAMBIOS TEMPORALES

FLOATING OBJECTS OF THE EASTERN PACIFIC: TYPES, SPATIAL DISTRIBUTION AND TEMPORAL CHANGES

Rafael Solana-Sansores^{1,2}

¹ Facultad de Ciencias
Universidad Autónoma de Baja California
Km. 106 Carretera Tijuana-Ensenada
Ensenada, C.P. 22860, Baja California, México
E-mail: solanar@inp.semarnap.gob.mx; solana@faro.ens.uabc.mx

² Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún
y de Protección de Delfines, PNAAPD-FIDEMAR
Km. 107 Carretera Tijuana-Ensenada
Ensenada, C.P. 22860, Baja California, México

Recibido en diciembre de 2000; aceptado en junio de 2001

RESUMEN

Se analizó la distribución espacial de las distintas formas de objetos flotantes asociados con la pesca del atún del Océano Pacífico oriental (OPO). De los 34 tipos observados, se definieron cuatro clases: objetos flotantes naturales terrestres (OFTE), objetos flotantes naturales marinos (OFMA), objetos flotantes de origen antropogénico (OFA) y dispositivos para agregar peces (DAP). La fuente de información proviene de la base de datos de observadores de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, de 1987 a 1997. De ésta, se analizaron los registros de los objetos flotantes por tipo y el esfuerzo pesquero dirigido a ellos, espacial y temporalmente. Se calcularon las tasas de encuentro de objetos flotantes y se estimaron las proporciones de las diferentes clases de objetos flotantes, por cuadrantes de un grado. Estas variables fueron modeladas espacialmente a través de regresiones no paramétricas. Se observó que antes de 1993, las tasas de encuentro y los porcentajes de OFTE fueron los más importantes, localizados principalmente cerca de la costa Centroamericana. A partir de 1994, la región occidental a las islas Galápagos fue la más importante. Este análisis reveló una expansión espacial de las actividades pesqueras sobre objetos flotantes dirigida al sur y al oeste del OPO, por la utilización de los DAP. Asimismo, se observó que los OFMA se concentran en dos zonas: una al sur, frente a las costas de Ecuador y Perú, y la otra frente a Baja California, México. Estos patrones espaciales de las clases de objetos flotantes muestran una variación estacional. De acuerdo con la distribución espacial y temporal de los objetos flotantes, se concluye que el OPO puede dividirse en tres zonas: una zona costera y dos zonas oceánicas. En la zona costera y al norte del Ecuador, dominan los OFTE; en la zona al sur del Ecuador, predominan los DAP.

Palabras clave: objetos flotantes de origen terrestre, dispositivos agregadores de peces, Pacífico oriental, pesca de atún, zona epipelágica.

ABSTRACT

The spatial pattern was analyzed of different types of floating objects associated with the tuna fishery in the eastern tropical Pacific (ETP). Of the 34 types of floating objects, four classes were defined: floating objects of terrestrial origin (FOTE), floating objects of marine origin (FOMA), artificial floating objects (FOA), and fish aggregating devices (FAD). The information source was the observer database of the Inter-American Tropical Tuna Commission, for 1987 to 1997. The records of floating objects and fishery effort directed at them were analyzed, spatially and seasonally. The encounter rate and proportion per class were estimated, by one-degree quadrants. Spatial models were obtained for these variables using non-parametric regression. Before 1993, the encounter rates and proportion of FOTE were the most important, located close to the Central American coast. After that year, the region to the west of the Galapagos Islands was the most important. Since 1994, a spatial expansion of the floating objects fishery is observed to the southwest of the ETP, with the use of FAD. FOMA were found to concentrate in two zones: one off the coasts of Ecuador and Peru, and the other off Baja California, Mexico. The spatial patterns of the types of floating objects indicate a seasonal variation. It was concluded that the ETP can be divided into three zones: one coastal and two offshore zones. FOTE dominate in the coastal zone and to the north of the Equator, whereas FAD are the most important in the zone south of the Equator.

Key words: logs, fish aggregating devices, eastern tropical Pacific, tuna fishery, epipelagic zone.

INTRODUCCIÓN

El Océano Pacífico oriental (OPO) recibe una fuerte influencia de los diferentes sistemas naturales o artificiales que lo rodean. La transferencia de materiales, inorgánicos y orgánicos (vivos o inanimados), es una expresión de esa influencia. Por ejemplo, de los ecosistemas continentales, a través de desembocaduras de los ríos, cada año llega una cantidad considerable de la vegetación de la costa adyacente (Suzuki, 1999; Hall *et al.*, 1999). Asimismo, el hombre vierte desperdicios al océano desde el continente o desde embarcaciones que transitan en su superficie (Ribic *et al.*, 1992). Todos estos objetos son atrapados por las corrientes marinas y son arrastrados a través de la superficie del mar, por lo que reciben el nombre de objetos flotantes.

Los objetos flotantes también pueden originarse en el ecosistema marino, como es el caso de cadáveres de ballenas, leones marinos, focas, etc. Organismos de natación lenta, como el tiburón ballena (*Rhincodon typus*), también han sido considerados objetos flotantes

INTRODUCTION

The eastern Pacific Ocean (EPO) is strongly influenced by the different natural or artificial systems that surround it. The transfer of inorganic and organic (living or inanimate) materials is an indication of that influence. For example, continental ecosystems contribute, through river runoff, a considerable amount of vegetation from the adjacent coast (Suzuki, 1999; Hall *et al.*, 1999). Also, man discharges waste into the ocean from land or from ships (Ribic *et al.*, 1992). All these objects are trapped by the marine currents and drift on the sea surface; hence, they are called floating objects.

Floating objects can also originate in the marine ecosystem, as is the case of whale carcasses, sea lions, seals, etc. Slow-swimming organisms, such as the whale shark (*Rhincodon typus*), have also been considered important floating objects (Gaertner *et al.*, 1996). Likewise, patches of marine vegetation (*Sargassum* spp.) have been reported to be good for grouping fish (Nakata *et al.*, 1988).

importantes (Gaertner *et al.*, 1996). Asimismo, los parches de vegetación marina (*Sargassum* spp.) han sido reportadas como buenos agrupadores de peces (Nakata *et al.*, 1988).

Por razones todavía desconocidas, los objetos flotantes atraen a la fauna marina que vive en la zona epipelágica (Dagorn y Fréon, 1999; Massutí *et al.*, 1999); algunas de esta especie son de alto valor comercial, como los atunes. Esto ha provocado que, en los océanos en donde existen objetos flotantes, se lleve a cabo un desarrollo pesquero importante alrededor de ellos (Ariz *et al.*, 1999; Hall *et al.*, 1999; Hampton y Bailey, 1999; Kingsford y DeFries, 1999; Hallier y Parajua, 1999). Para aumentar la capacidad de esta pesquería, a principios de la década de los noventa se empezó a utilizar masivamente los denominados dispositivos agregadores de peces (DAP) en todos los océanos del mundo donde se pesca atún (Pallarés *et al.*, 1995; Bailey *et al.*, 1996; Marsac *et al.*, 1996). Recientemente, en la región sur del OPO se ha observado un interés por desarrollar una pesquería intensiva utilizando este tipo de objetos (Armstrong y Oliver, 1995). En este sentido, el análisis sobre el impacto en los ecosistemas marinos del uso masivo de DAP surge como una tarea primordial.

En este trabajo se analizan los patrones espaciales de los objetos flotantes por grupo y sus cambios temporales. Específicamente, se analizaron los cambios estacionales en los patrones espaciales de la densidad relativa (presencia) y de las diversas formas de objetos flotantes: naturales de origen terrestre (OFTE), de origen marino (OFMA) y artificiales (OFA).

MÉTODOS

Fuente de información y tamaño de muestra

La información analizada proviene de los registros de objetos flotantes de la base de

For reasons as yet unknown, the floating objects attract the marine fauna found in the epipelagic area (Dagorn and Fréon, 1999; Massutí, *et al.*, 1999); some of these species are of high commercial value, such as the tunas. Thus, in the oceans where floating objects are present, important fisheries have developed around them (Ariz *et al.*, 1999; Hall *et al.*, 1999; Hampton and Bailey, 1999; Kingsford and DeFries, 1999; Hallier and Parajua, 1999). To increase the capacity of this fishery, in the early 1990s fish aggregating devices (FAD) began to be used in every ocean where tuna fishing is carried out (Pallarés *et al.*, 1995; Bailey *et al.*, 1996; Marsac *et al.*, 1996). Recently, in the southern region of the EPO, there has been increased interest in developing an intensive fishery using this type of objects (Armstrong and Oliver, 1995). It is therefore necessary to analyze the impact on the marine ecosystems of the massive use of FAD.

In this work, the spatial patterns of the floating objects are analyzed, per group, and their seasonal changes are determined. Specifically, seasonal changes were analyzed in the spatial patterns of the relative density (presence) and of the different types of floating objects: of terrestrial origin (FOTE), of marine origin (FOMA) and artificial (FOA).

METHODS

Information source and sample size

The information analyzed comes from the records of floating objects in the observer database of the Inter-American Tropical Tuna Commission. From this database, information was obtained regarding the type and category of floating object, geographical location and some environmental characteristics (sea condition, cloudiness, etc.) at the moment of sighting, for the period from 1987 to 1997. The number of floating objects per class and per

datos del programa de observadores científicos de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT). De esta base se obtuvo información sobre el tipo y categoría de objeto flotante, ubicación geográfica y algunas características ambientales (condición del mar, nubosidad, etc.) al momento del avistamiento, para el periodo de 1987 a 1997. El número de objetos flotantes por categoría y por año, y el tamaño de la muestra anual se muestran en la tabla 1.

El esfuerzo pesquero se presenta en una resolución de cuadrantes de un grado por trimestre y es referido al número de millas navegadas en estado de búsqueda. El estado de búsqueda se define cuando una embarcación pesquera está rastreando señales que llevan al encuentro de un objeto flotante, al cual supuestamente se asocian atunes y otros organismos. Este rastreo se realiza por el uso de diversos instrumentos (Solana-Sansores, 1999): radares de pájaro, uso de helicópteros, visualmente, etc. El estado de búsqueda culmina, con alta probabilidad, con la observación de señales que llevan a un lance pesquero sobre objetos flotantes u otras formas (mamíferos marinos o cardúmenes de atunes no asociados) (Lara-Tejeda y Solana-Sansores, 1997).

Tasas de encuentro

Las tasas de encuentro se definieron como el número de objetos flotantes avistados (y sujetos a un lance pesquero) por 1000 millas navegadas en estado de búsqueda, por cuadrante y trimestre. Éstas se calcularon por medio de la siguiente ecuación (Solana-Sansores, 2000):

$$wenc_i = \frac{(Avis_i * Esf_i)}{\sum_i Esf_i} \quad (1)$$

year, and the size of the annual sample are shown in table 1.

The fishing effort is presented in a resolution of one-degree quadrants per quarter and is referred to the number of miles navigated in the searching state. The searching state is defined as when fishing boats are tracking signals that will lead to a floating object, to which tuna and other organisms are supposedly associated. This tracking is carried out using diverse instruments (Solana-Sansores, 1999): bird radars, helicopters, visually, etc. The searching state culminates, most probably, with the observation of signals that lead to a fishing set on floating objects or other living forms (marine mammals or schools of non-associated tunas) (Lara-Tejeda and Solana-Sansores, 1997).

Encounter rates

The encounter rates were defined as the number of floating objects sighted (and subject to a fishing set) for each 1000 miles navigated in the searching state, per quadrant and quarter. These were calculated using the following equation (Solana-Sansores, 2000):

$$wenc_i = \frac{(Avis_i * Esf_i)}{\sum_i Esf_i} \quad (1)$$

where $wenc_i$ is the value of the encounter rate weighted in the i -th quadrant; $Avis_i$ is the number of positive sightings (fishing sets) in the i -th quadrant; and Esf_i is the fishing effort, in miles navigated in the searching state, for the i -th quadrant.

The encounter rates per quadrant and quarter were analyzed using non-parametric regression, known as tree regression (Venables and Ripley, 1994). The explanatory variables used were the values of the location variables

Tabla 1. Número de lances pesqueros sobre objetos flotantes en la muestra (1987–1997). Los tipos de objetos flotantes son: de origen natural terrestre (OFTE), de origen natural marino (OFMA), de origen antropogénico (OFA) y dispositivos agregadores de peces (DAP).

Table 1. Number of log sets on floating objects in the sample (1987–1997). The types of floating objects are: of terrestrial origin (OFTE), of marine origin (OFMA), artificial (OFA) and fish aggregating devices (DAP).

Año	No. total de lances en la muestra	No. de lances sobre OFTE	No. de lances sobre OFMA	No. de lances sobre OFA	No. de lances sobre DAP
1987	206	126	2	43	35
1988	681	304	25	299	40
1989	801	460	34	262	35
1990	1038	392	58	370	217
1991	1576	622	73	496	384
1992	1468	388	160	398	522
1993	1935	487	155	474	815
1994	2549	200	136	374	1836
1995	3250	210	92	291	2641
1996	4038	140	116	264	3517
1997	5574	243	93	387	4849

donde $wenc_i$ es el valor de la tasa de encuentro ponderada en el i -ésimo cuadrante; $Avis_i$ es el número de avistamientos positivos (lances de pesca) en el i -ésimo cuadrante; y Esf_i es el esfuerzo pesquero, en millas navegadas en estado de búsqueda, para el i -ésimo cuadrante.

Las tasas de encuentro por cuadrante y trimestre se analizaron a través de regresiones no paramétricas, conocidas como árboles de clasificación (*tree regression*) (Venables y Ripley, 1994). Las variables explicativas utilizadas fueron los valores de las variables de localización (latitud y longitud). Los modelos de regresión de árbol, por año y por temporadas interanuales, permitieron obtener zonas con valores similares de tasas de encuentro de objetos flotantes. Las agrupaciones de objetos se obtuvieron al reducir la variabilidad interna de los grupos formados. El criterio principal

(latitude and longitude). The tree regression models, per year and per interannual seasons, allowed zones with similar values of floating object encounter rates to be obtained. The groups of objects were obtained by reducing the internal variability of the groups formed. The main criterion for the spatial grouping was the maximization of the decrease in the deviance (measure of dispersion). In all cases, the probabilistic model used as link function was the normal distribution function in each internal node. Thus, deviance D is just the usual variance scaled in a generalized Gaussian linear model. It is important to clarify that the probabilistic distribution in the internal nodes (sheets) of the tree is a mixture of normal distributions and, hence, each D_j is valid only for the j -th sheet. The reduction in the number of classes of each regression tree obtained was

para la formación de los grupos espaciales fue la maximización de la reducción de la desviación (medida de dispersión). En todos los casos, el modelo probabilístico utilizado como función liga fue la función de distribución normal dentro de cada hoja. Así, la desviación D no es otra cosa más que la varianza escalada usual para un modelo lineal generalizado gaussiano. Es importante aclarar que la distribución probabilística en los nodos (hojas) internos del árbol es una mezcla de distribuciones normales y así, cada D_j es únicamente válida para la j -ésima hoja. La reducción del número de clases de cada árbol de clasificación obtenido, para lograr un mínimo de separaciones que maximiza la ganancia de información, fue a través del método de poda (*pruning*) (Breiman *et al.*, 1984, citado en Venables y Ripley, 1994), implementado en Splus (v. 4.5).

Porcentaje de tipos de objetos flotantes por cuadrante

En cada i -ésima unidad muestral (cuadrante) se estimó el porcentaje de avistamientos positivos por cada grupo de objetos flotantes. Estos porcentajes se obtuvieron a través del cociente del número de lances pesqueros sobre el j -ésimo tipo de objeto flotante con respecto al total de lances en el i -ésimo cuadrante (Solana-Sansores, 2000):

$$p_{ij} = \frac{Avis_{ij}}{\sum_j Avis_{ij}} \quad (2)$$

donde p_{ij} es la proporción de la j -ésima clase de objetos flotantes en la unidad muestral i ($j = 1$, OFTE; 2, OFMA; 3, OFA; y 4, DAP); y $Avis_{ij}$ es el total de avistamientos de objetos flotantes del j -ésimo grupo en el i -ésimo cuadrante.

done using the pruning method, in order to achieve a minimum of separation that maximizes the information gain (Breiman *et al.*, 1984, in Venables and Ripley, 1994), implemented in Splus (v. 4.5).

Percentage of types of floating objects per quadrant

In each i -th sample unit (quadrant), the percentage of positive sightings was estimated for each group of floating objects. These percentages were obtained by means of the ratio of the number of fishing sets on the j -th type of floating object relative to the total of sets in the i -th quadrant (Solana-Sansores, 2000):

$$p_{ij} = \frac{Avis_{ij}}{\sum_j Avis_{ij}} \quad (2)$$

where p_{ij} is the proportion of the j -th class of floating objects in sample unit i ($j = 1$, FOTE; 2, FOMA; 3, FOA; and 4, FAD); and $Avis_{ij}$ is the total of sightings of floating objects of the j -th group in the i -th quadrant.

The percent values per types of floating objects where, in turn, subject to a spatial classification analysis, using tree regression. In this case, the response variable was the percentages of sightings of types of floating objects.

RESULTS

Encounter rates of floating objects

The spatial classification of positive sightings of floating objects per quarter is shown in figure 1. During the first quarter, the highest values of encounter rates are observed off the coast of Peru (between 10° and 15°S), in an area that extends from the coast to

Los valores de los porcentajes por tipos de objetos flotantes fueron a su vez sometidos a un análisis de clasificación espacial, por medio del uso de regresiones de árbol. En este caso, la variable de respuesta fue el porcentaje de avistamientos de tipos de objetos flotantes.

RESULTADOS

Tasas de encuentro de objetos flotantes

En la figura 1 se presenta la clasificación espacial de los avistamientos positivos de objetos flotantes por trimestre. Durante el primer trimestre, los valores más altos de tasas de encuentro se observan frente a las costas de Perú (entre los 10° y 15°S), en una franja que va desde la costa hasta aproximadamente los 90°W (fig. 1.1). Fuera de esta área, los valores de avistamientos positivos permanecen bajos.

En el segundo trimestre, se observan dos áreas con valores altos de tasas de encuentro (fig. 1.2). La primera corresponde a la observada durante el primer trimestre, aunque sus valores son inferiores. La segunda es el Golfo de Panamá, donde los valores de tasas de encuentro son ligeramente superiores a la primera (entre 100 y 300 objetos flotantes por 1000 millas navegadas en estado de búsqueda, en promedio, por cuadrante).

Durante el tercer trimestre, las áreas con valores promedio más altos de tasas de encuentro se extienden hacia el oeste en una franja en sentido de este a oeste, entre los 4°S y 4°N (fig. 1.3). En esta franja se reconocen dos áreas: una frente a las costas de Ecuador y Colombia, hasta aproximadamente los 85°W; y la otra al oeste de esta longitud, hasta los 110°W. En la primera, se observan tasas de encuentro promedio de alrededor de 300 por cuadrante, siendo estos valores los más altos. En el último trimestre del año, la situación es similar al trimestre anterior, aunque los valores son más bajos (fig. 1.4).

aproximadamente 90°W (fig. 1.1). Outside this area, the values of positive sightings are low.

In the second quarter, two areas show high encounter rate values (fig. 1.2). The first corresponds to the one observed during the first quarter, although its values are lower. The second is the Gulf of Panama, where the values of encounter rates are slightly higher than the first one (between 100 and 300 floating objects per 1000 miles navigated in the searching state, on average, per quadrant).

During the third quarter, the areas with the highest mean values of encounter rates extend westwards in an east-west direction, between 4°S and 4°N (fig. 1.3). In this area, two zones are determined: one off the coasts of Ecuador and Colombia, to approximately 85°W; and the other, to the west of this longitude, extending to 110°W. In the former, mean encounter rates of around 300 per quadrant are observed, these being the highest values. In the last quarter, the situation is similar to the previous quarter, though the values are lower (fig. 1.4).

Spatial distribution per type of floating object

The percentages of sets on the different classes of floating objects are shown in figure 2. From 1987 to 1991, FOTE comprise between 40% and 60% of the sets. Together with FOA, they represent a total of 75% to 90%, during those years. However, as of 1992 an accelerated increase in the use of FAD is observed, such that since 1996, the number of sets on this type of devices constitutes little more than 90% of the sets.

Applying a tree regression analysis to the percent values of positive FOTE sightings per quarter (fig. 3), the highest mean values are observed in the coastal area off Central America and in a zone with east-west direction

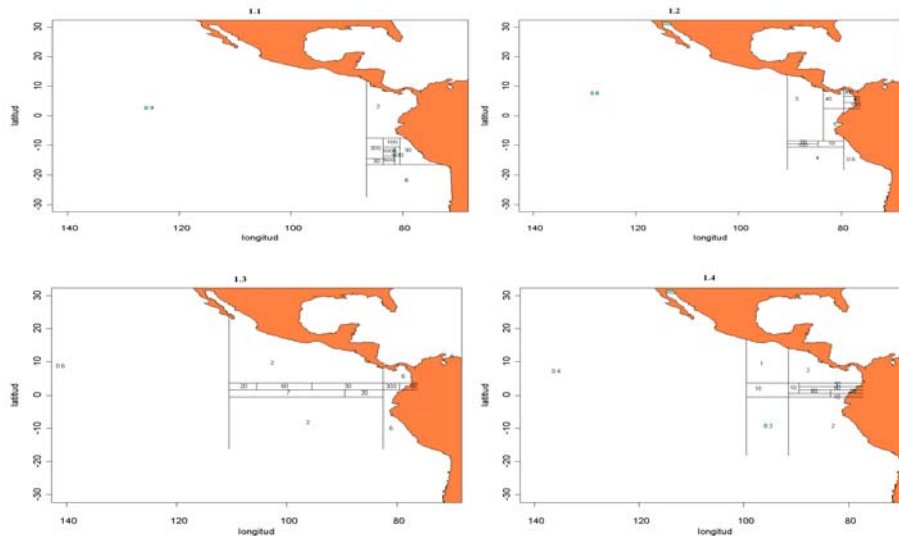


Figura 1. Distribución espacial de las tasas de encuentro de objetos flotantes (número de avistamientos por 1000 millas navegadas en estado de búsqueda) por trimestre (1987–1997). Las divisiones se refieren a la clasificación espacial de cuadrantes de un grado, con valores de tasa de encuentro semejantes. Los grupos (nodos u hojas) se obtuvieron a través de la minimización de la desviación de las tasas de encuentro. Los números representan el valor promedio estimado de la tasa de encuentro en cada grupo. 1.1. Enero a marzo; 1.2. abril a junio; 1.3. julio a septiembre; 1.4. octubre a diciembre.

Figure 1. Spatial distribution of the encounter rates of floating objects (number of sightings per 1000 miles navigated in the searching state) per quarter (1987–1997). The divisions refer to the spatial classification of one-degree quadrants, with similar encounter rate values. The groups (nodes or sheets) were obtained by minimizing the deviance of the encounter rates. The numbers represent the mean estimated value of the encounter rate for each group. 1.1. January to March; 1.2. April to June; 1.3. July to September; 1.4. October to December.

Distribución espacial por tipo de objeto flotante

Los porcentajes de lances sobre las diferentes clases de objetos flotantes se muestran en la figura 2. De 1987 a 1991, se observa que los OFTE representan entre el 40% y 60% de los lances. Conjuntamente con los OFA, suman un total de entre 75% y 90%, durante esos años. Sin embargo, a partir de 1992, se observa un incremento acelerado en el uso de los DAP de tal forma que, desde 1996, el número de lances

along 10°N. During the first quarter, the coast of Colombia and the Gulf of Panama present the highest percent values. During the second quarter, the northern area of the Gulf of Panama and the Costa Rican coast show high percent values; in this same quarter, an area with high values also extends from 10° to 15°N, starting from 95°W. During the third and fourth quarters, the offshore region, along the above-mentioned zone, is where the highest percent values of positive sightings appear per quadrant. In all the quarters, the latitudinal

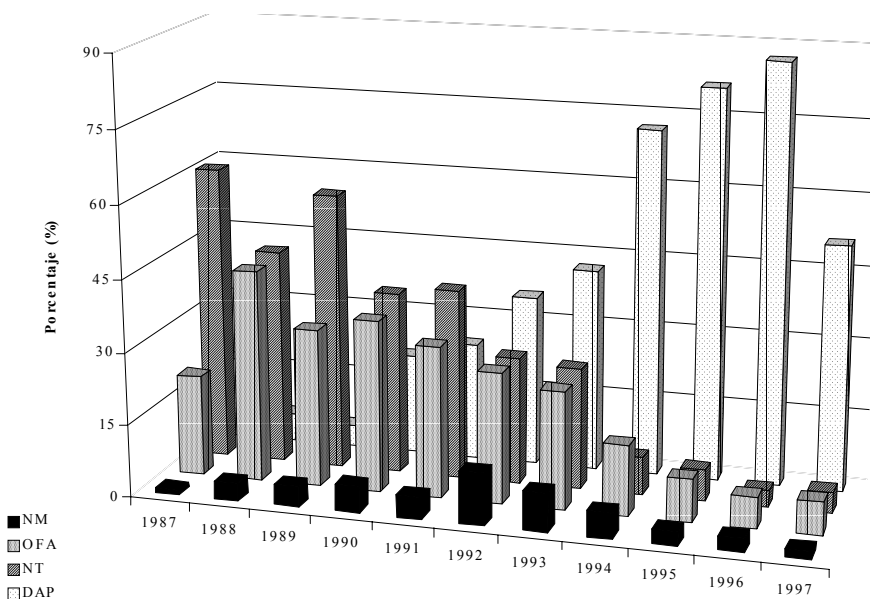


Figura 2. Porcentaje de lances sobre objetos flotantes por clase, por año. NT = objetos flotantes de origen natural terrestre; NM = objetos flotantes de origen natural marino; OFA = objetos flotantes de origen antropogénico; DAP = dispositivos agregadores de peces.

Figure 2. Percentage of sets on floating objects per class, per year. NT = floating objects of natural terrestrial origin; NM = floating objects of natural marine origin; OFA = artificial floating objects; DAP = fish aggregating devices (FAD).

sobre este tipo de dispositivos constituye un poco más del 90% de los lances.

Aplicando un análisis de regresión de árbol a los valores porcentuales de avistamientos positivos de OFTE, por trimestre (fig. 3), se observa que en la zona costera de Centroamérica y una franja orientada de este a oeste sobre los 10°N, se obtienen los valores promedio más elevados. Durante el primer trimestre, las costas de Colombia y el Golfo de Panamá muestran los valores porcentuales más elevados. Durante el segundo trimestre, la zona norte del Golfo de Panamá y las costas de Costa Rica registran valores porcentuales altos; en este mismo trimestre, también se observa una zona con valores altos, en una franja que va desde los 10° a los 15°N, a partir de los 95°W.

orientation is the one that shows a greater deviance (measure of dispersion), becoming the most important variable for the classification. On average, latitude 4.5°N was the one that presented a decrease in the dispersion values; therefore, the first partition was obtained at this latitude.

The results of tree regressions applied to the percentages of positive FOMA sightings, per quarter, are presented in figure 4. High values occur in the northern region of the EPO, off the Baja California coast, throughout the year. However, it is important to note that in this area, there is very little activity of the fishing fleet that carries out sets on floating objects and, therefore, the encounter rate values are low. Another relatively important area is

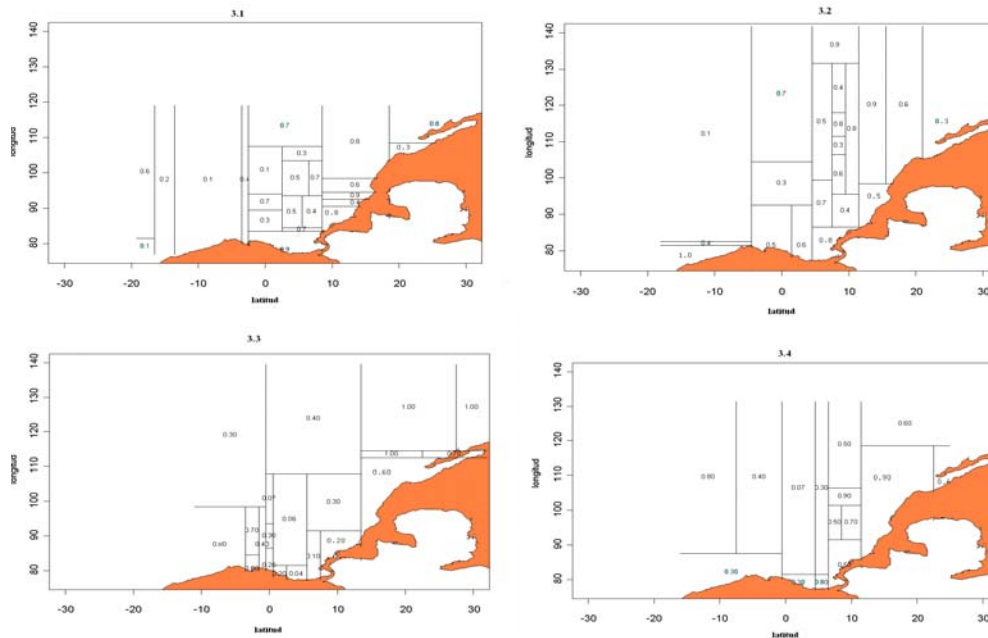


Figura 3. Clasificación espacial de cuadrantes de un grado de acuerdo con el porcentaje de lances sobre objetos flotantes de origen natural terrestre (OFTE), por trimestre (1987–1997). Los grupos se obtuvieron por la minimización de la desviación de los porcentajes de lances sobre OFTE. Los números representan el valor promedio estimado del porcentaje de lances sobre OFTE de cada grupo. 3.1. Enero a marzo; 3.2. abril a junio; 3.3. julio a septiembre; 3.4. octubre a diciembre.

Figure 3. Spatial classification of one-degree quadrants according to the percentage of sets on floating objects of terrestrial origin (FOTE), per quarter (1987–1997). The groups were obtained by minimizing the deviance of the percentages of sets on FOTE. The numbers represent the mean estimated value of the percentage of sets on FOTE for each group. 3.1. January to March; 3.2. April to June; 3.3. July to September; 3.4. October to December.

Durante el tercer y cuarto trimestre, la zona lejana a la costa, sobre la franja mencionada arriba, es en donde aparecen los valores porcentuales de avistamientos positivos por cuadrante más elevados. En todos los trimestres, la orientación latitudinal es la que mostró una mayor desviación (medida de la dispersión), por lo que fue la variable más importante en la clasificación. En promedio, la latitud de 4.5°N fue la que demostró una disminución de los valores de dispersión, por lo que fue esta latitud donde se obtuvo la primera partición.

found off the Gulf of Guayaquil, with mean percent values of positive sightings around 60%, in the quadrants where sets on floating objects are carried out; this area is the most important during the last two quarters. In these periods, the main partition is found to be latitudinal, whereas during the first two quarters, the main partition is longitudinal, along 112°W.

Figure 5 shows the results of the spatial classification of percent values of positive FOA sightings, for each quarter. Two areas with

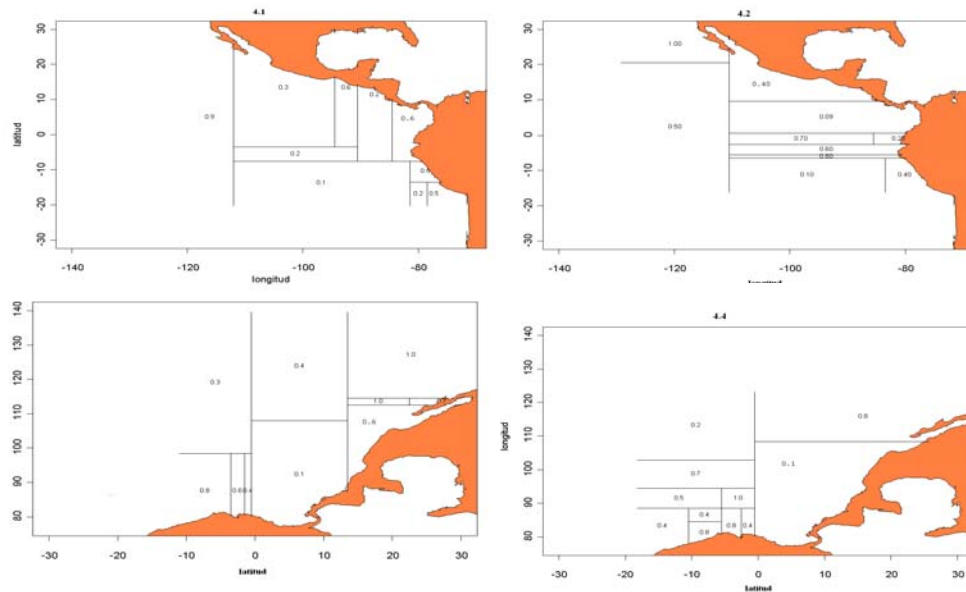


Figura 4. Clasificación espacial de cuadrantes de un grado de acuerdo con el porcentaje de lances sobre objetos flotantes de origen natural marino (OFMA), por trimestre (1987–1997). Los grupos se obtuvieron por la minimización de la desviación de los porcentajes de lances sobre OFMA. Los números representan el valor promedio estimado del porcentaje de lances sobre OFMA de cada grupo. 4.1. Enero a marzo; 4.2. abril a junio; 4.3. julio a septiembre; 4.4. octubre a diciembre.

Figure 4. Spatial classification of one-degree quadrants according to the percentage of sets on floating objects of marine origin (FOMA), per quarter (1987–1997). The groups were obtained by minimizing the deviance of the percentages of sets on FOMA. The numbers represent the mean estimated value of the percentage of sets on FOMA for each group. 4.1. January to March; 4.2. April to June; 4.3. July to September; 4.4. October to December.

Los resultados de las regresiones de árbol aplicados a los porcentajes de avistamientos positivos de OFMA por trimestre se presentan en la figura 4. Los valores altos se presentan en la región norte del OPO, frente a las costas de Baja California, en todos los trimestres del año. Es importante observar, sin embargo, que en esta zona se observa muy poca actividad de la flota pesquera que realiza lances sobre objetos flotantes y, por tanto, los valores de las tasas de encuentro son bajas. Otra zona de relativa importancia, con valores promedio porcentuales alrededor del 60% de avistamientos positivos, en cuadrantes donde se realizan lances

high values are observed: one between 5° and 15°N, along a zone with east-west direction; and the other, off the Gulf of Guayaquil. The former is relatively more important (regarding the mean percent values) throughout the whole year. The latter, although also important in all the quarters, is smaller in size and its location is not always the same. The main partition is found to be latitudinal, along 7°N, in all the quarters.

On the other hand, the results of the tree regressions applied to the percentages of positive FAD sightings show that the highest mean values are observed to the south of 10°N, in all

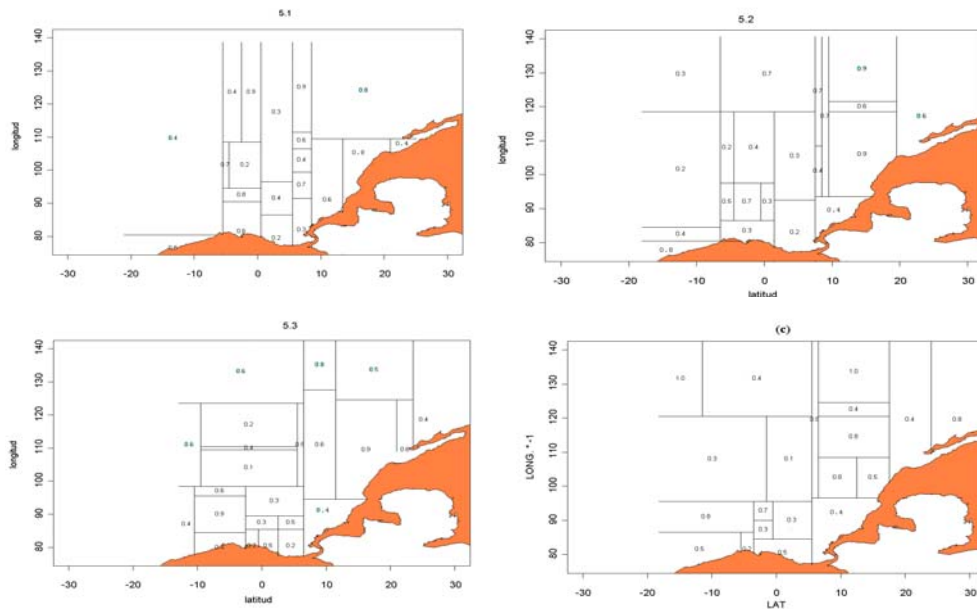


Figura 5. Clasificación espacial de cuadrantes de un grado de acuerdo con el porcentaje de lances sobre objetos flotantes de origen antropogénico (OFA), por trimestre (1987–1997). Los grupos se obtuvieron por la minimización de la desviación de los porcentajes de lances sobre OFA. Los números representan el valor promedio estimado del porcentaje de lances sobre OFA de cada grupo. 5.1. Enero a marzo; 5.2. abril a junio; 5.3. julio a septiembre; 5.4. octubre a diciembre.

Figure 5. Spatial classification of one-degree quadrants according to the percentage of sets on artificial floating objects (FOA), per quarter (1987–1997). The groups were obtained by minimizing the deviance of the percentages of sets on FOA. The numbers represent the mean estimated value of the percentage of sets on FOA for each group. 5.1. January to March; 5.2. April to June; 5.3. July to September; 5.4. October to December.

sobre objetos flotantes, es frente al Golfo de Guayaquil; esta zona es la más importante en los últimos dos trimestres del año. En estos periodos se observa que la principal partición es latitudinal. Por el contrario, durante los dos primeros trimestres del año la partición principal se observa en un sentido longitudinal alrededor de los 112°W.

La figura 5 muestra los resultados de clasificación espacial de los valores porcentuales de avistamientos positivos de OFA, para cada trimestre del año. Se observan dos zonas con valores altos: una entre los 5° y 15°N, en una

the quarters (fig. 6). Except for the second quarter, the main partition is longitudinal, along 95°W; the highest mean values are observed to the west. In the second quarter, the main partition is latitudinal, at a location near the Equator.

DISCUSSION

The last decade has seen an increase in the tuna fishery on floating objects throughout the world and, specifically, in the EPO. This expansion presents the following characteris-

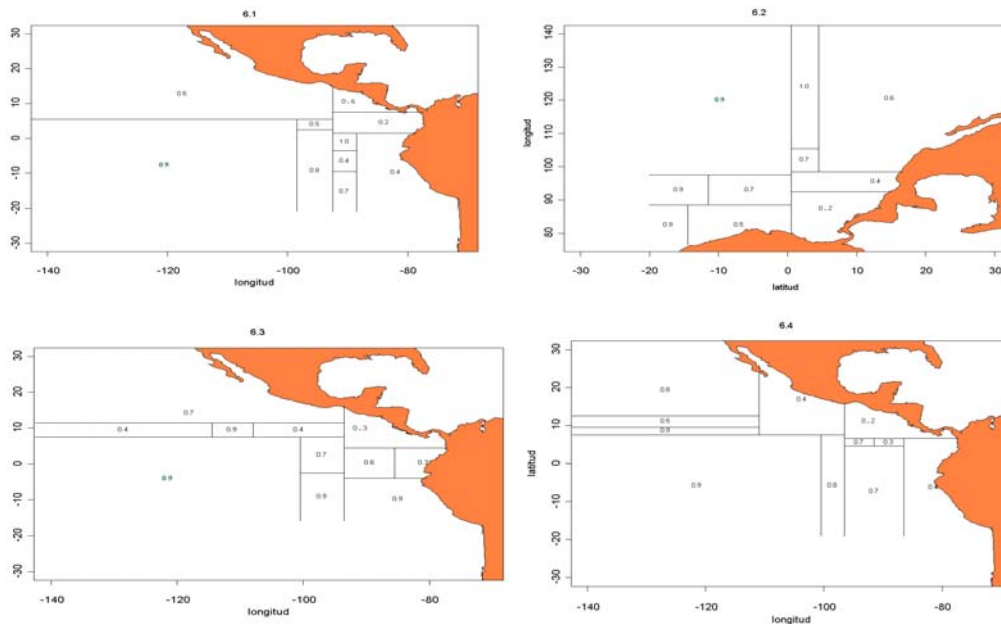


Figura 6. Clasificación espacial de cuadrantes de un grado de acuerdo con el porcentaje de lances sobre dispositivos agregadores de peces (DAP), por trimestre (1987–1997). Los grupos se obtuvieron por la minimización de la desviación de los porcentajes de lances sobre DAP. Los números representan el valor promedio estimado del porcentaje de lances sobre DAP de cada grupo. 6.1. Enero a marzo; 6.2. abril a junio; 6.3. julio a septiembre; 6.4. octubre a diciembre.

Figure 6. Spatial classification of one-degree quadrants according to the percentage of sets on fish aggregating devices (FAD), per quarter (1987–1997). The groups were obtained by minimizing the deviance of the percentages of sets on FAD. The numbers represent the mean estimated value of the percentage of sets on FAD for each group. 6.1. January to March; 6.2. April to June; 6.3. July to September; 6.4. October to December.

franja orientada de este a oeste, y la otra frente al Golfo de Guayaquil. La primera tiene relativamente mayor importancia (con respecto a los valores porcentuales promedio) durante todo el año. La segunda, aunque también importante en todos los trimestres, es de menor tamaño y su ubicación no es siempre la misma. En cuanto a la partición principal, ésta se da en un sentido latitudinal, alrededor de los 7°N, en todos los trimestres.

Por su parte, los resultados de los árboles de clasificación aplicados a los porcentajes de

tics: (1) an increase in the number of sets on floating objects; (2) an expansion of the fishing area and the discovery of new fishing grounds; and (3) the development of technologies, mainly to locate floating objects. In the EPO, the increase in the number of sets on floating objects has been the outcome of an intensification in the use of FAD (Lennert-Cody *et al.*, 1999). This increase has resulted in an expansion of the area where this activity is carried out, to such an extent that prior to 1990 it was a coastal fishery, but nowadays it covers most of

avistamientos positivos de los DAP muestran que al sur de los 10°N es donde se observan los valores promedio más altos, en todos los trimestres del año (fig. 6). Con excepción del segundo trimestre, la partición principal se da en un sentido longitudinal, alrededor de los 95°W; los valores promedio más altos se observan al oeste. En el segundo trimestre, la principal partición se da en un sentido latitudinal, en una ubicación cercana al Ecuador.

DISCUSIÓN

En la última década se ha observado una expansión de la pesca de atún sobre objetos flotantes en el mundo y, específicamente, en el OPO. Esta expansión muestra las siguientes características: (1) un aumento en el número de lances sobre objetos flotantes; (2) un incremento en la zona de pesca y el descubrimiento de nuevos sitios de captura; y (3) un desarrollo en la tecnología, principalmente de localización de objetos flotantes. En el OPO, el incremento en el número de lances sobre objetos flotantes ha sido resultado del aumento del uso de los DAP (Lennert-Cody *et al.*, 1999). Este aumento trajo como resultado el incremento de la zona donde se realiza esta actividad, de tal forma que siendo una pesca costera en el OPO hasta antes de 1990, actualmente abarca la mayor parte de las latitudes del sur de esta región. Esto se observó en los valores de las tasas de encuentro, los cuales en 1992 y 1993 fueron los más altos en la zona costera, frente a las costas de Ecuador y el Golfo de Panamá. Sin embargo, a partir de 1994 la región lejana a la costa se muestra heterogénea, con un aumento en los valores de las tasas de encuentro. Este aumento en la zona de pesca por el uso de los DAP también ha sido reportado en el Atlántico oriental, en donde se descubren nuevas áreas de pesca, que en años anteriores eran crípticas para la captura de atún (Ariz *et al.*, 1999; Ménard *et al.*, 2000). En el OPO, la

the southern latitudes of this region. This was observed in the encounter rate values, which were highest in the coastal area off Ecuador and in the Gulf of Panama in 1992 and 1993. However, since 1994 the offshore region is heterogeneous, with increased encounter rate values. This expansion of the fishing area due to the use of FAD has also been reported for the East Atlantic, where new fishing grounds have been discovered that in previous years used to be cryptic for the tuna fishery (Ariz *et al.*, 1999; Ménard *et al.*, 2000). In the EPO, the spatial expansion of the fishery on floating objects results in the transfer of much of the fishing effort to other non-traditional fishing areas.

In the Gulf of Panama, off the coast of Central America and around 10°N, the FOTE were dominant during all the quarters in all the years analyzed. In the first two areas mentioned there are wide river mouths and high densities of coastal vegetation (De la Rosa, 1995). It is important to indicate this because it has been mentioned that tuna fisheries on floating objects develop mainly in regions near tropical forests with important fresh-water runoff (CIAT, 1992; Hallier, 1995; Caddy and Majkowsky, 1996; Ariz *et al.*, 1999). For example, from 70% to 80% of all the sets carried out within the Gulf of Panama and off the Central American coast, mainly off Costa Rica, are on this type of floating objects. Rivers flowing into the EPO constantly drag these floating objects, which are mostly representative of the coastal vegetation (or part of it, such as tree trunks).

FOTE present a seasonal variation in the Gulf of Panama. During the first two quarters of the year, the percentages of sightings are high. However, during the third quarter, the values decrease between 20% and 40%. In the fourth quarter, the percent values increase again, once more to the south of this gulf. These variations can be due to the changes in

expansión espacial de la pesca sobre objetos flotantes trae como consecuencia el traslado de una gran parte del esfuerzo pesquero a otras zonas no tradicionales.

En el Golfo de Panamá, frente a las costas de Centroamérica y alrededor de los 10°N, los OFTE fueron predominantes durante todos los trimestres y en todos los años analizados. En las primeras dos zonas mencionadas se observan amplias desembocaduras de ríos y son zonas con densidades altas de vegetación costera (De la Rosa, 1995). Esto es importante de destacar ya que se ha mencionado que las pesquerías de atún sobre objetos flotantes se desarrollan principalmente en regiones cercanas a selvas tropicales con drenajes de agua dulce importantes (CIAT, 1992; Hallier, 1995; Caddy y Majkowsky, 1996; Ariz *et al.*, 1999). Por ejemplo, cerca del 70% al 80% de todos los lances realizados dentro del Golfo de Panamá y frente a las costas de Centroamérica, principalmente en Costa Rica, son sobre este tipo de objetos flotantes. Estos objetos flotantes, que en su mayoría son representantes de la vegetación costera (o parte de ésta, como troncos de árboles), son constantemente arrastrados por los ríos que desembocan en el OPO.

Se observa una variación estacional de OFTE en el Golfo de Panamá. Durante los primeros dos trimestres del año los porcentajes de avistamientos son altos. Sin embargo, durante el tercer trimestre los valores disminuyen entre el 20% y 40%. En el cuarto trimestre, los valores porcentuales vuelven a aumentar, nuevamente, al sur de este golfo. Estas variaciones pueden deberse a los cambios en los regímenes de lluvias y drenajes de la zona. Por ejemplo, De la Rosa (1995) menciona una época de sequía denominada “veranillo” entre los meses de julio a septiembre, coincidente con la disminución de OFTE observada aquí. Este efecto de “veranillo” también se observa en la región adyacente a las costas de Centroamérica, donde para el tercer trimestre se

the rainfall regimes and the river runoff in the area. For example, De la Rosa (1995) mentions a dry season called “veranillo” from July to September, coinciding with the decrease in FOTE observed herein. This “veranillo” effect also occurs in the region adjacent to the coasts of Central America, where in the third quarter, FOTE sightings of 20% were recorded. On the other hand, the increase in the percentage of FOTE to the south of the Gulf of Panama can be due to the increase in the runoff of the Colombian rivers, where the peaks in rainfall are recorded during September and October (García *et al.*, 1999). In general, these FOTE are trapped by the Colombia Coastal Current and remain inside the gulf with north-to-south movements that can even reach the Gulf of Guayaquil.

Important rivers are found to the north of the Gulf of Panama that contribute floating objects to the EPO. On entering the sea, the Costa Rica Coastal Current (CRCC) traps the floating objects and they subsequently encounter the North-Equatorial Current (NEC) that transports them westwards. The CRCC flows from south to north, up to approximately the Gulf of Tehuantepec, and it is then integrated into the NEC (Wyrтки, 1965). In the first quarter, the percentage of FOTE sightings off the coast of Costa Rica and the other Central American countries is low. However, during the second and third quarters, the percent values and the number of quadrants with positive sightings of these objects increase in this area. In the last quarter, the quadrants off the Gulf of Tehuantepec and towards the west at around 10°N present high percent values. It can therefore be assumed that the presence and recruitment of FOTE is seasonal in this area, due to the rainfall.

FOMA occur in two main areas: the first between the Gulf of Guayaquil and west of the Galapagos Islands, and the second, off the coast of Baja California. In the former, all the

estimó un 20% de avistamientos de OFTE. Por su parte, el aumento en el porcentaje de OFTE al sur del Golfo de Panamá puede deberse al aumento en el drenado de los ríos de Colombia, donde los picos de precipitación pluvial se registran durante los meses de septiembre y octubre (García *et al.*, 1999). En general, estos OFTE son atrapados por la Corriente Costera de Colombia y retenidos dentro del golfo en movimientos de norte a sur que pueden alcanzar incluso el Golfo de Guayaquil.

Al norte del Golfo de Panamá existen importantes ríos que aportan objetos flotantes al OPO. Al entrar al mar, los objetos flotantes son atrapados por la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR) y, posteriormente, encuentran la Corriente Ecuatorial del Norte (CEN) que los transporta hacia el oeste. La CCCR va de sur a norte, hasta aproximadamente el Golfo de Tehuán-tepec, y posteriormente se integra a la CEN (Wyrski, 1965). En el primer trimestre, los porcentajes de avistamientos de OFTE frente a las costas de Costa Rica y los otros países centroamericanos son bajos. Sin embargo, para los trimestres 2 y 3 los valores porcentuales y la cantidad de cuadrantes con avistamientos positivos de estos objetos aumentan en esta zona. En el último trimestre, los cuadrantes frente al Golfo de Tehuán-tepec y en dirección al oeste sobre los 10°N son los que muestran valores porcentuales altos. Esto permite suponer que la presencia y reclutamiento de los OFTE es estacional en esta zona, debido a la presencia de lluvias.

Los OFMA se presentan en dos zonas principales: la primera entre el Golfo de Guayaquil y el oeste de las islas Galápagos, y la segunda frente a las costas de Baja California. En la primera zona, los OFMA son todos cadáveres de organismos marinos. Esto puede deberse a la presencia permanente de poblaciones de mamíferos marinos alrededor de esta zona, como es el caso de cachalotes

FOMA are carcasses of marine organisms. This can be due to the permanent presence of marine mammal populations around this area, as is the case of the sperm whale *Physeter macrocephalus* (Solana-Sansores, 1999). Some of these organisms are trapped between the shore and the Galapagos Islands by the dominant currents, such as the Coastal Current of Peru (CCP) (Wyrski, 1965). The rest of these FOMA are carried westwards, first by the Oceanic Current of Peru (OCP) and then by the South-Equatorial Current (SEC). The second area does not present a high number of sightings on floating objects; therefore, the percent values estimated are not reliable. It should be mentioned that most of the positive sightings of this group, in this area, corresponded to marine vegetation.

With respect to FOA, no well-defined spatial pattern is observed. However, the analysis of the percent distribution of positive sightings of these floating objects indicated that the highest values are mainly located to the north of 5°N, in the same area as the FOTE. This may indicate that, no matter where the floating object originates, the action of the NEC, together with the Equatorial Countercurrent (ECC), assembles the floating objects within an area oriented from east to west, centered at 10°N. This similarity seems to exist in other oceans; hence, many authors group these two types of floating objects into one class (Fonteneau, 1992; Ariz *et al.*, 1999; Caddy and Majkowsky, 1996).

It is therefore possible to conclude that:

- FOTE are distributed off the coast of Central America, in an area that extends latitudinally at around 10°N. Their distribution shows seasonality related to rainfall and fresh-water runoff, mainly in the Gulf of Panama and along the Central American coast. This type of floating object was the most

Physeter macrocephalus (Solana-Sansores, 1999). Parte de estos organismos son retenidos entre la costa y las islas Galápagos por las corrientes predominantes, como sería el caso de la Corriente Costera de Perú (CCP) (Wyrski, 1965). La otra parte de estos OFMA son arrastrados hacia el oeste, primeramente por la Corriente Oceánica de Perú (COP) y, posteriormente, por la Corriente Ecuatorial del Sur (CES). La segunda zona no muestra un número elevado de avistamientos sobre objetos flotantes; por ello, los valores porcentuales estimados no son confiables. Cabe destacar, sin embargo, que la mayoría de los avistamientos positivos hechos sobre este grupo, en esta zona, correspondió a vegetación marina.

Respecto a los OFA, no se observa un patrón espacial definido. Sin embargo, analizando la distribución porcentual de avistamientos positivos de estos objetos flotantes se pueden notar que los valores más altos se localizan en su mayoría al norte de los 5°N, en la misma zona de los OFTE. Esto puede indicar que, no importando el sitio preciso en donde fue originado, la acción de la CEN, conjuntamente con la Contracorriente Ecuatorial (CCE), permite reunir a los objetos flotantes en una franja orientada de este a oeste centrada en los 10°N. Esta similitud parece existir en otros océanos, de tal forma que muchos autores reúnen a estos dos tipos de objetos flotantes en una sola clase (Fonteneau, 1992; Caddy y Majkowsky, 1996; Ariz *et al.*, 1999).

De lo anterior, se puede concluir que:

- Los OFTE tienen una distribución frente a las costas de Centroamérica y en una franja latitudinal alrededor de los 10°N. Su distribución muestra una estacionalidad relacionada con la temporalidad de lluvias y drenaje de agua dulce, principalmente en el Golfo de Panamá y las costas de Centroamérica. Este tipo de objeto flotante era el importante en la tuna fishery on floating objects prior to 1992.
 - FOMA are distributed in two restricted zones: off the Baja California coast and around the Galapagos Islands. In the EPO, this type of floating objects is not very important for tuna fishing.
 - FOA show the same spatial distribution as FOTE.
 - FAD are “planted” by the fishing fleet mainly to the south of the Equator, in the offshore region. These floating objects follow a westward route, emulating the direction of the southern anticyclonic gyre. Since 1994, FAD have been the most important device for the tuna fishery in the EPO.
- Furthermore, the results reveal that there are at least three different zones where different types of floating objects predominate. These zones are (see fig. 7):
- I. Coastal zone: This zone is located off the coasts of Central America and part of South America. It extends from the southern part of the Gulf of Guayaquil (around 5°S), north to 15°N. The high proportion of FOTE in this zone is notable, mainly inside the Gulf of Panama. Also, there is a strong presence of FOMA in the southern region, which is important in some periods of the year (CIAT, 1992). Coastal currents traveling from south to north influence the zone, the most important being the CRCC. Two circular currents are evident, one in the Costa Rica dome and the other further south, influencing the coasts of Colombia and Ecuador. Until 1993, this was the most important zone for the tuna fishery on floating objects.

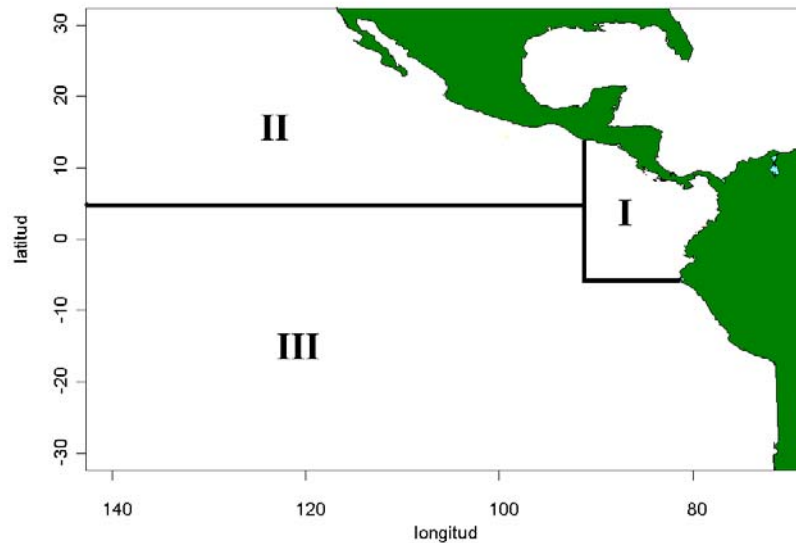


Figura 7. Zonificación del Océano Pacífico oriental con respecto a la presencia de las diferentes clases de objetos flotantes. I, zona costera; II, zona oceánica norte; III, zona oceánica sur.

Figure 7. Zonification of the eastern Pacific Ocean relative to the presence of the different types of floating objects. I, coastal zone; II, northern oceanic zone; III, southern oceanic zone.

- más importante en la pesca de atún sobre objetos flotantes antes de 1992.
 - Los OFMA se distribuyen en dos zonas restringidas: frente a Baja California y alrededor de las islas Galápagos. En el OPO este tipo de objeto flotante no es muy importante en la pesca del atún.
 - Los OFA muestran la misma disposición espacial que los OFTE.
 - Los DAP son “plantados” por la flota pesquera fundamentalmente al sur del Ecuador, en la región lejana a la costa. Estos objetos flotantes siguen una ruta hacia el oeste, emulando la dirección del giro anticiclónico del sur. Desde 1994, los DAP son los más importantes en la pesca del atún en el OPO.
- II. Northern oceanic zone: In this zone there is a strong influence of two types of floating objects, FOTE and FOA. The first, however, present seasonal variations, and are predominant during the last semester of the year. This zone is limited to the south by the northern boundary of the ECC. The NEC is also dominant here.
 - III. Southern oceanic zone: Until 1991, this zone was not important for the tuna fishery. It is limited to the north by the southern boundary of the ECC, approximately from 4° to 5°N, and extends south to 15°S. It is delimited by the eastern boundary of the OCP, at 90°W, and extends westwards. Its main center varies seasonally. During the first quarter of the year it is located at 95°W, and between 10° and

Asimismo, los resultados revelan que existen al menos tres diferentes zonas en donde predominan diferentes clases de objetos flotantes. Éstas son las siguientes (ver fig. 7):

- I. Zona costera: Se localiza frente a las costas de Centroamérica y parte de Sudamérica. Abarca desde el sur del Golfo de Guayaquil (sobre los 5°S) hasta los 15°N. Entre las características que prevalecen en la zona destaca la alta proporción de OFTE, principalmente dentro del Golfo de Panamá. Asimismo, en su región sur se observa una fuerte presencia de OFMA, importantes en algunas épocas del año (CIAT, 1992). La zona está influenciada por corrientes costeras que viajan de sur a norte: la más importante es la CCCR. Asimismo, destacan dos corrientes circulares, una en el denominado domo de Costa Rica y la otra al sur, con influencia en las costas de Colombia y Ecuador. Hasta antes de 1993, esta zona fue la más importante en la pesca de atún sobre objetos flotantes.
- II. Zona oceánica norte: En esta zona existe una fuerte presencia de dos clases de objetos flotantes, los OFTE y OFA. Los primeros, sin embargo, presentan variaciones estacionales, observándose que durante el último semestre del año los OFTE son predominantes. Esta zona está limitada al sur por la frontera norte de la CCE. Asimismo, es dominada por la CEN.
- III. Zona oceánica sur: Hasta antes de 1991, esta zona no era importante para la pesca de atún. Se limita al norte por la frontera sur de la CCE, aproximadamente de los 4° a 5°N y abarca hasta los 15°S. Se delimita desde la frontera oriental de la COP, en los 90°W, y se extiende hacia el oeste. Su centro principal varía estacionalmente.

15°S. Throughout the rest of the year, the center is observed in two areas oriented from east to west: the first at 10°S, between 110° and 130°W, and the other along the Equator, between 95° and 110°W. The predominant currents are those that constitute the southern anticyclonic gyre: OCP and SEC. FAD are the main type of floating object in this zone. It is important to note that the boundary between the two oceanic zones, north and south, can vary seasonally and interannually, following the location of the intertropical convergence zone and the ECC.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author thanks the authorities of the Inter-American Tropical Tuna Commission for allowing the use of the information to carry out this work. Thanks to Oscar Sosa, Guillermo Compeán, Amado Villaseñor and two anonymous reviewers for their comments and suggestions. This work was partially financed by CONACYT (project number 3946-P).

English translation by Manuel Gardea.

Durante el primer trimestre del año se localiza sobre los 95°W y entre los 10° y 15°S. El resto del año, el centro se observa en dos franjas orientadas de este a oeste: la primera sobre los 10°S, entre los 110° y 130°W, y otra sobre el Ecuador, entre los 95° y 110°W. Las corrientes dominantes son las que constituyen el giro anticiclónico del sur: COP y CES. La principal clase de objetos flotantes en esta zona son los DAP. Es importante destacar que la frontera entre las dos zonas oceánicas, norte y sur, puede variar estacional e interanualmente, siguiendo la ubicación de

la denominada zona de convergencia intertropical y la CCE.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las autoridades de la Comisión Interamericana del Atún Tropical el haber permitido el uso de la información de la base de datos de observadores para poder realizar este trabajo, así como a Oscar Sosa, Guillermo Compeán, Amado Villaseñor y dos revisores anónimos, sus comentarios y sugerencias a este escrito. El trabajo de investigación fue patrocinado parcialmente por el CONACYT (proyecto número 3946-P).

REFERENCIAS

- Ariz, J., Delgado, A., Fonteneau, A., González, F. and Pallarés, P. (1999). Logs and tunas in the eastern tropical Atlantic: A review of present knowledges and uncertainties. In: M.D. Scott, W.H. Bayliff, C.E. Lennert-Cody and Shaefer, K.M. (eds.), Proc. International Workshop on the Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects, pp. 21–65.
- Armstrong, W.A. and Oliver, C.W. (1995). Recent use of fish aggregating devices in the eastern tropical Pacific tuna purse-seine fishery: 1990–1994. Administrative Rep. LJ-95-14, SWFSC-NMFS, USA, 47 pp.
- Bailey, K., Williams, P.G. and Itano, (1996). By-catch and discards in western Pacific tuna fisheries: A review of SPC data holdings and literature. Ocean. Fish. Prog. Tec. Rep. 34, Noumea, New Caledonia, 164 pp.
- Caddy, J. and Majkowski, J. (1996). Tuna and trees: A reflection on a long-term perspective for tuna fishing around floating logs. Fish. Res., 25: 369–376.
- CIAT (1992). Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1991. La Jolla, Calif., 271 pp.
- Dagorn, L. and Fréon, P. (1999). Tropical tuna associated with floating objects: A simulation study of the meeting point hypothesis. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 56: 984–993.
- De la Rosa, C. (1995). Middle-American streams and rivers. In: C.E. Cushing, K.W. Cummins and G.W. Marshall (eds.), Ecosystem of the World. 22: River and Stream Ecosystems, pp. 189–218.
- Fonteneau, A. (1992). Pêche thonière et objets flottants: Situation mondiale et perspectives. Collect. Doc. Sci. Pap. ICCAT, 40(2): 459–472.
- Gaertner, D., Pagavino, M. and Marcano, J. (1996). Utilisation de modèles linéaires généralisés pour évaluer les stratégies de pêche thonière à la senne en présence d'espèces associées dans l'Atlantique ouest. Aquat. Living Res., 9: 305–323.
- García, M., Hall, M., Parés-Sierra, A. and Arenas, P. (1999). Simulated trajectories of floating objects entering the eastern tropical Pacific Ocean. In: M.D. Scott, W. Bayliff, C.E. Lennert-Cody and K.M. Shaefer (eds.), Proc. International Workshop on the Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects, pp. 346–395.
- Hall, M., Lennert-Cody, C., García, M. and Arenas, P. (1999). Characteristics of floating objects and their attractiveness for tunas. In: M.D. Scott, W. Bayliff, C.E. Lennert-Cody and Shaefer, K.M. (eds.), Proc. International Workshop on the Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects, pp. 396–446.
- Hallier, J.P. (1995). Purse seine fishery on floating objects: What kind of fishing effort? What kind of abundance indices? In: J.D. Ardill (ed.), Proc. Expert Consultation on Indian Ocean Tunas, 5th Session. Mahé, Seychelles, 4–8 October, 1993, 7 pp.
- Hallier, J.P. and Parajua, J. (1999). Review of tuna fisheries on floating objects in the Indian Ocean. In: M.D. Scott, W. Bayliff, C.E. Lennert-Cody and K.M. Shaefer (eds.), Proc. International Workshop on the Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects, pp. 195–221.
- Hampton, J. and Bailey, K. (1999). Fishing for tunas associated with floating objects: Review of the western Pacific fishery. In: M.D. Scott, W. Bayliff, C.E. Lennert-Cody and K.M. Shaefer (eds.), Proc. International Workshop on the

- Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects, pp. 222–284.
- Kingsford, M.J. and DeFries, A. (1999). The ecology and fishery of *Coryphaena* spp. in the waters around Australia and New Zealand. *Scientia Marina*, 63(3–4): 267–275.
- Lara-Tejeda, J. y Solana-Sansores, R. (1997). Cadenas de Markov para analizar el comportamiento de la flota pesquera mexicana en la búsqueda de atún. Mem. XI Foro Nacional de Estadística, México, pp. 90–93.
- Lennert-Cody, C., García, M. and Hall, M. (1999). The development of FAD fishery in the eastern Pacific Ocean: 1992–1998. *Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons* (abstract), p. 22
- Marsac, F., Cayré, P. and Conand, F. (1996). Analysis of small-scale movements of yellowfin tuna around fish aggregated devices (FADs) using sonic tags. In: A. Anganuzzi, K.A. Stobberup and N.J. Webb (eds.), Proc. Expert Consultation on Indian Ocean Tunas, 6th Session, Colombo, Sri Lanka, pp. 151–159.
- Massutí, E., Morales-Nin, B. and Deudero, S. (1999). Fish fauna associated with floating objects sampled by experimental and commercial purse seine. *Scientia Marina*, 63(3–4): 219–227.
- Ménard, F., Fonteneau, A., Gaertner, D., Nordstrom, V., Stéquert, B. and Marchal, E. (2000). Exploitation of small tunas by purse-seine fishery with fish aggregating devices and their feeding ecology in an eastern tropical Atlantic ecosystem. *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 525–530.
- Nakata, H., Takeuchi, H. and Hirano, T. (1988). A field experiment with drifting hoop nets to collect the small fish gathering around drift algae. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54(11): 1899–1906.
- Pallarés, P., Delgado de Molina, A., Santana, J.C., Delgado de Molina, R. y Ariz, J. (1995). Evolución de la pesca al objeto y sobre bancos libres de la flota de cerco española en el Océano Atlántico (1990–1993). *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 44(2): 287–295.
- Ribic, C.A., Dixon, T.R. and Vining, I. (1992). Marine debris survey manual. NOAA Tec. Rep., NMFS, 108: 92 pp.
- Solana-Sansores, R. (1999). El mar inicia en las montañas: La pesca de atún sobre objetos flotantes. *Avance y Perspectiva*, 18: 11–19.
- Solana-Sansores, R. (2000). Patrones de distribución espacial de objetos flotantes a la deriva y de la fauna asociada, en el Océano Pacífico oriental. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, BC, México, 159 pp.
- Suzuski, Z. (1999). Distribution of floating logs in the Pacific and purse seine sets on tunas associated with logs by Japanese boats in the tropical western and central Pacific. In: M.D. Scott, W. Bayliff, C.E. Lennert-Cody and K.M. Shaefer (eds.). Proc. International Workshop on the Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects, pp. 459–479.
- Venables, W.N. and Ripley, B.D. (1994). *Modern Applied Statistics with S-plus*. Springer-Verlag, 462 pp.
- Wyrski, K. (1965). Corrientes superficiales del Océano Pacífico oriental tropical. *Bol. Com. Interam. Atún Trop.*, IX(5): 271-303.