

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



**"PATRONES DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE OBJETOS
FLOTANTES A LA DERIVA Y DE LA FAUNA ASOCIADA, EN EL
OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL"**

T E S I S

**QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS
NECESARIOS PARA OBTENER EL GRADO DE**

DOCTOR EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA:

LUIS RAFAEL SOLANA SANORES

Ensenada, Baja California, Mayo del 2000.

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

"PATRONES DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE OBJETOS
FLOTANTES A LA DERIVA Y DE LA FAUNA ASOCIADA, EN EL
OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL"

T E S I S

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS
NECESARIOS PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA:

LUIS RAFAEL SOLANA SANSORES

Aprobado por:



Dr. Martín A. Hall
Director de Tesis



Dr. Guillermo Villareal Chávez
Sinodal



Dr. Oscar Sosa Nishizaki
Sinodal



Dr. Guillermo A. Compéan Jiménez
Sinodal



Dr. Robert J. Olson
Sinodal

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California. Por el apoyo brindado para realizar mis estudios doctorales. En especial a las autoridades de la Facultad de Ciencias y la Facultad de Ciencias Marinas, así como a las autoridades y el personal de la Dirección General de Asuntos Académicos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, por el financiamiento al proyecto de investigación "Comunidades epipelágicas asociadas con objetos flotantes en el Pacífico Oriental Tropical", con número de referencia 3946P-B. Asimismo, por haberme otorgado la cátedra patrimonial nivel II, con número de referencia 970023.

Al Programa para el mejoramiento de profesores (PROMEP) de la Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica de la Secretaría de Educación Pública, por la beca otorgado durante el periodo comprendido de diciembre de 1998 a noviembre de 1999. Este apoyo fue recibido a través del convenio P/PROMEP UABC 98-03.

Al director de esta tesis Dr. Martín Hall, por sus sabios consejos para que esta tesis arribara a buen puerto.

Al Dr. Guillermo Villareal Chávez, por su apoyo incondicional tanto en sus asesorías académicas, como por su apoyo para que todo saliera bien.

Al Dr. Robert "Bob" Olson por su minuciosa y crítica revisión del manuscrito, misma que sirvió para mejorar sustancialmente el trabajo. Sus comentarios a la parte de la distribución de la fauna asociada a los objetos flotantes fueron claves en la discusión desarrollada sobre ese tema.

Al Dr. Guillermo Compéan-Jiménez, por su apoyo incondicional en el desarrollo de esta tesis. Sus comentarios, dado su gran conocimiento sobre la pesca del atún, fueron fundamentales al desarrollo del trabajo y del manuscrito.

Al Dr. Oscar Sosa Nishizaki, por su minuciosa y meticulosa revisión del trabajo, para que este quedara lo más "limpio" posible de errores.

A Alejandro Anganuzzi. Su apoyo fue clave en el desarrollo del capítulo 1 de esta tesis. Sus comentarios y apoyo impulsaron en gran medida el desarrollo de este trabajo.

A la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) y su personal, por su hospitalidad durante la consulta de la base de datos de observadores. En especial, tengo una especial gratitud con los doctores James Joseph y Robin Allen, que fueron un gran apoyo durante mi estancia en esa institución. Le agradezco la distinción al Dr. Joseph de llamarme "alumno de la CIAT". Agradezco a Nick Vogel su apoyo para la consulta de la base de datos.

Al Programa Nacional de Atún (PNAAPD), por permitirme ensayar algunas técnicas estadísticas con su base de datos; así mismo permitirme probar algunas hipótesis cuyas conclusiones están plasmadas en trabajos de tesis de maestría asociadas a este trabajo. Agradezco a mis estudiantes Ignacio (Nachito) Méndez, Consuelo (Chelo) Valle y Gabriel Aldana, quien me permitieron compartir con ellos los logros de estos trabajos. Quedan pendientes dos tesis que esperamos se presenten en los próximos meses.

Dejo este espacio para agradecer a las tres flores que engalanan mi vida: Lulú, Mafer y Anita. Su apoyo fue lo más importante para que se pudiera desarrollar este trabajo. Siempre sentí su aliento en el momento de la fatiga. Espero alguna vez poderles reponer aquellos momentos en que no pude estar con ustedes.

Las conclusiones, cualquier omisión o errores que pudieran haberse cometido es responsabilidad única del autor de este trabajo.

ESTE TRABAJO ESTA DEDICADO A MIS TRES MUJERES:

A LULÚ, COMPAÑERA DE MI VIDA

A MAFER, NUESTRO PRIMER FRUTO

A ANITA, NUESTRO GRAN TESORO

TAMBIÉN QUISIERA DEDICARLE ESTE TRABAJO A MIS
PADRES:

RAFAEL (RACH)

MARGARITA (GUSA),

POR SU AMOR.

A TODOS

GRACIAS POR LO QUE SOY



Los Árboles deben ser Árboles; los Niños, Niños;
Los Pájaros, Pájaros. Los Álamos deben conformarse
con su destino de ser leña. Y si no me creen, voy a contarles
la historia de Alamito el Largo que se aburrió de ser árbol
y quiso ser *un objeto flotante a la deriva de uno de las más
grandes regiones marinas del planeta: El Océano Pacífico
Oriental*

Texto tomado y modificado de
"Alamito el Largo"
de Maité Allamand

ÍNDICE

Contenido	Página
1. Abreviaturas	I
2. Resumen	II
3. Abstract	III
4. Introducción	1
5. Capítulo 1. Estimación de la abundancia de objetos flotantes naturales en el Océano Pacífico Oriental (1983-1994)	6
5.1. Resumen	6
5.2. Introducción	7
5.3. Métodos	20
5.4. Resultados	35
5.5. Discusión	50
6. Capítulo 2. Patrones espaciales de los objetos flotantes en el Pacífico Oriental	59
6.1. Resumen	59
6.2. Introducción	61
6.3. Métodos	65
6.4. Resultados	72
6.5. Discusión	84
7. Capítulo 3. Análisis espacial y clasificación de especies asociadas con objetos flotantes en el Pacífico Oriental	94
7.1. Resumen	94
7.2. Introducción	96
7.3. Métodos	99
7.4. Resultados	115
7.5. Discusión	130
8. Conclusiones.	142
9. Literatura Citada.	151

ABREVIATURAS

BDO = Base de Datos de Observadores

CIAT = Comisión Interamericana del Atún Tropical

DAP = Dispositivos para Agregar Peces

OFTE = Objetos Flotantes de origen Terrestre

OFMA = Objetos Flotantes de origen Merino

OFA = Objetos Flotantes de origen Antropogénico

OPO = Océano Pacífico Oriental

RESUMEN

Se analizó la distribución y la abundancia de los objetos flotantes (OF) a la deriva y de la fauna pelágica asociada, en el Océano Pacífico Oriental (OPO). La fuente de información fue la base de datos de los observadores científicos de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, de 1983 a 1997 (para los OF) y de 1993 a 1997 (para la fauna asociada). Los OF pueden ser de varios tipos: de origen terrestre, como árboles; de origen marino (vegetación a la deriva, cadáveres de animales, etc.); o generados por el hombre, ya sea como desperdicios o artefactos fabricados para la pesca, como los dispositivos para agregar peces (DAP). Los patrones espaciales de los OF dependen de su origen. Los de origen terrestre (OFTE) se observaron en abundancia cerca de la costa de Centroamérica y en una extensión hacia el oeste, desde el continente americano, sobre los 10° N. Estos OF fueron los más abundantes en el OPO antes de 1993. A partir de ese año se observó un incremento de la abundancia de DAP al sur de la línea ecuatorial. Los OF de origen marino se observaron en dos áreas principalmente: cerca de la península de Baja California y alrededor de las islas Galápagos. Los OF de origen antropogénico, como basura o desperdicios de los barcos, no mostraron un patrón espacial definido. Por su parte, la fauna asociada mostró un patrón espacial en dos zonas: 1) Al norte de la Contracorriente Ecuatorial (CCE) y las costas de Centroamérica. La fauna representativa de esta zona son tiburones, como el tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*) y sus reclutas; reclutas de atún aleta amarilla (*T. albacares*); y el salmonete (*Elagatis bipinnulata*). 2) Al sur de la CCE se observa una fuerte presencia de reclutas del atún patudo (*T. obesus*). Las dos zonas tienen especies en común, como es el tiburón punta blanca (*C. longimanus*). Los patrones espaciales de los objetos flotantes de origen terrestre coinciden con la zona uno, mientras que los DAP se localizan fundamentalmente en la zona dos.

ABSTRACT

It was analyzed the distribution and abundance of floating objects (FO) and their associated pelagic fauna, in the eastern Pacific Ocean (EPO). The observer database of The Interamerican Tropical Tuna Commission was the principal source of data. The FO data were from 1983 to 1997; and the associated fauna data were from 1993 to 1997. The FO can be of different types: FO of land origin (FOL), like trees; marine floating objects, MFO (pelagic seaweeds, death animals, etc.); or produced by the man: trash or fish aggregating device (FAD). The FO spatial pattern depends of their origin. The TFO are abundant close to Central America and an extension to the west, since the American Continent, over the 10° N. The TFO were the most important before 1993. However, the FAD have been increased since that year, to the south of equator. The MFO are abundant in two zones: close to Baja California, Mexico, and around to Galapagos Island. The others FO (trash) haven't any spatial pattern. In the other hand, the associated fauna showed a spatial pattern with two zones: 1) In the north of the Equatorial Countercurrent (CCE), and the Central America Coast. Sharks, like silky shark (*Carcharhinus falciformis*) and their recruits; recruits of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*); and rainbow runner (*Elagatis bipinnulata*) were the most representative species in this zone. 2) Recruits of the bigeye (*T. obesus*) is the most important group in the south of the CCE. Both zones have similar species, like the whitetip shark (*C. longimanus*). The spatial pattern of the TFO coincides with zone one, and the distribution of FAD is on the zone two.

INTRODUCCIÓN

El Océano Pacífico Oriental (OPO) es una región que abarca desde la parte media de la península de Baja California (28° N) hasta las costas de Perú (20° S). Se ve limitado por el continente americano y se extiende hasta los 140° W (Wirtky, 1965). El OPO se integra por tres masas de agua principales: 1) El Agua Superficial Tropical; 2) EL Agua Superficial Ecuatorial y 3) El Agua Superficial Subtropical (norte y sur). Estas masas de agua están dominadas por los sistemas de corrientes circuntropicales y una contracorriente ubicada entre los 0° y 10° N, que viaja de oeste a este. La posición de las masas de agua depende de la presencia de eventos oceanográficos como El Niño-Oscilaciones del Sur (ENSO), la estación del año, la topografía promedio de la termoclina, la posición de la zona de convergencia intertropical, etc.

El OPO muestra una variabilidad espacial en sus características ecológicas. Las aguas costeras y cercanas al ecuador presentan normalmente una productividad biológica alta; fuera de estas áreas, se considera baja. Los nutrimentos son escasos en su superficie, con excepción de la corriente del Perú, la región ecuatorial, el domo de Costa Rica y una lengua de agua de alta productividad biológica que se extiende del continente hacia la zona occidental del OPO, entre los 0° y los 10° N. El fitoplancton y el zooplancton, decrecen en abundancia de este a oeste. Tienen una mayor concentración en zonas cercanas a surgencias, en la costa y en las regiones donde la termoclina es somera. Estos patrones tienden a cambiar estacional e interanualmente.

Además de lo anterior, en el OPO se manifiestan perturbaciones de circulación en su superficie, al igual que en otros océanos. Estas perturbaciones producen movimientos verticales del agua en la capa de mezcla en miniescala, conocidas como transporte Ekman. De acuerdo con la posición de la termoclina, el movimiento de agua puede ser divergente (produce surgencias) o convergente (produce hundimientos de agua superficial).

A las convergencias lineales se les denomina frentes y si estas son paralelas a la dirección del viento, producen una circulación denominada células de Langmuir. Ellas producen inestabilidad en la capa de mezcla (las mediciones físicas no muestran un balance geostrófico) y heterogeneidad en la superficie. Este tipo de movimientos son importantes para la acumulación de materiales que flotan en la superficie, así como nutrimentos y organismos a la deriva.

La zona epipelágica del OPO presenta una gran diversidad de especies y niveles altos de endemismo. Esto permite considerarla como una provincia biogeográfica bien establecida. Sin embargo, presenta diferencias en los patrones espaciales de sus componentes faunísticos. Litvinov (1990), por ejemplo, distingue diferencias en la estructura de las comunidades epipelágicas de elasmobranquios en un sentido norte a sur y por diferentes ambientes: zona oceánica, z. nerítica e islas. Una heterogeneidad espacial también ha sido reportado para varias poblaciones de delfines.

La heterogeneidad en los patrones espaciales de los componentes biológicas y ecológicas del OPO es el reflejo de las características del medio ambiente; las características oceanográficas de las masas de agua; la influencia del continente americano y la acción de unas especies sobre otras. La temperatura del agua, la profundidad de la termoclina y la productividad primaria, afectan la disponibilidad de alimento y las características del hábitat. Por ejemplo, en la pesca superficial del atún se observan componentes biológicos diferentes en los lances pesqueros. Incluye esto, la distribución espacial de las diferentes poblaciones de delfines y en otra fauna de acompañamiento que regularmente son involucradas en ellos.

Un componente importante en el ecosistema que forma el OPO son los objetos flotantes a la deriva. Ellos pueden ser cualquier objeto vivo o no vivo que se encuentra en la superficie del océano. Estos objetos pueden tener diversos orígenes: el continente americano; las propias aguas de océano; las actividades del ser humano, como el transporte marítimo, la pesca, etc. Pueden tener un origen biológico, físico o antropogénico. Estos objetos han estado por muchos años ligados al OPO y han servido para la diseminación de las especies a lugares distantes de su origen. En alguna parte de del ciclo de vida de algunas especies epipelágicas, los objetos flotantes son de gran importancia. Por ejemplo, pueden ser sitios de alimentación, de refugio o de congregación. También pueden ser objetos de orientación de algunas especies depredadoras, como los atunes. En la pesca, estos objetos flotantes han sido de mucha importancia, tanto en el OPO como en algunos otros ecosistemas tropicales marinos.

Dada su importancia, diferentes especialistas han analizado algunas características relacionadas con la ecología y la importancia pesquera de los objetos flotantes en diversas partes del mundo. Todos ellos relacionados con preguntas como las siguientes (Scott *et al.*, 1999):

- ¿Cuál es el papel de los objetos flotantes en la ecología de los atunes?
- ¿Cuál es el papel de los objetos flotantes como agregadores de comunidades biológicas? ¿Son ellos agregadores para ecosistemas nómadas?
- ¿Cuál es el papel de los objetos flotantes (especialmente naturales) en todo el ecosistema pelágico?
- ¿Cuál es la dinámica de los objetos flotantes? ¿Son equivalentes?
- ¿Los objetos flotantes afectan el ciclo de vida de la especies epipelágicas, principalmente especies de atunes, en lo referente a la sobrevivencia, reclutamiento o migración?
- ¿Cuales son las mayores vertientes de objetos flotantes? ¿Existen zonas de acumulación?
- ¿Los objetos flotantes se asocian a aguas ricas en nutrientes?
- ¿Las comunidades asociadas con los objetos flotantes son diferentes de las no asociadas?
- ¿Son todas las especies asociadas similares en los distintos océanos?

En este documento se presentan los resultados de los análisis realizados en torno a algunas de las preguntas planteadas arriba. Fundamentalmente en cuanto a la distribución

y la abundancia de los objetos flotantes y de la fauna de acompañamiento asociada a ellos, en el Pacífico Oriental. Para cumplir este objetivo fue necesario: 1. Estimar la abundancia de los objetos flotantes en el OPO; 2. Analizar los patrones de distribución espacial de los objetos flotantes y sus cambios temporales; 3. Analizar la distribución espacial de los diferentes tipos de objetos flotantes y su abundancia relativa; y 4. Evaluar las diferencias en la distribución espacial de la fauna de acompañamiento por especie.

CAPÍTULO 1
ESTIMACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE OBJETOS
FLOTANTES NATURALES EN EL OCÉANO PACÍFICO
ORIENTAL (1983-1994).

RESUMEN

Se presenta un análisis sobre la distribución y abundancia de objetos flotantes a la deriva (OFD) en el océano Pacífico Oriental, OPO. El objetivo fue cuantificar el número de OFD para evaluar su dinámica espacial, ubicar los sitios de mayor concentración, observar sus orígenes y conocer las principales rutas que siguen a lo largo del OPO. La fuente de información consistió de la base de datos de los observadores (BDO) de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) y de la base de esfuerzo pesquero, BDE (en millas navegadas en estado de búsqueda) de la misma agencia, de 1983 a 1994. Esta información permitió estimar la abundancia relativa de OFD por cuadrante de 1° por lado y en forma trimestral, a través del método de transectos en línea. Las estimaciones por cuadrante fueron posteriormente modeladas espacialmente por medio del uso de dos tipos de modelos aditivos generalizados, GAM: 1) Un GAM que modeló la presencia de OFD en los cuadrantes y 2) Un GAM para los valores positivos, suponiendo una distribución de los errores Poisson. Los principales resultados revelan que el núcleo de origen de los OFD se relaciona con la bahía de Panamá. Estos, a su vez, se desplazan por la costa centroamericana con dirección norte y posteriormente doblan hacia el oeste a la altura del paralelo 10° N. Esta ruta se ve modificada a causa de la presencia del fenómeno El Niño - Oscilaciones del Sur en el año anterior. A partir de 1991, con el incremento del uso de los dispositivos para agregar peces (DAP) en la pesca del atún en el OPO la señal de OFD naturales se distorsiona, dando el aspecto de que en las costas centroamericanas

los OFD han desaparecido, pero incrementándose al sur del Ecuador. Se concluye que existen dos principales grupos (y orígenes) de objetos flotantes en el OPO: uno constituido principalmente por OFDs al norte del Ecuador y otro constituido principalmente por DAPs al sur de este.

INTRODUCCIÓN.

La pesca del atún en el Pacífico Oriental (OPO) se realiza a través de tres métodos: dos en superficie, utilizando la red de cerco o con líneas de mano; y otro por el uso del palangre de media agua (Joseph, 1994). Sin embargo, prácticamente el 90% de la captura de atún aleta amarilla, AAA (*Thunnus albacares*), y otras especies de atunes como el barrilete (*Katsuwonus pelamis*), se llevan a cabo en superficie, por medio del uso de la red de cerco (Anónimo, 1996). Este método de pesca es utilizado en tres maniobras principales denominadas: lances sobre delfín (LD), lances sobre cardúmenes libres (LCL) y lances sobre objetos flotantes a la deriva (LOF). Los primeros dos tienen como principal especie al atún aleta amarilla, AAA (*T. albacares*), mientras que la última maniobra captura principalmente barrilete (*K. pelamis*), aunque también son especies importantes en la captura el AAA y el patudo (*Thunnus obesus*) (Compéan-Jiménez, 1993; Joseph, 1994; Ariz *et al.*, 1999a).

La pesquería de atún en torno a objetos flotantes en el OPO ha cobrado importancia durante la última década en todos los océanos en donde se pesca atún, y en especial en el OPO (Hall, *et al.* 1999a; Ariz, *et al.* 1999a; Hampton y Bailey, 1999; Hallier y Parajua,

1999). Esta importancia se refleja en la proporción de LOF realizados por año (fig. 1). Su relativo incremento en importancia pudo deberse a la presión de los grupos ambientalistas para disminuir la presencia de lances sobre los mamíferos marinos y para disminuir la mortalidad incidental de los delfines (Punsly *et al.*, 1994). La pesca sobre objetos flotantes en el OPO se realiza fundamentalmente sobre objetos flotantes a la deriva (OFD), aunque también se han reportado lances sobre objetos fijos, como en el caso de las boyas de investigación. Este último grupo, sin embargo, representa un porcentaje muy reducido.

Los OFD observados en el OPO pueden ser de varios tipos y formas (Hall *et al.*, 1999a). Proviene de diversas fuentes y sus orígenes pueden estar en el continente o dentro del mismo océano. Entre los más importantes son árboles (o partes de estos) como palmas, mangle; organismos marinos vivos o muertos; basura originada en el continente o por embarcaciones que navegan por sus aguas; y, recientemente, dispositivos dispuestos expresamente para la pesca de atún. En general, de acuerdo a su origen los OFD pueden agruparse en cuatro distintas categorías (Solana-Sansores, 1999): 1) OFD de origen continental; 2) OFD de origen marino; 3) OFD antropogénico; y 4) Dispositivos para agregar peces (DAP). De acuerdo con Fonteneau (1992) las primeras tres clases pueden considerarse como OFD naturales. Siguiendo esta clasificación, en este trabajo a los objetos flotantes naturales se les denominará Objetos Flotantes a la Deriva (OFD), mientras que los que cuentan con dispositivos de localización se clasificarán como Dispositivos para Agregar Peces (DAP).

En años anteriores a 1991 los OFD fueron los más utilizados en los LOF. Entre ellos destacan los troncos o materiales derivados de los árboles (madera), que según estimaciones correspondían a un 67% de los avistamientos (Hall, *et al.* 1999a). Esto indica que la pesquería era más bien costera, en donde se encuentran una gran cantidad de materiales de este tipo, o en sitios donde supuestamente pudieran acumularse. De hecho, en el mundo se ha reportado que la pesquería sobre OFD se ha desarrollado en áreas en donde la zona de convergencia intertropical (ZCIT) intercepta la línea de costa; en áreas cercanas a la costa en donde se observa abundante vegetación y desembocaduras de ríos; y en áreas donde existe presencia de huracanes (Caddy y Majkowski, 1996; Scott, 1999).

A partir de 1991 en el OPO se observa un incremento en la tecnología de la pesca entorno a los OF, al incorporarse a las maniobras lances entorno a los denominados dispositivos para agregar peces (DAP o FAD, por sus siglas en inglés). Los DAP son construidos de diversos materiales que pueden almacenarse fácilmente a bordo de los barcos como redes viejas, corchos y flotadores, y palos de bambú (Amstrong y Oliver, 1995). Sin embargo, su principal característica es la de contar con aparatos de localización electrónica, como radioboyas o localizadores por satélite. Los sitios en donde estos son introducidos al OPO no necesariamente corresponden a los lugares donde naturalmente entran los OFD y más bien obedecen a las necesidades propias de la pesquería. Es importante destacar que unos años antes ya se utilizaban algunos radiolocalizadores que se ponían en los OFD y desde ese momento su función era semejante a la de un DAP.

Evidentemente, estos dos grupos de Objetos Flotantes tiene comportamientos diferentes.

Entre las diferencias más importantes destacan las siguientes:

1. Los lugares de origen son distintos. Los OFD provienen principalmente del continente; la ubicación de los DAP dependen más bien de las necesidades propias de la pesca y de la abundancia de atunes de un tamaño adecuado (sus puntos de origen son múltiples y dependen de los lugares de preferencia de las flotas que los utilizan).
2. Los DAP se localizan más fácilmente que los OFD.
3. Los DAP pueden estar conformados por una variedad de materiales (varios troncos atados, boyas de diferentes tipos, redes, carnada, etc.); mientras que los OFD, por lo general, se constituyen de un solo material (un tronco, una rama, etc.).
4. Los DAP permanecen más tiempo en superficie. El tiempo de residencia en superficie de los OFD depende del tipo de material de que se trate (ver por ejemplo Bilby *et al.*, 1999)
5. El esfuerzo aplicado en localizar un OFD es por búsqueda, mientras que en DAP se mide por lances exitosos (Hallier, 1994).

Entre sus coincidencias destacan que las zonas de distribución, su dinámica espacial y sus zonas de acumulación, dependen de la dinámica de las corrientes marinas (García *et al.*, 1999).

Si se quiere estudiar la distribución y abundancia de los objetos flotantes (OFD y DAP) en el OPO deberán tomarse estos aspectos para una mejor comprensión de su dinámica.

Por ejemplo, si se toma en cuenta que antes de 1991 el uso de radioboyas y de DAP era limitado, la distribución observada muy probablemente será de los OFD. Sin embargo, con el incremento en el uso de los DAP y de radioboyas, la señal observada en un mapa de distribución se observará distorsionada y completamente diferente al primer caso citado. Esto es debido a que casi no se utiliza esfuerzo de búsqueda para localizar el DAP y el número de lances sobre cada uno de ellos es mayor. Esto último también afectará la proporción en el número de lances exitosos.

Factores que afectan la distribución de los objetos flotantes.

La distribución, sitios de acumulación y abundancia de los OFD dependen de diferentes factores. Primeramente, los OFD dependen de que exista una fuente de origen, así como también de su permanencia en la superficie del mar. Por ejemplo, en el caso de los OFD de origen terrestre deberá existir una desembocadura de un río cercano a lugares boscosos (Caddy y Majkowi, 1996; Scott, 1999). Por otro lado, la distribución de los OFD también depende fuertemente de las características oceanográficas prevalecientes, como la presencia de células de Lagmuir (Fedoryako, 1982); corrientes costeras fuertes (García *et al.*, 1999); el movimiento latitudinal de la zona de convergencia, como sería la zona de convergencia intertropical, ZCIT (Forsbergh, 1969); la presencia de fenómenos a gran escala como El Niño - Oscilaciones del Sur, ENOS (Fiedler, 1992); y en general las características de los flujos de corrientes dominantes (ver Wirtky, 1965). Además, los cambios climatológicos estacionales e interanuales también son factores de importancia

en la abundancia de los OFD en el OPO. Este es el caso, por ejemplo, de la estacionalidad que se presenta en la precipitación pluvial en las zonas costeras (Hall *et al.*, 1999).

La presencia de zonas boscosas es un factor importante en la distribución y abundancia de los objetos flotantes. Son zonas de especial abundancia de OFD los mares tropicales del mundo y, específicamente, la región costera en donde intercepta la zona de convergencia intertropical, ZCIT (Hall, *et al.*, 1999b). Alrededor de las selvas tropicales se observan zonas de pesca de atún importantes sobre OFD. Caddy y Majkowski (1996) muestran un mapa en donde se observa las principales zonas de pesca sobre OFD en el mundo (fig. 2). Entre ellas destacan, el archipiélago en el Pacífico Suroccidental (Hampton y Bailey, 1999; Susuki, 1999); el océano Pacífico Oriental (Greenblatt, 1979; Hall, *et al.*, 1999b); el Atlántico occidental alrededor de los ríos Amazonas y Orinoco (Gaertner, *et al.*, 1996; Gaertner y Medina-Gaertner, 1999); y el golfo de Guinea en el Atlántico oriental (Ariz *et al.*, 1993). Estos OFD son en su gran mayoría troncos de árboles que provienen de bosques cercanos a la costa y su abundancia no necesariamente esta relacionada con el tamaño de la boca de los ríos, pero si a la cantidad de agua dulce que entra al mar y de los niveles de precipitación pluvial. En este sentido se supone que la abundancia de los OFD responde a ciclos estacionales de las lluvias.

Las características oceanográficas prevalecientes son un factor de importancia en la distribución y abundancia de los objetos flotantes. La circulación del OPO esta dominado por las partes este y ecuatorial de los giros anticiclónicos del norte y del sur del Pacífico (ver fig. 3) (Wyrtsky, 1965). El giro del norte se constituye por la corriente de California

(CC) y la Corriente Ecuatorial Norte (CEN), en el Pacífico Norte; el giro sur, por la Corriente de Perú (CP) y la Corriente Ecuatorial Sur (CES). Entre estos dos giros se puede apreciar la Contracorriente Ecuatorial (CCE), que se desarrolla a lo largo de la Zona de Convergencia InterTropical (ZCIT), al norte del Ecuador, que tiene una variación geográfica a lo largo del año. Estos sistemas arrastran de este a oeste algunos los OFD que entran al OPO. El movimiento rotacional del agua, denominadas células de Langmuir es un posible factor en la acumulación de OFD en ciertas áreas de los océanos (Fedoryako, 1982). Este mecanismo consiste en corrientes de convección de dirección contraria que circulan en forma perpendicular a la dirección del viento (Maser y Sedell, 1994: p. 102). Otros movimientos de las masas de agua que retienen o hunden a OFD son los sistemas de corrientes costeras (Wyrtky, 1965; Hall *et al.*, 1992) y otras corrientes circulares, como el domo de Costa Rica (García *et al.*, 1999). La influencia de estos últimos sistemas de corriente se siente fundamentalmente en las costas de Costa Rica, Honduras y Nicaragua.

La topografía de la termoclina en el OPO también puede ser un factor importante en la distribución de los OFD. De hecho la circulación superficial predominante en el OPO puede explicarse a través de la teoría geostrofica, al observar la variación espacial de la profundidad de la termoclina (Fiedler *et al.*, 1992). Desde Perú hasta Baja California, se observa un gradiente de profundidad en la termoclina, reflejando los flujos de la CP y la CC, que alimentan la CES y la CEN, respectivamente. Una característica peculiar de la termoclina es la presencia de una cordillera orientada de este a oeste sobre los 10° N, la cual causa diversas surgencias y frentes oceánicos. Otro factor que permite la

acumulación de OFD es la presencia de islas o montañas submarinas. Al chocar la corriente con ellas se divide en dos ramales y deposita en la cara frontal los objetos arrastrados (Wolansky y Hamner, 1988).

Todas las características mencionadas arriba cambian estacionalmente. Por ejemplo, la posición de la ZCIT migra hacia el norte en el otoño y al sur en primavera (Fiedler, *et al.*, 1992); los patrones de corrientes son estacionales (Wyrski, 1965); la termoclina tiene una profundidad menor durante el verano (Fiedler, 1992); se observa una banda de temperatura superficial muy acentuada durante el verano (Reilly, 1990); la profundidad de la capa de mezcla varía estacionalmente, etc. Finalmente, estos cambios deberán verse reflejados en la distribución y abundancia de los OFD.

Fenómenos de gran escala como El Niño - Oscilaciones del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) condicionan la distribución y abundancia de OFD. El ENSO es un fenómeno que se presenta en todo el Océano Pacífico, el cual se manifiesta, entre otras cosas, por un incremento en la temperatura superficial en el OPO (Barber y Kogelshatz, 1989). Hasta el año de 1990, en el presente siglo se han producido un total de 9 ENSO fuertes y 14 moderados. Esto, sin embargo, no implica regularidad temporal en su presencia. Las principales consecuencias de la presencia de este fenómeno en el OPO es el aumento de la profundidad de la termoclina (Arnz y Tarazona, 1990; Fiedler *et al.*, 1992), y el debilitamiento del sistema de corrientes y surgencias, incluyendo la contracorriente ecuatorial, la cual puede ser un factor importante en la acumulación en ciertas áreas de esta parte del Pacífico. La importancia en la distribución de los OFD de este cambio en el

patrón de las corrientes fue estudiada por García y colaboradores (1999). Ellos observaron en su modelo de simulación que en la presencia del ENSO produce que los OFD se desplacen más aceleradamente hacia el oeste en comparación con condiciones normales. Si esto es cierto, en una serie de tiempo de abundancias de OFD en años con presencia del ENSO sus patrones de distribución variarán con respecto de los otros años.

La distribución de OFD de origen marino (vegetación marina y animales vivos o muertos) y de origen antropogénico están sujetos a las mismas condiciones oceanográficas a los que provienen del continente pero su punto de origen varía. La abundancia y acumulación de OFD de origen marino dependerá de la presencia de poblaciones grandes de estos organismos. En el OPO existen grandes espacios cubiertos de vegetación marina en Baja California y poblaciones más o menos grandes de mamíferos marinos en Islas Galápagos, como por ejemplo la población permanente de cachalotes (*Physater macrocephalus*) (Solana-Sansores, 1999). Los patrones de los OFD de origen antropogénico, son un reflejo de las actividades humanas. Proviene del continente y de las embarcaciones que transitan por el OPO. La basura de las costas, como desperdicios de construcciones, desechos domésticos, etc., pueden formar grandes extensiones de materiales que reciben el nombre genérico de "hileros". En zonas donde se acumulan este tipo de agregaciones de basura, seguramente se observará también una actividad de pesca sobre este tipo de OFD.

Importancia Ecológica y Pesquera de los Objetos Flotantes.

Los objetos flotantes a la deriva (OFD) se han reportado en la literatura desde casi principios de siglo (Damant, 1921). Han sido un factor importante en la dispersión de las especies (Cox y Moore, 1993: 136; Maser y Sedell, 1994: 89); en el desarrollo de diferentes actividades económicas, como la pesca de atún en las regiones tropicales del mundo (Ariz, 1993, 1999; Gaertner, *et al.*, 1996; Gaertner y Medina-Gaertner, 1999; Hallier y Parajua, 1999; Aprieto y Ganaden, 1987; Hall *et al.*, 1999b; Hampton y Bailey, 1999); y en el desarrollo de pesquerías artesanales y deportivas (Dickson y Natividad, ms.).

Los OFD de origen terrestre (árboles) y de origen marino han estado por millones de años en el océano (Maser y Sedell, 1994: p.89). En el OPO, por ejemplo, han permitido la dispersión de plantas de Sudamérica hacia las Islas Galápagos. Se calcula que de las 378 especies de plantas colonizadores que existen en ellas, el 9% llegó sobre OFD (Cox y Moore, 1993: p. 136). Esto permite pensar que los objetos son vehículos naturales de especies.

Ecológicamente los OFD actúan como agentes atractores de organismos que viven en las capas epipelágicas de los océanos. Entre ellos destacan peces de diferentes niveles tróficos como especies del grupo de los atunes (*Thunnus albacares*, *Katsuwonus pelamis*, *T. obesus*, *Auxis spp.*), marlines y peces de pico (*Makaira indica*, *Tetrapturus audax*, *Makaira mazara*, etc.), otros peces grandes (*Coryphaena hippurus*, *Acanthocybium*

solandri, *Seriola lalandi*), tiburones (*Carcharhinus spp.*, *Sphyrna spp.*) y otros organismos (Au, 1991; Bailey *et al.*, 1996; Lawson, 1997; Edwards y Perkins, 1997; Delgado, 1999). El porque se asocian los peces y tiburones a los OFD es todavía desconocido. Varios autores han tratado de explicar este comportamiento de asociación, argumentando que los objetos flotantes son lugares de sombra (Damant, 1921); de protección (Soermarto, 1960); que sirven como indicadores de masas de agua de gran productividad (Hall, 1992); lugares de confort fisiológico (Batalyants, 1992); estaciones de limpieza de parásitos (Gooding y Magnuson, 1967); de alimentación (Inoue *et al.*, 1968; Buckley y Miller, 1994); o de puntos de encuentro (Dagorn *et al.*, 1995; Dagorn y Freón, 1999). Parin y Fedoryako (1999) describen una posible estructura espacial de la comunidad (o asociaciones) de peces alrededor de los OFD, clasificándolos en circundantes, extranadantes e intranadantes. Esto permite suponer que para diferentes etapas de vida de algunas especies, en la constitución de las poblaciones y en la conformación de asociaciones o comunidades marinas, los OFD son muy importantes.

En la pesca del atún tropical los objetos flotantes han jugado un papel de gran importancia en todos los mares tropicales del mundo, con excepción del mar Mediterráneo (Hallier, 1995; Caddy y Majkowski, 1996). En el Pacífico Occidental, Filipinas ha sido uno de los pioneros en la pesca del atún tanto en objetos flotantes como objetos anclados (Aprieto, 1987; Dickson y Natividad, ms.). Otros países comenzaron la pesca de atún asociado con OFD a partir de los años 70's (Susuki, 1999). En el Atlántico oriental, la pesca de atún asociada con OF se realiza principalmente frente a las costas de Ghana y Zaire (Ariz *et al.*, 1993). En el Atlántico occidental la pesca sobre OF se realiza

frente a las costas de Venezuela y norte de Brasil, donde los ríos Amazonas y Orinoco tienen una fuerte influencia (Gaertner y Medina-Gaertner, 1999). En el Océano Índico, en su región occidental entorno a las islas Seychelles, Mauricio, etc., se ha desarrollado una pesquería importante alrededor de objetos flotantes (Roulot *et al.*, 1988; Hallier y Parajua, 1999). En el Pacífico central y occidental se ha observado un crecimiento acelerado de la pesca del atún entorno a OF de tal manera que en los últimos años prácticamente el 50% de los lances hechos por la flota de los Estados Unidos fue sobre OFD (Sakagawa, 1999). En el Pacífico Oriental (OPO), la pesca entorno a OFD data de principios de los 60's, con el incremento en el uso de la red de cerco (Hunter y Mitchel, 1966; Greenblatt, 1979). La característica principal de la pesca sobre OFD en los tres océanos es que la principal especie de atún que se captura es el barrilete, seguido del atún aleta amarilla y el atún patudo; las últimos dos especies de tallas relativamente pequeñas. Otra característica importante es que en la mayoría de los lances sobre OF se observa una captura incidental muy alta de otras especies de peces y de tiburones.

Dada la importancia de los OFD se han definido algunas preguntas entorno a su comportamiento y su importancia relativa en el mar. Con respecto a su distribución y abundancia en el Océano Pacífico Oriental (OPO), destacan las siguientes:

¿Cuáles son las mayores vertientes de los OFD? Es decir ¿Cuál es su origen?

¿Existen áreas de acumulación de OFD?

¿Los OFD se asocian a masas de agua ricas en nutrimentos?

¿Cuál es la dinámica espacial, interanual y estacional de los OFD?

El presente capítulo tiene el objetivo de responder algunas de las preguntas anteriores. Específicamente: 1) se estimó la abundancia relativa de objetos flotantes a la deriva en el Océano Pacífico Oriental; 2) Se modeló su distribución y su dinámica espacial, estacional e interanual; y 3) Se Relacionó la presencia de OFD en la zona costera con factores ambientales como la precipitación pluvial.

MÉTODOS.

1. Fuentes de Información.

La información analizada proviene de dos fuentes principales: La base de datos de los observadores científicos (BDO) y la base de datos del esfuerzo pesquero. Las dos fuentes pertenecientes a la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), del año de 1981 a 1994. Entre los datos de la BDO se obtuvieron las variables relacionadas con la actividad del barco, las cuales se consignan dentro de un formato general denominado Informe Diario. En este formato se registran todos los eventos ocurridos durante un viaje y las diversas señales utilizadas por la embarcación para detectar un cardumen de atún. En el presente trabajo se supone que las señales que llevaron a un lance sobre OF son registros que marcan la presencia de un OF.

La medida del esfuerzo pesquero utilizada fue las millas navegadas en estado de búsqueda. En el registro de las actividades del barco, tres son los estados básicos en los que puede estar un barco, además de la pesca: navegando, a la deriva y en búsqueda. En los primeros dos se considera que no existe una intención inmediata de pescar, sino más bien de viajar hacia una zona de pesca o al puerto (navegando) o en un estado de descanso o derivando junto a un OF (deriva). Sin embargo, cuando un barco está en estado de búsqueda se considera que la energía está ocupada en la actividad propia de la captura de peces. Dentro de las actividades de búsqueda, el esfuerzo pesquero de interés en este trabajo es el utilizado para detectar OFD. Sin embargo, el esfuerzo pesquero

medido en millas navegadas en estado de búsqueda no solamente es dedicado a la búsqueda de estos objetos; este puede estar ocupado en la búsqueda, por ejemplo, de mamíferos marinos. Dado esto, el esfuerzo pesquero se dividió en dos categorías, de acuerdo con la actividad del barco. La primera categoría de esfuerzo pesquero se refiere a aquel medido sobre embarcaciones que mostraban qué menos del 10% de los lances fue realizado sobre mamíferos marinos. La segunda clase de esfuerzo pesquero se consideró como aquel medido en viajes que realizaron más del 10% de los lances sobre mamíferos marinos. Se supone que en la primera categoría el esfuerzo pesquero esta concentrado en la búsqueda de objetos flotantes, mientras que en el segundo grupo el esfuerzo pesquero puede o no estar orientado a la búsqueda de OFD. En forma arbitraria, a la primera categoría se le dio el nombre de esfuerzo "*dolphin safe*", mientras que a la segunda categoría se le denominó "*non-dolphin safe*". Es importante aclarar que la nominación de las categorías no corresponden al concepto introducido a principios de los 90's sobre la protección de los mamíferos marinos, por lo que es más bien operativo.

2. Estimación de la Abundancia de Objetos Flotantes (OF).

La información sobre los avistamientos de objetos flotantes y del esfuerzo pesquero se agrupó en cuadrantes de un grado (60 x 60 mi o 100 x 100 km.), por trimestre del año. El número total de cuadrantes visitados varió a lo largo del período estudiado, con un mínimo de 187 durante el primer trimestre de 1984 y un número máximo de 1410 en el segundo trimestre de 1994. Estos cuadrantes son los registrados en los datos.

Se realizó un primer análisis exploratorio de datos de los avistamientos de objetos flotantes. Se supone que un avistamiento o señal que indica la presencia de un OF depende de diversos factores: ambientales; forma o aparatos utilizados para localizar objetos flotantes en un viaje pesquero; etc. De esta manera, la localización de un OF y su tasa de encuentro (n/L), podrá ser función de lo siguiente:

$$n/L = f (tv, esf, B, mb, t, \dots)$$

donde n es el número de OF observados en un tramo recorrido (L) por el barco pesquero; tv es el tipo de viaje pesquero¹; esf es el esfuerzo pesquero, medido en millas navegadas en estado de búsqueda; B es el número de Beaufort el cual indica las características que presenta el mar al momento de realizar la observación (los valores van de 1 con mar en calma hasta 7 con mar tempestuoso); t es la temperatura superficial del mar; y mb es el método de búsqueda. Las variables que resultaron altamente relacionadas con la tasa de encuentro fueron utilizadas para estratificar a las observaciones (Anganuzzi y Buckland, 1992), lo que permitió obtener una estimación ponderada de la densidad por área (Buckland, *et al.* 1993).

Para la estimación de la densidad y el número total de objetos flotantes por cuadrantes se utilizó el método de transecto en línea, con una distancia perpendicular máxima de 20 millas náuticas, mi (aprox. 37.5 km.), estratificando por tipo de viaje (tv).

El método de transecto en línea se considera actualmente parte del grupo de métodos denominado Método de la Distancia (Buckland *et al.*, 1993: p. 4). Este método se puede describir como sigue: un barco viaja a lo largo de un transecto lineal y registra las distancias perpendiculares de cada observación de un objeto flotante. Con n objetos observados se tendrán x_1, \dots, x_n distancias medidas. Estas distancias permiten construir el concepto central del método: la función de detección $g(x)$:

$$g(x) = \Pr(\text{detección/distancia } x) \quad \dots(1)$$

Este concepto permite medir la probabilidad de observar un OFD a una distancia x . Se supone que a medida de que la distancia (x) es mayor, $g(x)$ tiende a cero. Los posibles valores que puede tomar $g(x)$ son entre cero y uno.

Los supuestos involucrados en el análisis son los siguientes: 1) los OFD se distribuyen aleatoriamente en un cuadrante, durante un trimestre; 2) la probabilidad de detectar un OFD sobre el derrotero del barco es 1 ($g(0) = 1$); 3) Los OFD se mueven con una velocidad menor a la del barco cuando este se encuentra en estado de búsqueda; 4) las distancias perpendiculares son registradas por el observador sin error; 5) Cada avistamiento es independiente y ningún OFD es contado más de una vez.

Sea,

¹ En este caso se utiliza arbitrariamente el concepto de viaje "dolphin safe, ds". Un viaje ds es aquel que el número total de lances sobre mamíferos marinos (lanmam) no rebasa el 10% del total de lances. Por el

$$\hat{D} = \frac{n}{2wL} \quad \dots(2)$$

Un estimador simple de la densidad de OFD, donde D es la densidad, w es la distancia máxima de detección, que para este caso es igual a 20 mi y n/L la tasa de encuentro. Sea P_a , la proporción de objetos flotantes detectados en una subárea a (cuadrante). Si P_a puede estimarse, entonces:

$$\hat{D} = \frac{n}{2wLP_a} \quad \dots(3)$$

donde:

$$P_a = \frac{\int_0^w g(x)dx}{w} \quad \dots(3a)$$

es la total de OF detectados a una distancia w. Si se substituye (3a) en (3) se obtiene un estimador de la densidad como una función inversa a la fusión de densidad probabilística de detección.

Defínase a μ como la integral de la función de detección de cero hasta w . Si $f(x)$ es la función de densidad probabilística de las distancias perpendiculares sobre la detección de un objeto entonces:

$$f(x) = \frac{g(x)}{\int_0^w g(x) dx} = \frac{g(x)}{\mu} \quad \dots(4)$$

Ahora, de acuerdo al supuesto de que $g(0) = 1$, $f(0)$ se reduce a lo siguiente:

$$f(0) = \frac{1}{\int_0^w g(x) dx} = \frac{1}{\mu} \quad \dots(5)$$

Finalmente, substituyendo este resultado en la ecuación del estimador de la densidad de OFD se obtiene lo siguiente:

$$\hat{D} = \frac{n \hat{f}(0)}{2L} \quad \dots(6)$$

Que es la expresión utilizada en este trabajo para obtener las estimaciones de las densidades de OF por cuadrante/trimestre.

2.1. Estimación de la función de detección y la función de probabilidad de distancia, a una distancia de cero ($f(0)$).

Primeramente se calculó las distancias perpendiculares de los avistamientos. Debido a que en la información de la base de datos de los observadores (BDO) no se reporta la distancia perpendicular de observación (x), esta se tuvo que calcular multiplicando la distancia radial de avistamiento (r) por el seno del ángulo de avistamiento (θ).

La estimación de $f(0)$, y posteriormente la densidad de OFD, se realiza en forma indirecta a partir de la estimación de la función de detección (Buckland *et al.*, 1993). Para ello se han utilizado varios modelos probabilísticos entre los que destacan la función de probabilidad exponencial, la función de riesgo, etc. De todos ellos los más importantes son aquellos que cumplen con el criterio de Burnham o criterio de presencia de "hombro" (*shoulder*) en los valores de probabilidades a distancias cercanas a cero (Buckland, 1985).

De acuerdo con el criterio de Burnham se han descrito diversos modelos de probabilidad tanto paramétricos (Buckland, 1985), como no paramétricos (Buckland y Turnock, 1992). Para la estimación de función de detección en este trabajo se probaron las funciones de probabilidad exponencial, la fdp media normal y la función de riesgo (Buckland *et al.*, 1993). De todas estas, de acuerdo con los criterios de selección del modelo (ver abajo), se seleccionó como el mejor modelo para la estimación de la densidad de OFD la función de riesgo en todos los periodos. La forma general es la siguiente:

$$g(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\sigma}\right)^b} \quad \dots(7)$$

Donde e es la base de los logaritmos naturales, x la distancia perpendicular medida, σ la desviación estándar de las distancias perpendiculares y b el parámetro de ajuste.

Del mismo modo, para ajustar las funciones de detección a la información, se utilizaron tres formas de series estadísticas: Series de Fourier (en series de coseno), polinomios ortogonales y polinomios de Hermite. La serie que obtuvo la probabilidad más alta de los criterios de ajuste fue las series de coseno, cuya forma general es la siguiente:

$$\sum_{j=1}^m a_j \cos\left(\frac{j\pi x}{w}\right) \quad \dots(8)$$

donde w es el punto de truncado, k el número de términos con cosenos y a_j los coeficientes de los términos de coseno.

Los criterios utilizados para seleccionar la función de detección, fueron los siguientes:

- a. La prueba de la razón de verosimilitud:

$$\chi^2 = -2 \log_e \left(\frac{L_1}{L_2} \right) \quad \dots(9a)$$

donde L_i es el valor de verosimilitud del i -ésimo modelo

b. El criterio de Información de Akaike (AIC, por sus siglas en inglés):

$$AIC = -2 \log_e(L) + 2q \quad \dots(9b)$$

donde q es el número de parámetros del modelo (tres más los resultantes de la serie de ajuste utilizada).

c. La Prueba de Bondad de Ajuste:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^u \frac{\left(n_i - n \cdot \hat{\pi}_i \right)^2}{n \cdot \hat{\pi}_i} \quad \dots(9c)$$

donde $(u-q-1)$ son los grados de libertad, u el número de clases de distancias perpendiculares y π_i es el área de la función de distribución de probabilidad entre las clases $i-1$ e i .

Dado que se quería estimar la $f(0)$ para todas las áreas en general, el esfuerzo utilizado en los cálculos se supuso que era igual a 1. Todos los modelos fueron obtenidos utilizando el programa computacional DISTANCE v 2.1 (Laake *et al.*, 1994).

Los resultados de las estimaciones de abundancia fueron graficados en mapas trimestrales, para cada año.

3. Modelación Espacial de la Abundancia de Objetos Flotantes en el OPO.

Una de las características de todas las series espaciales de abundancia de OFD por cuadrante, es la presencia de una gran cantidad de ceros. Por ello, la modelación espacial se realizó en dos formas diferentes. En la primera se supone que la abundancia de OFD puede ser representada por una variable con dos posibles resultados: 1. Presencia de OFD en el cuadrante y 2. Ausencia de OFD en el cuadrante. La segunda forma es modelar al número de OFD, sin considerar los cuadrantes con valores de cero.

La modelación de la distribución espacial de la abundancia de los objetos flotantes fue a través de los modelos aditivos generalizados, GAM (Hastie y Tibshirani, 1986, 1990).

Estos modelos son técnicas de suavizamiento de la dispersión en términos no paramétricos, utilizadas cuando los datos sugieren que la variable de interés no se comporta linealmente con respecto a las variables predictoras (Chambers y Hastie, 1993: p. 249).

En una función aditiva, los GAM reemplazan a cada predictor lineal por una función de suavizamiento, de tal forma que si se tienen p variables independientes, se obtendrá una función aditiva de las p funciones de suavizamiento. Su forma general es la siguiente:

$$E(Y / X_1, X_2, \dots, X_p) = \sum_{j=1}^p S_j(X_j) \quad \dots(10)$$

donde el término de la izquierda de la igualdad representa el valor esperado de la variable modelada con respecto a las p variables predictoras X ; S_j son funciones de suavizamiento del efecto de las variables predictoras X . Una de las características de estos modelos es la posibilidad de combinar tanto términos de suavizamiento, S , como términos independientes lineales (modelo semiparamétrico). El nombre aditivo se refiere al supuesto del modelo en su forma multivariada, donde el valor esperado de Y tiene una estructura aditiva de baja dimensión.

El ajuste de los GAM's se hizo por medio del cálculo de la estimación de máxima verosimilitud de Y , por el uso jerárquico del algoritmo de suavizamiento de la dispersión, similar al procedimiento de Fisher (*Fisher-scoring algorithm* o IRLS). En el programa Splus (versión 4.5) los GAM consisten de tres módulos jerárquicos denominados: 1)

"*Scatterplot smoothers*", el cual se usa para ajustar funciones individuales; 2) "*backfitting algorithm*" en los cuales son ciclos en cada uno de los términos individuales para actualizar cada uno de ellos por un suavizamiento adecuado; y 3) "*local-scoring algorithm*", donde en cada iteración i de (2) se produce una nueva respuesta y peso, que son tomados nuevamente para la iteración $i+1$, donde se produce un nuevo predictor aditivo (Chambers y Hastie, 1993: p. 252).

El primer modelo de presencia y ausencia fue producido por suponer que la variable tenía una distribución asintótica a la función de probabilidad (fdp) Binomial. De esta forma el modelo semiparámetro utilizado fue el de la regresión logística, que tiene la forma general siguiente:

$$\text{logit } P_x = \log\left(\frac{P(x)}{1-P(x)}\right) = E(Y / X's) \quad \dots(11)$$

donde los términos aditivos utilizados son: un término de suavizamiento de la posición geográfica en longitud (lon); un término de suavizamiento para la posición geográfica en latitud (lat); un término lineal del factor tipo de viaje, tv (1. viaje "*dolphin safe*" y 2. viaje "*non-dolphin safe*"). Todo esto ponderado por el esfuerzo pesquero medido en millas navegadas en estado de búsqueda. Los términos de suavizamiento fueron obtenidos utilizando el método de suavizamiento lineal móvil de mínimos cuadrados localmente ponderado (loess), con una amplitud de dos periodos por lado. La representación básica del modelo semiparamétrico definido es la siguiente:

$$E(P) = e^{\beta_0 + \beta_1(tv) + \text{loess}(lon) + \text{loess}(lat) + \varepsilon} \quad \dots(12)$$

donde P es la presencia de OFD en un cuadrante; e es la base de los logaritmos naturales; β_0 es la media general; β_1 es el componente lineal para el tipo de viaje (tv); loess(lon) es el término de suavizamiento de la relación entre P y la posición geográfica en longitud; loess(lat) es el término de suavizamiento de la relación entre P y la posición geográfica latitud; y ε es el término aleatorio. Al obtener el logaritmo de P se tiene el modelo lineal.

Del mismo modo, se obtuvo un modelo aditivo generalizado para los conteos de abundancia por cuadrante con los mismos componentes que en (12), pero suponiendo que los residuales de la variable abundancia son asintóticos a una fdp Poisson. Las características del ajuste fueron similares al modelo anterior.

4. Análisis de las Entradas de Objetos Flotantes a la Deriva Naturales Terrestres (OFDT) al OPO.

De acuerdo con los resultados de la modelación espacial, se seleccionaron los cuadrantes cercanos a las costas de Centroamérica y Sudamérica (Colombia y Ecuador) como los puntos de entrada de OF a la deriva naturales que provienen del continente (OFDT). La zona seleccionada está comprendida entre los paralelos 10° N y 5° S y desde las costas americanas hasta los 90° W. Esta zona comprende las costas de Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador. Entre 1980 y 1990, el mayor porcentaje de OF detectados fue de

troncos (Hall, *et al.*, 1999a) y dado que esta zona es rica en precipitación pluvial y existen una buena cantidad de ríos de gran caudal, se supone que esta es una región importante en el reclutamiento de troncos al OPO.

Las estimaciones promedio de abundancia de OFD por trimestre en la zona seleccionada se correlacionaron con la serie de tiempo de anomalías de precipitación pluvial reportadas durante el mismo período de tiempo (Eischeid *et al.*, 1994). Los valores de anomalías de precipitación pluvial (app) son valores obtenidos de comparar espacial y temporalmente una medida tomada en un punto I, con respecto al valor medio de una serie temporal en ese punto combinada con el valor promedio obtenido en estaciones espacialmente cercanas (Eischeid *et al.*, 1994).

La función de correlación cruzada se representa con la siguiente expresión (Shumway, 1988: p. 18):

$$\hat{\rho}_{ij}(k) = \frac{\hat{\gamma}_{ij}(k)}{\sqrt{\hat{\gamma}_{ii}(0)\hat{\gamma}_{jj}(0)}} \quad \dots(13)$$

Que es la correlación de la muestra entre la abundancia de OFDT en el tiempo (trimestre) t contra el valor de anomalía de precipitación pluvial (app) en el tiempo $t-k$.

El término de covarianza muestral (γ_{ij}) se calcula de la siguiente manera:

$$\hat{\gamma}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} \left(x_{it} - \bar{x}_i \right) \left(x_{j(t+k)} - \bar{x}_j \right) \quad \dots(14)$$

donde:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n x_{it} \quad (14a)$$

son las medias de la muestra para la estimación de la abundancia trimestral (i) y de app (j).

La correlación cruzada es una función que permite describir la estructura de dependencia serial de una serie de tiempo. Sus valores van desde -1 a 1. Si dos series de tiempo tienen una dependencia directa perfecta con una distancia en el tiempo k, la correlación cruzada (ρ) tomará el valor de 1, por el contrario tomará un valor de -1. Del mismo modo, si dos series de tiempo no presentan relación en el k-ésimo retraso el valor de ρ será igual a cero. En una correlación positiva, en una gráfica de dispersión, se observarán los valores alrededor de una línea de 45° ascendente; con una correlación negativa, alrededor de una línea de 45° descendente; y con una correlación cero, los puntos se observarían a manera de círculo.

RESULTADOS

1. Análisis Exploratorio de Datos.

En las figuras 4.1 – 4.12 se presentan los mapas de distribución de muestras del esfuerzo pesquero de la flota atunera del Pacífico Oriental, por cuadrante, en un trimestre del año (1991-1994). El esfuerzo pesquero se refiere a la cantidad de millas navegadas calculadas a partir de los registros de los observadores de la BDO de la CIAT. Sus valores van desde 1 milla navegada (mi)/cuadrante hasta más de 550 mi/cuadrante, en un trimestre del año. Se observa que el trimestre 3 fue significativamente menor a los otros trimestres. Por tipo de viaje, se observa que durante los trimestres 2 (abril-junio) y 3 (julio-septiembre) el esfuerzo pesquero en viajes "*dolphin safe*" es mayor al observado en viajes "*non-dolphin safe*".

Durante el primer trimestre de 1983 a 1990 el esfuerzo se concentra principalmente en latitudes que van desde el ecuador hasta los 10° N. Sin embargo, a partir de 1991 el esfuerzo de pesca se observa que es más alto en latitudes más sureñas entre los 5 y 15° S. Longitudinalmente los valores más altos del esfuerzo pesquero se registraron cerca del continente americano, en la mayoría de los años. Sin embargo, durante 1986 a 1989 se observa un desplazamiento del esfuerzo pesquero hacia longitudes entre los 90 y 110° W. Esto permite suponer que durante el primer trimestre de 1983 a 1990 la pesquería se concentraba frente a las costas de Centroamérica; sin embargo, a partir de 1991 la pesquería tiende a irse más al sur frente a las costas de Ecuador y norte de Perú.

En el trimestre 2, el esfuerzo pesquero se localiza alrededor de los 10° N en prácticamente todos los años, aunque a partir de 1991 también se observa un ligero desplazamiento hacia el Ecuador. Es importante destacar que en el año de 1994 los valores altos del esfuerzo pesquero se reparten más o menos uniformemente entre los 10° S y los 10° N. Si se observa en un sentido longitudinal la mayor concentración del esfuerzo se localiza entre los 110 y 120° W, aunque esto no es muy claro para todos los años.

En el trimestre 3 se observa que el esfuerzo, como en el trimestre anterior, está concentrado fundamentalmente sobre los 10° N, aunque a partir de 1990 también se observa un pico de valores de esfuerzo pesquero cercano al Ecuador. Los valores del esfuerzo pesquero más altos, vistos en un sentido longitudinal, se localizan en la mayoría de los años hacia el oeste de los 100° W, con excepción de 1984, 1991 y 1992, donde los valores altos se reparten más uniformemente.

Por último, para el trimestre 4 el esfuerzo pesquero se observa más hacia la zona costera, pero ampliamente diseminado en las costas americanas. Es decir, los valores altos del esfuerzo se localizan frente a las costas entre los 10° S y 10° N y, en general, al oriente de los 90° W.

Las figuras 5.1 a 5.12 contienen los mapas de distribución de las tasas de encuentro de las muestras por trimestre de 1981 hasta 1994. Por trimestres no existen diferencias entre ellos, con excepción del trimestre cuatro que fue menor ($P < 0.05$). Por tipo de viaje, en los

trimestres tres y cuatro se registra un valor promedio de tasas de encuentro menor en viajes "*non-dolphin safe*" que en viajes "*dolphin safe*" ($P < 0.05$).

Con excepción de 1984 y 1989, los valores más altos registrados de las tasas de encuentro se encuentran cercanos a la zona costera durante el primer trimestre del año, al este de los 90° W. De 1984 a 1989 estos valores altos se concentraron sobre los 5° N. Sin embargo, en 1983 y entre 1990 y 1994 los valores más altos de las tasas de encuentro se localizan en una zona más amplia, concentrándose en dos regiones más o menos definidas: la primera en el sur entre los 10 y los 15° S y, la otra, entre los 5 y 10° N.

Para el trimestre 2, en el periodo comprendido entre 1983 a 1989, la zona con altos valores de tasas de encuentro se localizaron alrededor de los 10° N, mientras que de 1990 en adelante se observan dos zonas con valores altos de tasas de encuentro. La primera es la correspondiente al periodo anteriormente citado; la segunda zona es sobre los 10° S. Obsérvese que en 1994 la primera zona es prácticamente inexistente. Asimismo, los valores mayores de tasas de encuentro siguen siendo cercanos a la costa, al este de los 100° W.

En el trimestre 3 se observan dos diferentes periodos: uno de 1983 a 1989 y otro de 1990 a 1994. En el primero, los valores más altos de las tasas de encuentro se concentran sobre los 10° N. Por su parte, en el periodo dos estos valores se observan al sur de esta zona, entre el ecuador y los 5° N. Obsérvese que durante 1984 y 1985, en la mayoría de los cuadrantes el valor calculado de las tasas de encuentro fue cercano a cero. Si se observa

toda la serie completa se pueden observar dos grupos de valores altos de tasas de encuentro en un sentido este - oeste. Un primer grupo cerca de la costa entre los 80 y 90° W y el otro entre los 110 y 120° W. Este último, con mayor presencia durante 1983 y en los años posteriores a 1989.

Durante el trimestre 4, de 1983 a 1985, los valores de las tasas de encuentro permanecieron cercanos a cero. De 1986 a 1990 los valores más elevados de tasas de encuentro se localizan al norte de los 5° N y, por último, de 1991 a 1994 estos valores se localizan entre los 5° S y los 5° N.

2. Abundancia de Objetos Flotantes a la Deriva.

Durante el periodo analizado (1983-1994) el valor promedio estimado (utilizando la mediana) de número de objetos flotantes por cuadrante de 1° por lado (OFD/año) fue cercano a 15 (fig. 6). En todos los periodos trimestrales se registró que el 75% de los cuadrantes (cuartil 3) no rebasaba un total de 30 OFD/año y el 50% de los valores centrales estaba entre 10 y 30 OFD/año. Estas cifras promedio tuvieron variaciones a través de los años por periodos estacionales (fig. 7): durante 1984 y 1987 la abundancia registró valores menores a los referidos. Los valores extremos se registraron en el segundo y cuarto trimestre del año, en donde prácticamente los valores medianos son cero. Con excepción de este año, no se observan diferencias significativas entre la

abundancia de objetos flotantes por área, dentro de los diferentes periodos trimestrales ($P > 0.05$).

Latitudinalmente se observa una amplia variación en la abundancia de los OFD. Los valores más altos se registran entre los 2 - 12° N, con un centro sobre los 8° N (fig. 8a). Además, al sur de los 10° S existe otro conjunto de valores altos de OFD/año. Este patrón se repite en cada año, aunque se observan algunas variaciones interanuales (fig. 9). En 1983 el número de OFD/año es alto también en latitudes entre los 10 y los 20° S, casi al mismo nivel que el núcleo de mayor abundancia. Estas latitudes también se manifiestan nuevamente importantes durante los años de 1990 y 1991. Cabe destacar que durante los primeros seis años de la serie, los valores máximos en un cuadrante no sobrepasan los 250 OFD/año. Sin embargo, a partir de 1989 se registran valores extremos por arriba de los 300 OFD/año.

El patrón longitudinal muestra que la mayor abundancia de OFD esta cercano a la costa americana, entre los 80 - 100° W y tiende a disminuir de manera gradual hacia el oeste (fig. 8b). Sin embargo, durante los años de 1983, 1984 y 1988, se observan patrones con variaciones importantes. En estos años se puede observar que las estimaciones de OFD/año en cuadrantes lejanos a las costas americana (al oeste de los 110° W) son semejantes a estas. Esto también es cierto para 1991 (ver fig. 11).

Con respecto a la cantidad de millas navegadas (mi) por la flota atunera en estado de búsqueda (esfuerzo), se observa que se tiene una relación inversa y no lineal (fig. 8c).

Sin embargo, si se observa con más detalle, por ejemplo con los valores de esfuerzo menores o iguales al tercer cuartil (400 mi) y valores de OFD/año no mayores a 30, esta relación no es tan obvia. Esto podría significar que el esfuerzo en estado de búsqueda es un factor que no imparta fuertemente a las estimaciones de abundancia de OFD, para la amplitud de valores de esfuerzo y abundancia mencionados. Esta tendencia es semejante en todos los años (fig. 11), con excepción de 1991 en donde si se observa claramente una mayor tendencia. En este año el esfuerzo aplicado en la búsqueda de OFD si puede tener un efecto importante en las estimaciones de abundancia.

Al comparar las estimaciones de abundancia de OFD/año con respecto al tipo de viaje se observa que los valores medianos son semejantes y no se observan diferencias significativas, $P > 0.05$ (fig. 12). Tanto en los viajes "*non-dolphin safe*" (más del 10% del número de lances fue sobre delfín), como en viajes "*dolphin safe*" (menos del 10% del número de lances fue sobre delfín), el valor de la mediana registrada fue alrededor de 15 OFD/año. Este valor se conserva más o menos si se realiza un análisis para cada año con este factor (fig. 13).

De manera arbitraria divídase la región del Pacífico Oriental en donde se observan objetos flotantes en cinco zonas: 1) Zona costera desde el sur de México hasta Cota Rica; 2) golfo de Panamá hasta los 90° W; 3) La zona costera que abarca desde el Ecuador hacia el sur; 4) Al norte del Ecuador y al oeste de los 90° W; y 5) Al sur del Ecuador y al oeste de los 90° W. La distribución geográfica de los OFD se muestran en las figuras 14.1 a la 14.9.

Durante el primer trimestre (enero-marzo) del año las mayores concentraciones de OFD se localizaron en el área (2) que comprende el golfo de Panamá y su región de influencia. En 1984, sin embargo, la concentración más alta de OFD se observan en una región lejana de la costa (dentro de la zona 1). Para este año resalta un núcleo central entre los 0-5° N y sobre los 110° W. Hacia la parte sur de la región 3 resalta, para algunos años, un núcleo en donde se observa una gran cantidad de OFD en comparación con sus alrededores, centrándose en las costas del norte de Perú. Esta señal de alta abundancia es más fuerte durante los años de 1983, 1987, 1990 y 1991. Del mismo modo, durante el año de 1984, este núcleo sureño de OFD se encuentra más lejano de la costa pero sobre las mismas latitudes.

Durante el trimestre 2 (abril-junio) la mayor abundancia de OFD se sigue concentrando en la región influenciada por el golfo de Panamá. Sin embargo, se puede notar que el núcleo central se localiza prácticamente dentro de esta. Para este trimestre, la zona núcleo frente al norte de las costas de Perú ha desaparecido. En 1984, la región en donde se localiza el núcleo con mayor abundancia de OFD es alrededor de los 95° W y 5° N; esto también es cierto para 1989. Durante 1987 y 1990, la región núcleo también se extiende hacia el norte, hacia la zona (1), cubriendo una gran región que va desde el golfo de Panamá hasta Guatemala. Por último, en el año de 1991, además de la zona núcleo mencionada, se observa una región amplia centrada en los 5° N y entre los 100 - 110° W. Esta región se hará más amplia y cubrirá una mayor área en el OPO, durante los siguientes años.

Para el trimestre 3 (julio-septiembre), la distribución de OFD muestra dos núcleos más o menos definidos en la serie de años de 1983 a 1991. El primero sigue conservando su centro dentro del golfo de Panamá., extendido en algunos años hacia el norte, costeando el continente americano, hasta más allá de los 10° N. Otro núcleo de gran abundancia de OFD se observa al oeste de los 120° W y sobre los 10° N. Es importante hacer notar que este último núcleo es prácticamente inexistente durante los años de 1984 a 1987. Asimismo, durante 1984 y 1987, el primer núcleo (cerca del Golfo de Panamá) es también inexistente. Sin embargo, en 1984 se observa un pequeño grupo de cuadrantes frente a Perú, pero lejana a sus costas, en donde se concentra la mayor cantidad de OF por área.

En el trimestre 4, el núcleo con un mayor número de objetos flotantes a la deriva cubre prácticamente la zona costera de Centroamérica, incluyendo las costas del golfo de Panamá. Esto es cierto para la mayoría de los años; sin embargo, para 1983 y 1984 este núcleo es inexistente. Debe observarse también que en 1987 la zona con mayor número de OFD se localiza más al norte, desde Nicaragua hasta las costas del sur de México.

Si se extiende el estudio para los años posteriores, por ejemplo de 1992 a 1994 (figs. 14.10 a 14.12), el patrón observado en la serie analizada cambia radicalmente. Durante el primer trimestre de estos años se observa un gradiente sur de abundancia de OFD orientado de norte a sur, sobre la costa americana. La mayor abundancia de OFD se localizan frente a las costas del norte de Chile y frente a Perú. Durante el segundo

trimestre este núcleo se observa desplazándose en un gradiente de Sudeste a Noroeste, alcanzando latitudes cercanas a los 10° N. Sin embargo, durante 1993 aparece un pequeño núcleo de áreas con abundancia de OFD dentro del golfo de Panamá. En el tercer trimestre no se observa un patrón definido para estos tres años. En 1992 aparece una pequeña región dentro del golfo de Panamá con valores altos de OFD; en 1993, los cuadrantes con un mayor número de OFD/año se centran en los 10° N, pero al oeste de los 120° W. Durante este mismo trimestre, pero en 1994, se observan dos núcleos bien definidos de abundante número de OFD: uno al norte entre los $90 - 100^{\circ}$ W y sobre el Ecuador y otro más al sur (alrededor de los 10° S) y hacia el oeste. Esto sugiere que las fuentes principales de OFD a partir de 1991 pudieron haber cambiado.

3. Modelación espacial de la distribución de los Objetos Flotantes a la Deriva.

La abundancia de objetos flotantes se analizó bajo dos perspectivas: la presencia de objetos flotantes en un cuadrante durante un trimestre del año y la densidad por cuadrante (abundancia relativa). En el primer caso se supone que la variable solamente puede tomar dos posibles valores, por lo que el modelo utilizado fue con base a la función de distribución binomial. Para el segundo caso, debido a que son conteos de individuos por cuadrante y las características de la distribución de frecuencias de ellos es sesgada hacia valores bajos, la aproximación utilizada para modelar esta variable fue la función de probabilidad Poisson. En el último caso, aunque no se realizó una prueba de ajuste a la

fdp señalada, debido a que son conteos y a la forma de la distribución de frecuencias de abundancias observada, es posible suponer que la aproximación es adecuada

3.1. Presencia de Objetos Flotantes a la Deriva.

Los resultados de este análisis se presentan por trimestre del año en las figuras 15.1 a 15.12.

Durante el primer trimestre del año los valores estimados de probabilidad de encuentro de un OFD más altos se localizaron cerca de la costa y en latitudes entre el Ecuador y los 10° N. En la mayoría de los años esta probabilidad no rebasó 0.25. Es decir, sí se visita aleatoriamente cualquier cuadrante la probabilidad de que exista presencia de objetos flotantes es menor de 0.25; esto, aunque los valores son más altos cerca de la costa. La excepción fue en 1984, en donde se observan valores de probabilidad anormalmente altos (por arriba de 0.25) entre los $100 - 110^{\circ}$ W. A partir de 1991, estos valores se observan más elevados que en años anteriores, alcanzando cifras superiores a 0.50 en 1991 y 1994, en lugares cercanos a la costa. En un sentido latitudinal, los valores máximos de probabilidad de encontrar OFD se observan entre los 10 y los 15° N (en los primeros años de la serie), con excepción de 1985, donde domina la presencia de OFD en latitudes entre el ecuador y los 15° S. Es importante destacar el año de 1984, en donde los valores de probabilidad alcanzan cifras por arriba de 0.50 entre el ecuador y los 10° N.

Durante el segundo trimestre los valores altos de presencia de OFD se observan desplazados hacia el oeste, en comparación con lo observado en el trimestre anterior (de 1983 a 1989). El caso extremo es en el año de 1983 en donde los valores de probabilidad más altos se observan entre los 125 y los 130° W. Recuérdese que en este año se registro un evento de El Niño - Oscilaciones del Sur. La excepción de este patrón es en 1985 donde las valores de probabilidad más altos se localizan cercanos a la costa. En estos años, los valores de probabilidad son ligeramente superiores al trimestre anterior. En el periodo de 1991 a 1994, los valores de probabilidad más altos, por el contrario, se localizan en las mismas longitudes del trimestre anterior, aunque los valores de presencia se observan más altos entre 0.25 y 0.50, incrementándose a través de los años. En un sentido latitudinal los patrones se mantienen semejantes al trimestre anterior en toda la serie. Lo que resalta es la ausencia casi total de OFD en 1984, misma tendencia que prevalece en los siguientes dos trimestres de este año.

El trimestre tres muestra valores de presencia más altos entre los 110 y 115° W, en los años de 1983 a 1989. Estos valores, sin embargo, son menores a los observados en los trimestres anteriores (menos de 0.10 de probabilidad). Nuevamente, durante 1983 los valores máximos se observan más hacia el oeste en comparación con los años posteriores, alcanzando probabilidades estimadas de 0.25 entre los 125 y 130° W. Contrariamente, en 1985 los valores de presencia más altos se localizaron cercanos a la costa. De 1990 a 1994 los valores de presencia aumentan, en comparación con los años anteriores y no existe un gradiente claro en un sentido longitudinal. Latitudinalmente se mantienen los

valores más altos de presencia alrededor de los 10° N. Importante es destacar que en los años de 1986 y 1987 se registran los valores más bajos.

En el último trimestre del año la mayoría de los años de la serie estudiada muestra que la presencia de OFD sigue un gradiente descendente de la costa hacia el oeste, con excepción de 1983 y 1984, en donde estos son prácticamente ausentes. En este trimestre se observa que los valores de presencia aumentan en un sentido anual; es decir, durante los últimos años es en donde se observan los valores más altos de presencia de OF. Latitudinalmente, los valores de presencia más alto permanecen entre los 0 y los 10° N, con excepción de los años mencionados y 1988, donde su presencia es mínima.

3.2. Abundancia de Objetos Flotantes a la Deriva.

Las figuras 15.1 a la 15.4 muestran la abundancia de OFD modelada a través del uso de los Modelos Aditivos Generalizados, bajo la fdp Poisson. En general la tendencia en la distribución de la abundancia es semejante a lo observado cuando se modeló la presencia de OFD: una mayor abundancia cerca de la costa y hacia el oeste entre el Ecuador y el paralelo de los 10° N.

En el trimestre 1, con excepción de 1984, frente al golfo de Panamá se observan valores de abundancia mayores a seis OFD por cuadrante. Este núcleo decrece de importancia a partir de 1991 y aparece uno frente a las costas de Perú con valores mayores a los 14 OFD por cuadrante. Obsérvese que durante 1984 no se registran valores de abundancia

cerca de la costa y en 1985 los valores estimados son entre 1 y 2 OFD y solamente al sur del Ecuador. Asimismo, se observa que el núcleo del golfo de Panamá se extiende hacia el oeste a través de los años bajo estudio.

Durante el trimestre 2 de 1983 a 1991 se pueden observar dos núcleos importantes. El primero y más grande es en el golfo de Panamá y costas de Centroamérica; el segundo sobre los 10° N entre los 120° W y 140° W. La excepción vuelve a ser 1984, en donde el primer grupo desaparece. En 1992 y 1994 la zona en donde se concentra la mayor cantidad de OF es frente a las costas de Perú. Obsérvese que en esta última etapa de los años bajo estudio, el núcleo ocupa un mayor espacio conforme pasan los años.

De 1983 a 1994, durante el trimestre 3 (julio - septiembre) se observan dos núcleos importantes de OFD: uno costero, dentro del golfo de Panamá y el otro al oeste de los 120° W y sobre los 10° N. La excepción es durante el año de 1984 donde el núcleo de mayor concentración se localiza alrededor de los 95° W y sobre el Ecuador. En 1994, sin embargo, los núcleos con mayor concentración de OFD son localizados al sur del Ecuador, alrededor de los 5° S y otro alrededor de los 10° S. Estos núcleos son ampliamente extendidos en una dirección este - oeste

Por último, en el último trimestre de los años de 1983 y 1984 no se observan acumulaciones importantes de OFD en el OPO. A partir de 1985 y hasta 1991 sobresale un núcleo costero que va desde el ecuador (golfo de Panamá) y llega a cubrir hasta las costas del sur de México. En 1992, en apariencia, no existen núcleos importantes de OF.

Sin embargo en 1993 y 1994 el núcleo de mayor concentración de objetos flotantes se observa entre el Ecuador y los 10° S en una franja orientada de este a oeste entre los 95° y 120° W.

4. Abundancia de Objetos Flotantes en zona costera y presencia de anomalías de precipitación pluvial (Análisis de Reclutamiento de OF).

En la figura 17 se presentan los valores promedio de anomalías de precipitación pluvial (app) (ver Echard, *et al.*, 1994) y los valores de la mediana de las estimaciones de abundancia de OFD, por trimestre, durante los años de 1981 a 1994. Los primeros fueron obtenidos promediando los valores de las anomalías observadas en las estaciones meteorológicas que van desde el sur de México hasta Ecuador (para detalles ver Echard, *et al.*, 1994). En cuanto a los valores medios de abundancia de OFD fueron obtenidos promediando los cuadrantes cercanos a la costa de Centro- y Sudamérica entre los 15° N y 5° S y desde la costa hasta los 90° W. La delimitación es un tanto arbitraria, pero se pretende abarcar con ella, por un lado, las principales desembocaduras de los ríos de la región, así como las áreas en donde tienen influencia los principales flujos de corriente costera. Durante 1982-1983, 1987 y 1991-1992 se registraron eventos de El Niño - Oscilaciones del Sur, ENSO. El más severo ENSO fue durante el primer periodo. Obsérvese que durante esa época se registran los valores menores de app, con un valor más pronunciado durante el tercer trimestre de 1983. En cuanto a los valores medios de las estimaciones de abundancia de OFD costeros, los valores más bajos se registran

durante 1984 y 1992, aproximadamente un año después de los valores de app más bajos y de dos años de los eventos del ENSO. Esto también es cierto, pero con menor intensidad durante el trimestre 3 de 1987.

En la figura 18 se presenta un correlograma entre los valores de app y de abundancia estimada de OFD en la costa, tomando solamente los años de 1983 a 1991 de la abundancia. Se observa que con un retraso de cinco trimestres se obtiene el valor más alto y significativo ($P < 0.05$) de correlación entre ellas. Si se corre toda la serie de 1983 a 1993 esta correlación disminuye, aunque sigue siendo significativa. Es importante aclarar que cuando se realizó la correlación cruzada entre de estas dos variables con el esfuerzo pesquero, no se registraron valores significativos para ninguno de los primeros ocho retrasos.

DISCUSIÓN

1. Supuestos de la estimación de la abundancia relativa de OFD.

La estimación de la densidad y abundancia relativa para cada cuadrante descansa sobre dos conceptos fundamentales: las tasas de encuentro observadas en cada uno de ellos, E (n/L), y la fdp de las distancias perpendiculares evaluada en cero, $f(0)$ (Anganuzzi y Buckland, 1992). Para obtener una estimación de $f(0)$ se utilizó el programa Distance, versión 2.1 (Laake *et al.*, 1994), el cual involucra un número de pasos y supuestos que se deberán cumplir para obtener resultados confiables. Los supuestos involucrados se pueden clasificar en dos grupos (Buckland, *et al.*, 1993: p 29): 1) supuestos relacionados con la toma de muestra y 2) supuestos relacionados con la estimación de los valores. Dentro del primer grupo, un supuesto crítico es que la línea del derrotero deberá ser aleatoria con respecto a la distribución de los objetos, en este caso de los OFD. Este supuesto justifica la extrapolación de las observaciones muestrales a la densidad (y abundancia poblacional). Sin embargo, dado que el interés es la estimación de una $f(0)$ para toda el área cubierta, el supuesto es robusto a esta inferencia. De la misma manera, se supone que el área que cubre la población de interés deberá ser medida con exactitud. Sin embargo, nuevamente este supuesto solamente afecta a las estimaciones de la abundancia de la población, pero no tiene un efecto grande en la estimación de la $f(0)$.

Si no existe un buen diseño de muestreo o este no es sustentado en prácticas de "buen muestreo" (Buckland *et al.*, 1993: p. 29), los resultados tendrán poco valor. En el caso del uso de la información proveniente de otros medios que no son de investigación, evidentemente no contemplan un diseño de muestreo *a priori*. En el caso de observaciones de OFD o de otro tipo de objetos hechas a bordo de embarcaciones pesqueras o comerciales no se tiene un diseño de muestreo de investigación. Sin embargo, esta fuente de información ha demostrado ser bastante valiosa en las estimaciones de abundancia relativa de mamíferos marinos (Buckland, *et al.*, 1992; Edwards y Perkins, 1992) y otro tipo de objetos (Suzuki, 1999). Esto último, aunque en últimas fechas se ha cuestionado la validez de las estimaciones debido a la posible fuerte correlación entre el esfuerzo de pesca (y más aún, cuando es medido en millas navegadas) y la abundancia inferida. Lo anterior puede explorarse a través de ensayos de postestratificación que permitan analizar el impacto del esfuerzo de pesca en las estimaciones, aunque esto no fue llevado a cabo en este trabajo.

La información, primeramente, se diagnosticó por medio de métodos del Análisis Exploratorio de Datos, AED (Tukey, 1977), los cuales permiten tomar decisiones para su estratificación o agrupación para reducir el riesgo de posibles sesgos sistemáticos. En este caso, al realizarse un AED se observó que existen dos posibles fuentes de sesgos importantes: el tipo de viaje y los aparatos utilizados para detectar objetos. El primer factor es una variable artificial, definida en este trabajo para diferenciar la posición y el ángulo de búsqueda de los aparatos utilizados, como por ejemplo, la forma de como se utilizan los binoculares. En cuanto al segundo factor, se refiere a la diversidad de aparatos

utilizados en la detección: binoculares de diferente potencia, ayuda aérea, radar de pájaros, etc. En cuanto al tipo de viaje, se observó que existen diferencias significativas dentro de cada periodo trimestral ($P < 0.05$), por lo que este criterio fue utilizado para la estratificación. En cuanto al tipo de aparato utilizado para detectar OFD también existieron diferencias significativas. Sin embargo, a lo largo de la serie de tiempo estudiada se observa que esta diferencia en el uso de los aparatos de detección es anual, pero no dentro del trimestre. En este tenor se observó que en los primeros años de la serie no es utilizado el radar de pájaros. Este aparato, sin embargo, a partir de principios de los noventa es el más utilizado. De esta manera, la estratificación por tipo de viaje dio como resultado la definición de mejores estimaciones para $f(0)$, la densidad y la abundancia de los OFD.

Otro de los supuestos involucrados en la estimación de la $f(0)$ es de que los OFD sobre la línea del transecto son detectados con una probabilidad igual a 1 ($g(0) = 1$). Si este supuesto se viola puede producirse sesgos sistemáticos, debido a que los valores de las distancias perpendiculares cercanas a cero son las que aportan una mejor información.

Los OFD sobre el derrotero del barco siempre serán visibles, ya que se encuentran por lo regular en superficie. Sin embargo, para asegurar que el supuesto no sea violado se eliminaron aquellas observaciones obtenidas en valores de Beaufort mayores a cinco.

Los otros supuestos involucrados se refieren a la forma de la función de detección, exactitud en la medida de la distancia, velocidad relativa del OFD con respecto a la embarcación y el número de observaciones de cada objeto. En cuanto a los dos primeros

se tomó solamente en cuenta a aquellas distancias perpendiculares no mayores a las 20 mi (aprox. 37 km), observándose que la mayor cantidad de observaciones se realizaron en un rango de 0 a 7 mi. El último supuesto involucrado, sin embargo, es difícil de estudiar debido a que no es posible saber con exactitud (desde la BDO) si un OFD fue pescado o detectado anteriormente por otra embarcación en un área específica, durante un trimestre. Asimismo, con el uso de radioboyas u otro tipo de localizadores, generalizado a partir de 1991, la violación de este supuesto trae consecuencias una sobreestimación de OFD.

2. Abundancia relativa de los Objetos Flotantes a la Deriva.

Aunque se registran valores extremos hasta de 600 OF estimados por cuadrante/trimestre, la mayoría de los cuadrantes (75% en cada trimestre) no rebasan un total de 30 OF y existen una gran cantidad de unidades muestrales (cuadrantes) con valores de cero. Estos valores no son homogéneamente distribuidos en el OPO, observándose concentraciones de cuadrantes con mayor abundancia. Asimismo, se observa una amplia variación en periodos anuales y cambios significativos año con año. Estos valores son más bajos a lo reportado por Dagorn y Freón (1999) para el OPO. Sin embargo, estos autores no toman en cuenta las posibles diferencias en abundancia de OFD y DAP. De 1983 a 1990 los OFD dominan los avistamientos hechos por los observadores, mientras que a partir de 1991, se observa una mayor cantidad de DAP. Esto pudo haber ocasionado la diferencia, ya que estos autores solamente reportan el periodo entre 1992 a 1994.

3. Distribución de los OFD.

Latitudinalmente, los OFD se concentran entre los 5 y 10° N, durante los primeros años de estudio (1983 - 1990). Sin embargo, a partir de 1991 se empieza a observar un aumento de valores de abundancia hacia el sur. Este aumento no corresponde a un incremento en la entrada de OFD al OPO en esta zona, sino más bien obedece a un mayor uso de dispositivos para agregar peces, DAP (Hall *et al.*, 1999), coincidente con la aparición de estos objetos en otras partes del mundo (Hallier y Parajúa, 1999; Ariz *et al.*, 1993; Hampton y Bailey, 1999). Por lo anterior, la distribución de los OFD corresponde más bien a lo observado durante 1983 a 1990. En un sentido norte sur, la mayor concentración de los OFD se observa cerca de las costas y principalmente en el golfo de Panamá. Esto mismo fue reportado por Suzuki (1999). Además del área mencionada, los OFD se acumulan en una franja que se extiende hacia el oeste, por los 10° N, que coincide con el área del flujo principal de la Corriente Ecuatorial del norte y el sitio en donde la termoclina es más superficial (Hall *et al.*, 1992; Fiedler *et al.*, 1992).

Esta distribución de los OFD, sin embargo, no refleja un gradiente lineal en un sentido norte - sur, ni tampoco en un sentido longitudinal. Es decir, si se observa la distribución de la costa hacia el oeste, las áreas de acumulación no son linealmente distribuidas a lo largo de un gradiente, de manera que a medida que se viaja por un transecto lineal la tendencia será a disminuir. Aunque, efectivamente, la mayor acumulación de OFD se

localiza en las costas centroamericanas también se observan áreas de acumulación importante en regiones lejanas a costa, pero pobres en longitudes intermedias. Estas acumulaciones obedecen, tal vez, a la dinámica de los flujos de corrientes de agua. En un sentido norte - sur, la principal zona de localización de OFD es en el área central de pesca sobre ellos. Estos OFD tienden a viajar con mayor probabilidad en una dirección norte, tal vez por la acción de la corriente costera de Costa Rica, lo que ocasiona una asimetría en su distribución. Sin embargo, esta asimetría no ocasiona la formación de un gradiente en este sentido. Esto es coincidente con lo mencionado por García y colaboradores (1999) quienes mencionan la poca posibilidad de un transporte de OF de áreas del norte del Ecuador hacia el sur y viceversa. Esto puede deberse a una barrera dinámica creada por la Contracorriente Ecuatorial (Fiedler *et al.*, 1992). Una conclusión al respecto es que la mayor cantidad de OFD en el OPO se localizan al norte del Ecuador y la presencia de estos, en toda el área, se comporta de manera no lineal con respecto a su ubicación geográfica. Por esto, hasta antes del uso de los DAP en el OPO, la zona de pesca al sur del Ecuador y alejada de la costa, que incluye la pesca de patudo (*T. obesus*) no era importante en la pesca de superficie.

Se observa una estacionalidad en la abundancia de los OFD. Si la mayor aportación de los OFD al OPO es a través del flujo de agua dulce desde el continente, la abundancia dependerá de los mismos. Como se mencionó arriba, la principal zona costera donde se observan OFD es en las costas de Centroamérica, con el centro principal en el golfo de Panamá. En esta zona, el drenaje de agua dulce es abundante durante todo el año. Sin embargo, en su zona norte el mayor flujo de agua se observa hacia los meses de octubre y

noviembre, con aproximadamente $22 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{mes}$ (Forsbergh, 1969). Estos meses coinciden con el trimestre 4 de este estudio. En este caso el flujo mayor se observaría reflejado dentro de este trimestre y el siguiente, dado que los OFD de interés para la flota son aquellos que tienden a acumular pescado. Esto, suponiendo que los OFD con más tiempo son los mejores atractores (Ariz, *et al.*, 1993). Otro pulso elevado de flujo de agua se observa durante los meses de abril a junio, pero al sur del golfo de Panamá (Forsbergh, *op cit.*). Este nuevo flujo pudiera acarrear también otro grupo de objetos flotantes. En los resultados se observa todo el año la presencia de OFD en el golfo de Panamá. Sin embargo, durante algunos años (1987; 1988; 1990) se observan dos grupos importantes de OFD, uno en las costas y otro grupo hacia el oeste. Se puede concluir que existen dos picos de entrada de OFD, uno durante los meses de noviembre a diciembre y otro durante los meses de abril a junio.

Fenómenos a gran escala como El Niño Oscilaciones del Sur (ENSO), pueden dispersar a los OFD y por tanto cambiar sus patrones de distribución. Durante el periodo estudiado (1983 - 1991), se registran años particularmente anómalos como son 1983, 1984 y 1987. Los dos primeros son antecidos por un ENSO fuerte (Hansen, 1990; Glyn, 1990; Barber, 1990), mientras que en 1987 se registro un ENSO moderado (Kwiscinsky y Chial, 1992). Una de las consecuencias del ENSO en el OPO es el aplanamiento de la termoclina y una disminución de los flujos de corriente hacia el oeste en superficie (Fiedler *et al.*, 1992), así como también un debilitamiento de la contracorriente que fluye de oeste a este. Sus consecuencias en el OPO pueden ser registradas, tal vez, en periodos posteriores. Por ejemplo, el ENSO de 1982-1983 tuvo su máxima expresión a finales de

1982 y el primer semestre de 1983. En este último año, pero en el segundo semestre, se observa una ausencia de núcleos importantes de OFD (ver fig. 15.1). Durante el siguiente año no se observa actividad de la flota pesquera cerca del golfo de Panamá, tal vez por no localizar OFD. Sin embargo, si se observa un núcleo importante de OFD lejos de la costa entre el Ecuador y los 5° N. Lo anterior puede indicar que los OFD se desplazan más aceleradamente hacia el oeste, como lo comentan García y colaboradores (1999), y sus rutas sobre los 10° N se ven desviadas. Esto último debido al debilitamiento de la Contracorriente Ecuatorial que fluye entre el Ecuador y los 5° N. La acción del ENSO durante 1987 no se observa claramente debido a que este evento fue moderado.

En general, se puede concluir lo siguiente, de la distribución y la abundancia de los objetos flotantes en el Océano Pacífico Oriental:

1. De 1983 a 1991 en el OPO dominan los OFD. Estos entran al océano principalmente por el golfo de Panamá durante el segundo y cuarto trimestre del año. Los OFD son retenidos cerca de la costa por la acción de la corriente costera de Costa Rica (ramal de la Contracorriente Ecuatorial) y, posteriormente, giran hacia el oeste por el paralelo de los 10° N, por encima de la cresta de la termoclina.
2. En años posteriores al periodo, con presencia de El Niño - Oscilaciones del Sur (ENSO), los OFD se dispersan en la superficie lejos de la costa y viajan al oeste sobre una banda entre el Ecuador y los 5° N, más al sur que en años normales. Asimismo, no se observan OFD dentro del golfo de Panamá

3. De 1991 en adelante, la "señal" de distribución de OFD se distorsiona por la presencia de los dispositivos para agregar peces (DAP) que se introducen en latitudes al sur del Ecuador.

Fig 1. Número de lances por tipo en la pesquería del Océano Pacífico Oriental, OPO (1972-1996)

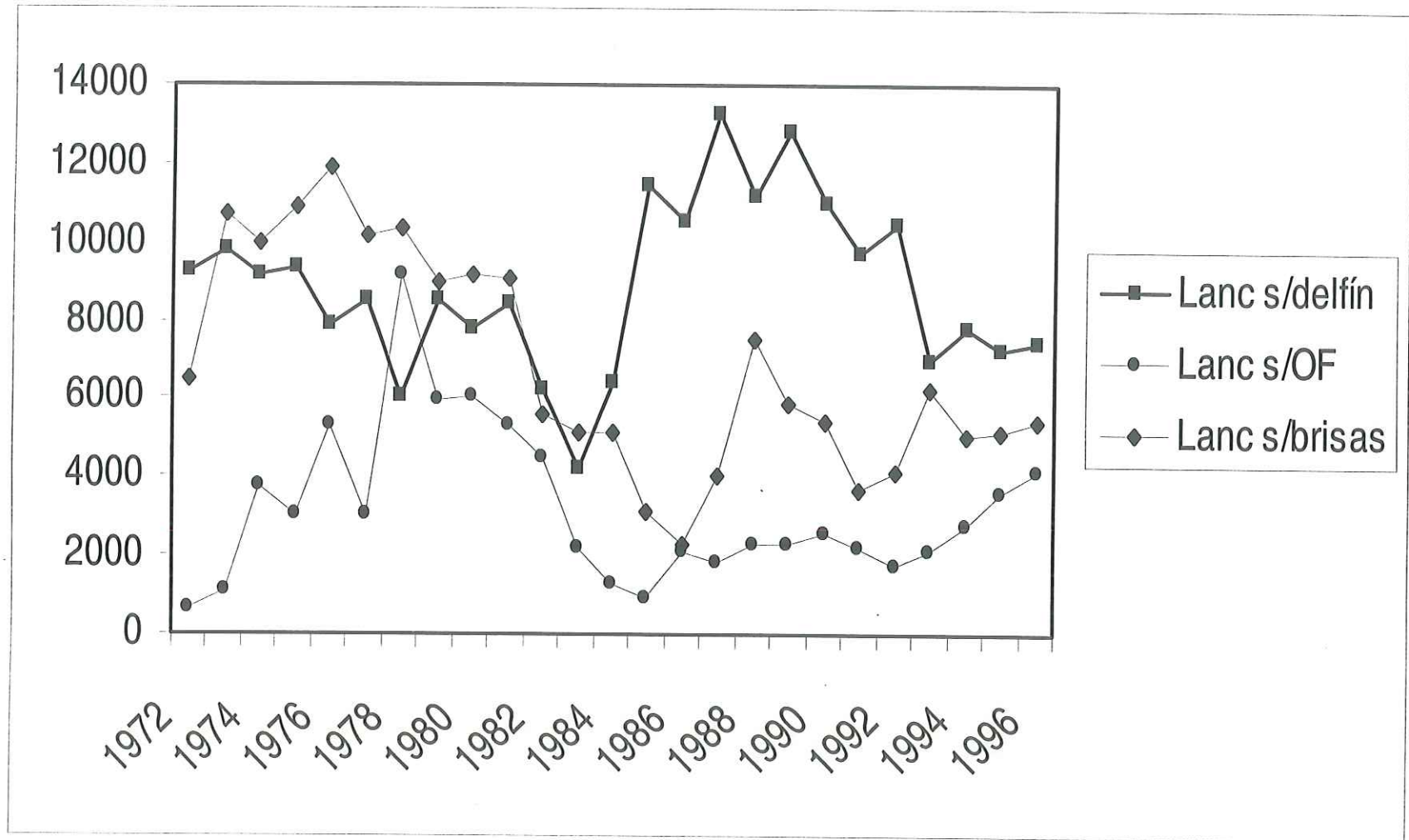


Fig 2. Límites de distribución del atún aleta amarilla y áreas de pesca sobre objetos flotantes, otra pesca de superficie, pesca sobre palangre y selvas tropicales (según Caddy y Majkowski. Fish Res 25 (1996))

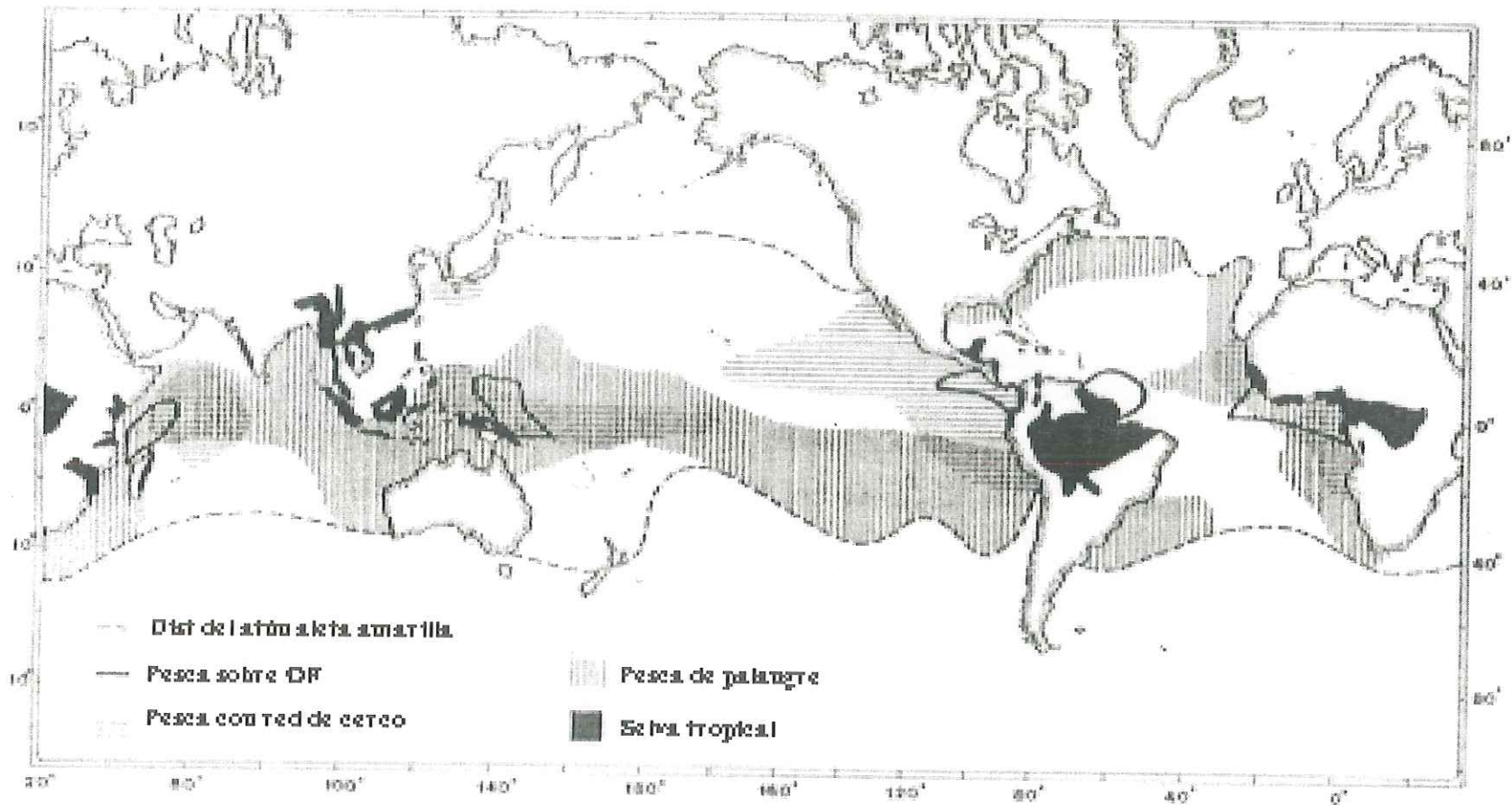


Fig 3. Océano Pacífico Oriental

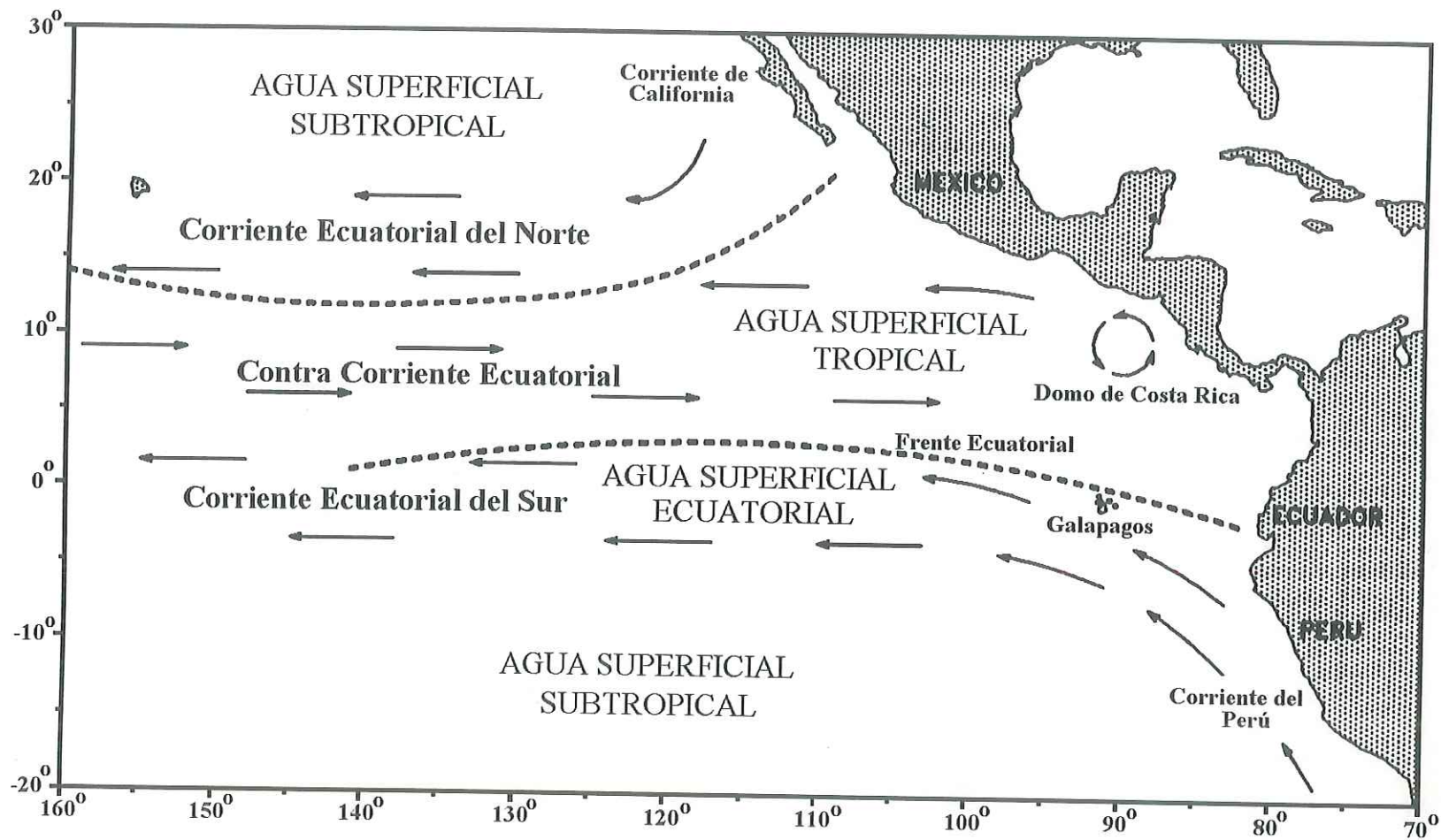
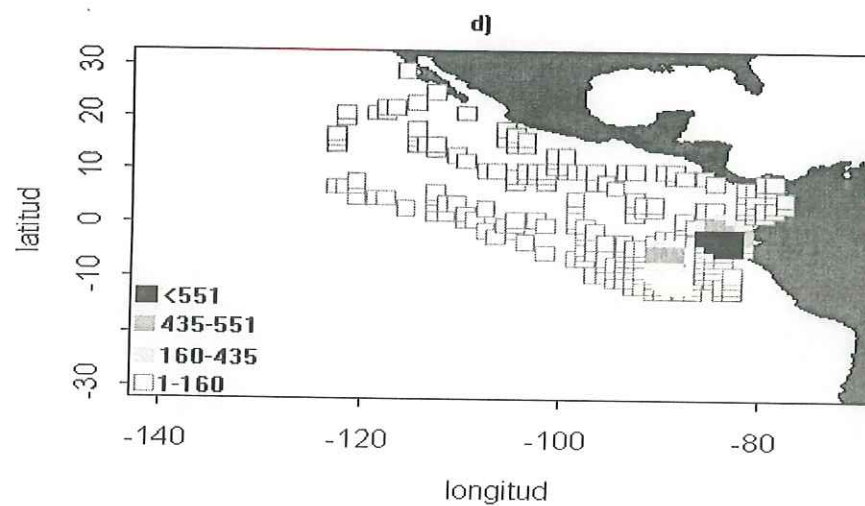
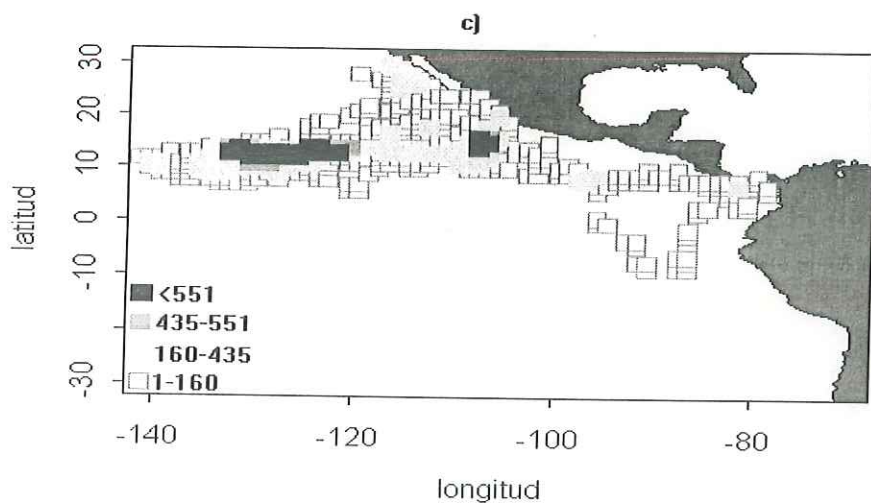
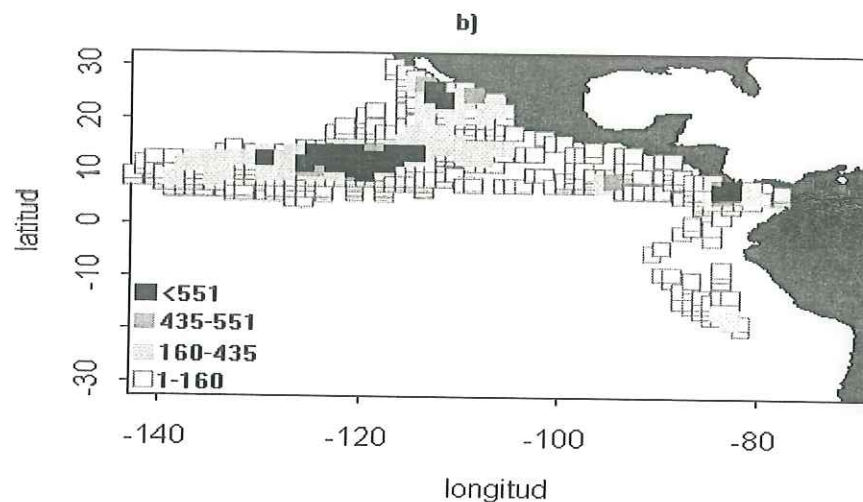
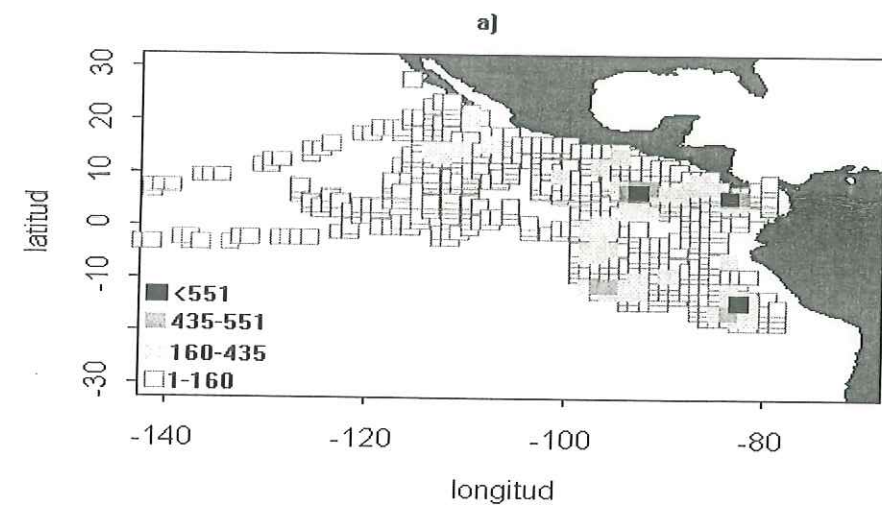


Diagrama esquemático de las corrientes superficiales y masas de agua (Wyrtki, 1966)

Fig 4.1. Esfuerzo pesquero durante 1983 (millas nevegadas en búsqueda).
a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre



**Fig 4.2. Esfuerzo pesquero durante 1984 (millas nevegadas en búsqueda).
a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre**

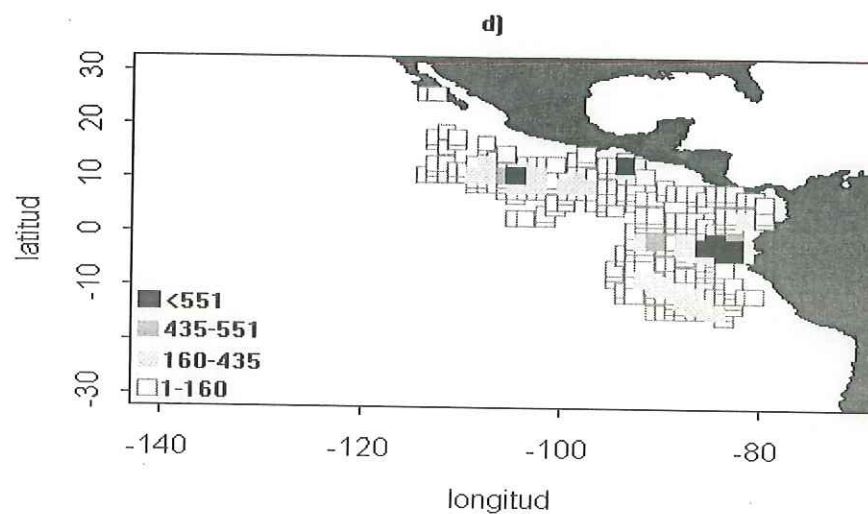
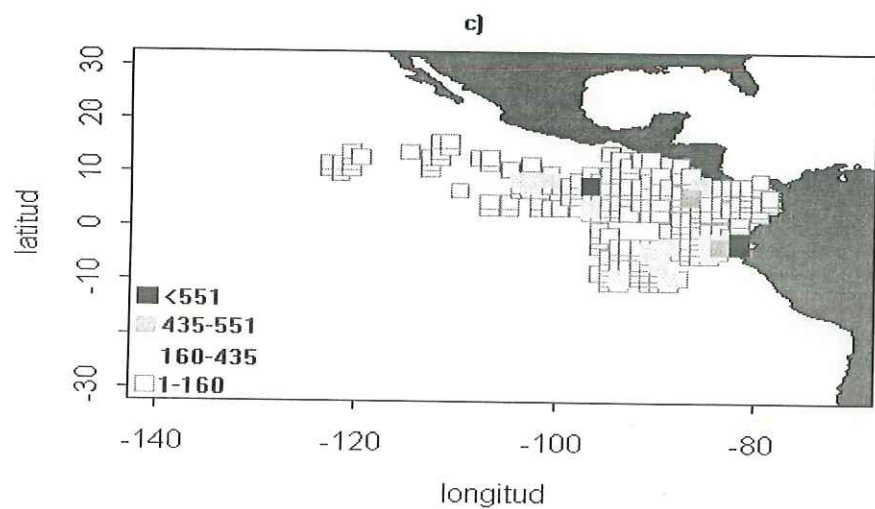
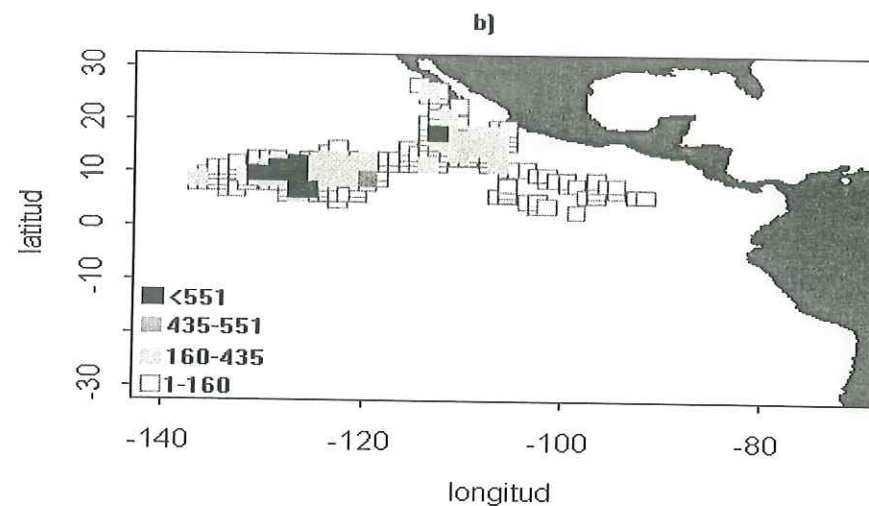
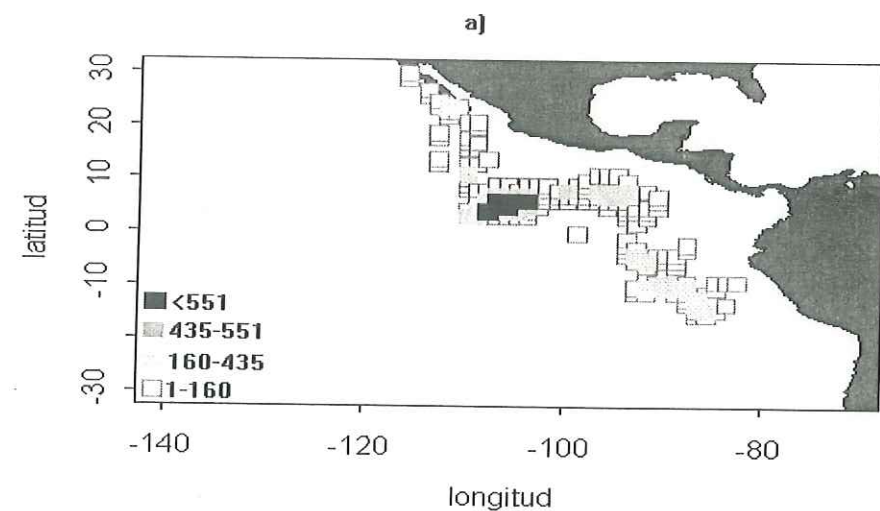


Fig 4.3. Esfuerzo pesquero durante 1985 (millas nevegadas en búsqueda).
a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

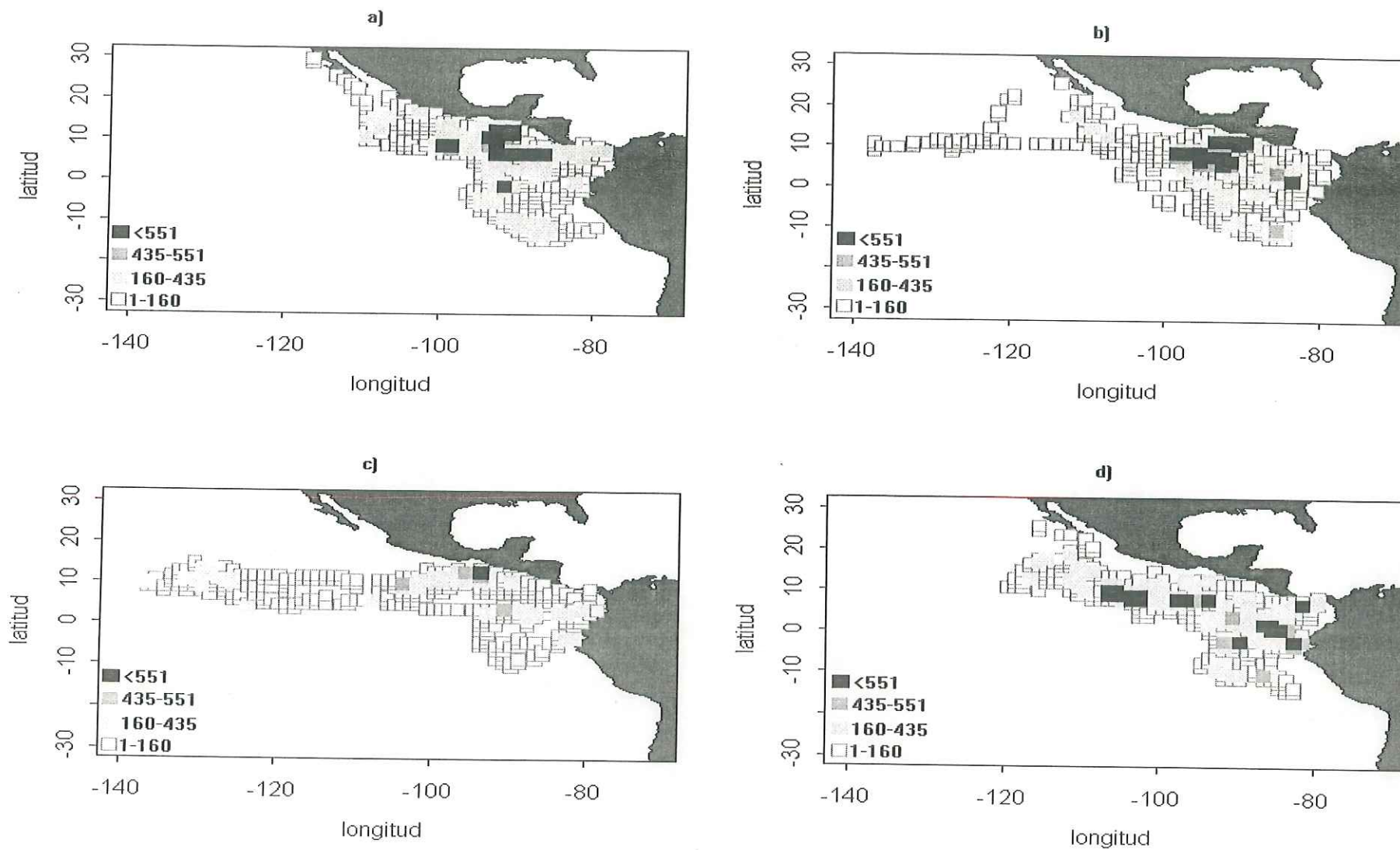


Fig 4.4. Esfuerzo pesquero durante 1986 (millas nevegadas en búsqueda).
a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

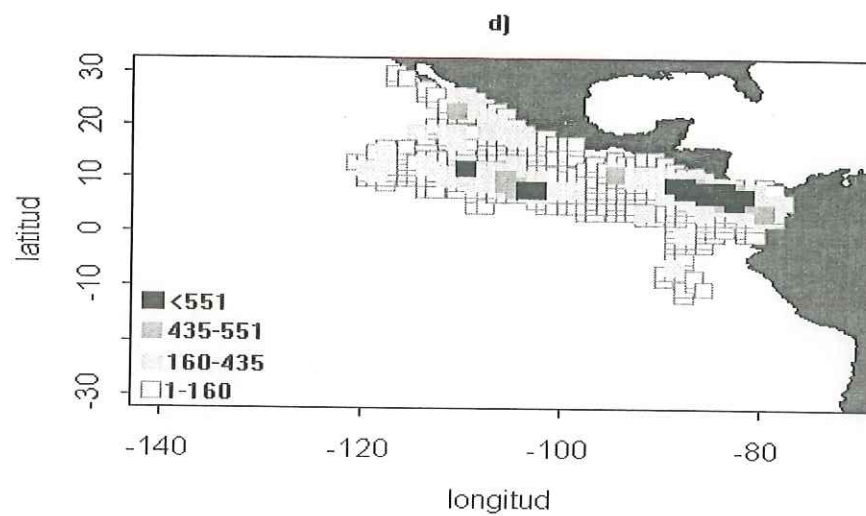
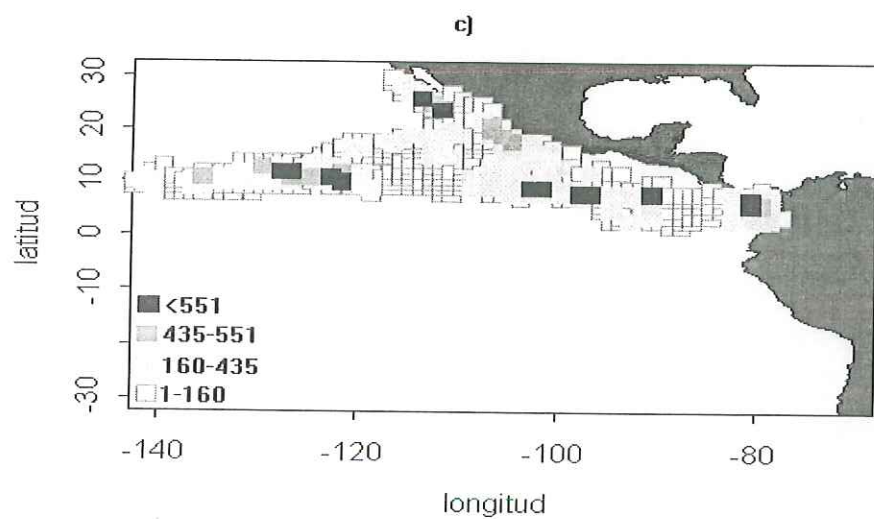
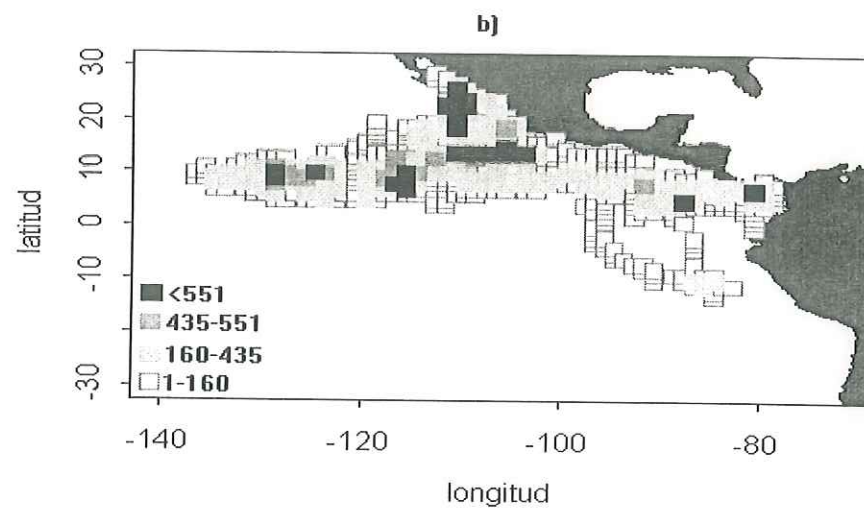
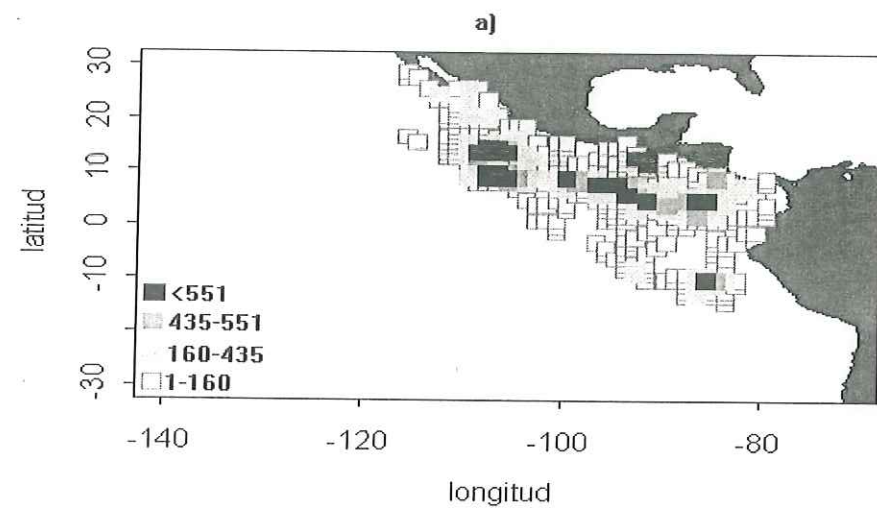


Fig 4.5. Esfuerzo pesquero durante 1987 (millas nevegadas en búsqueda).
a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

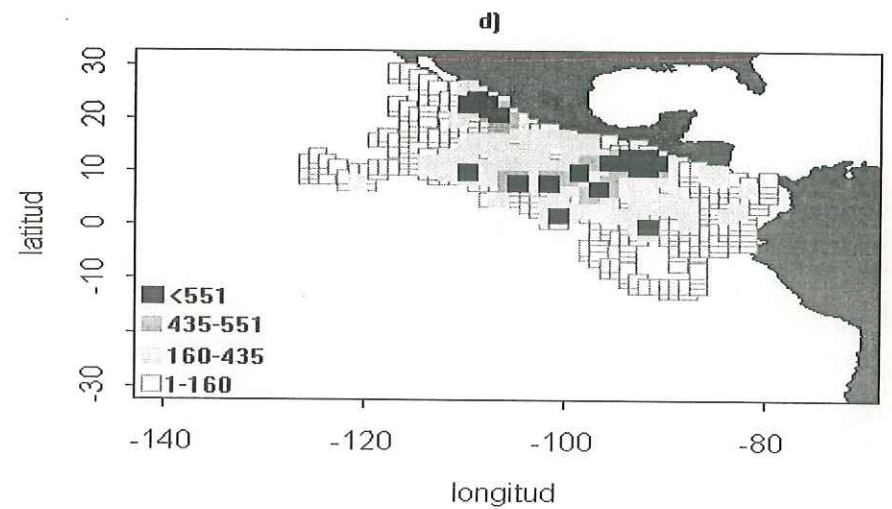
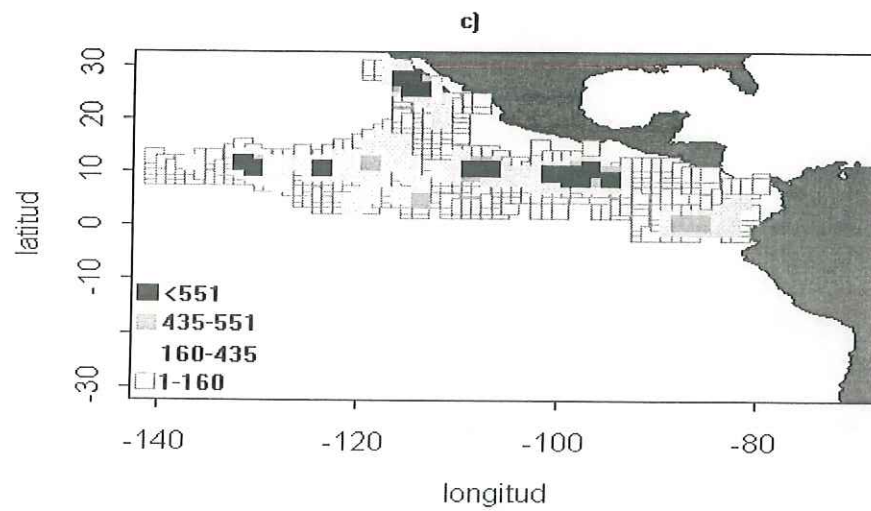
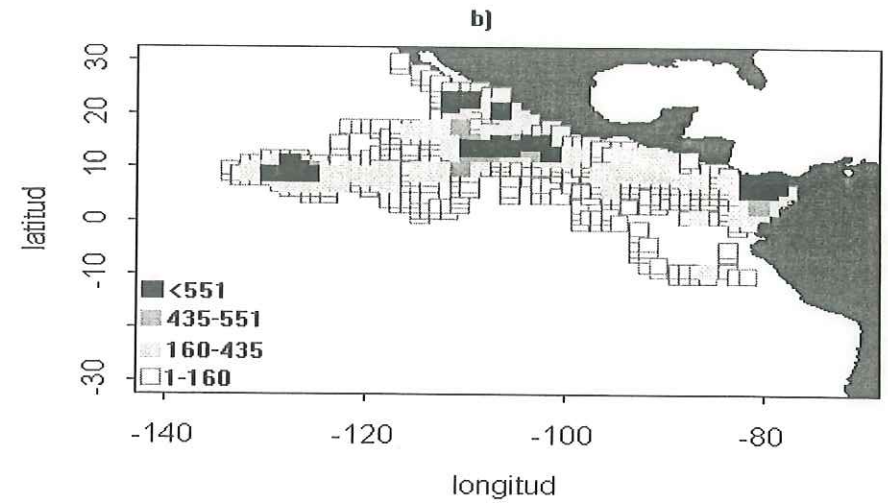
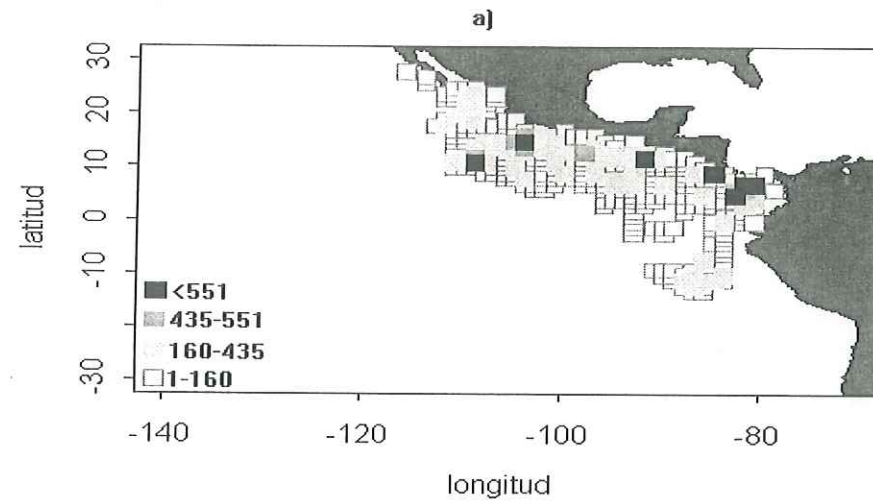


Fig 4.6. Esfuerzo pesquero durante 1988 (millas nevegadas en búsqueda).
a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

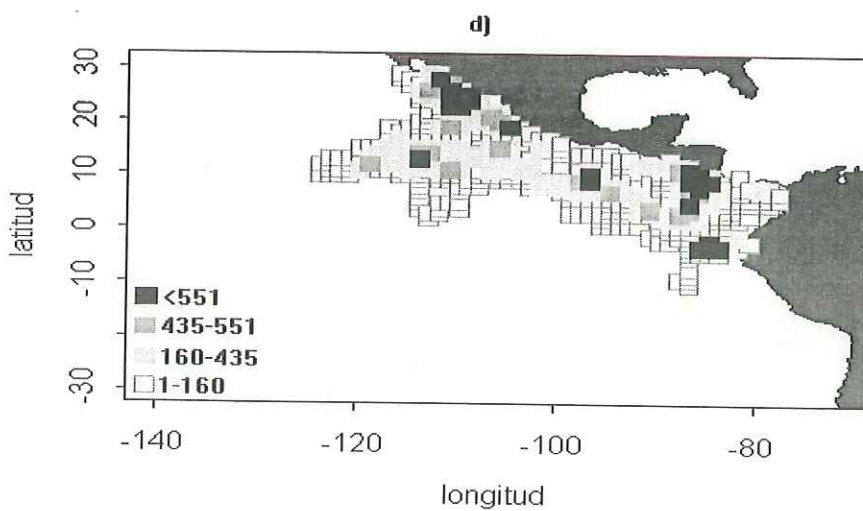
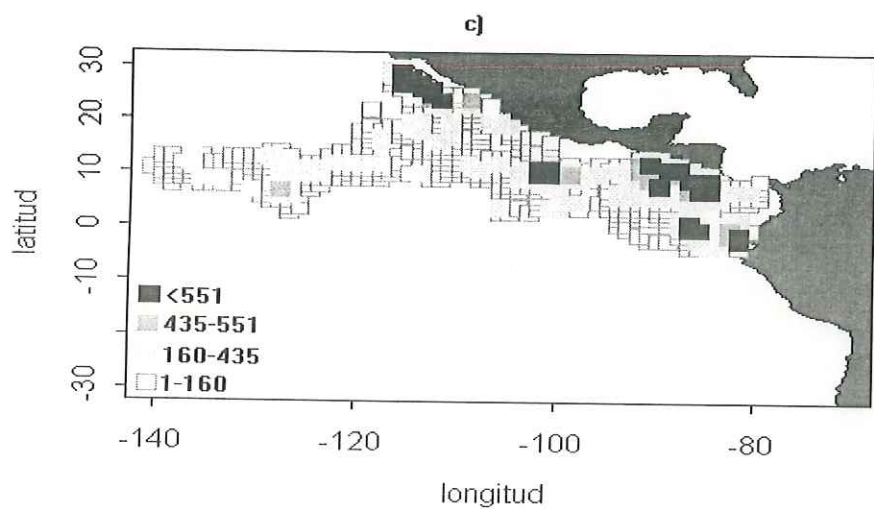
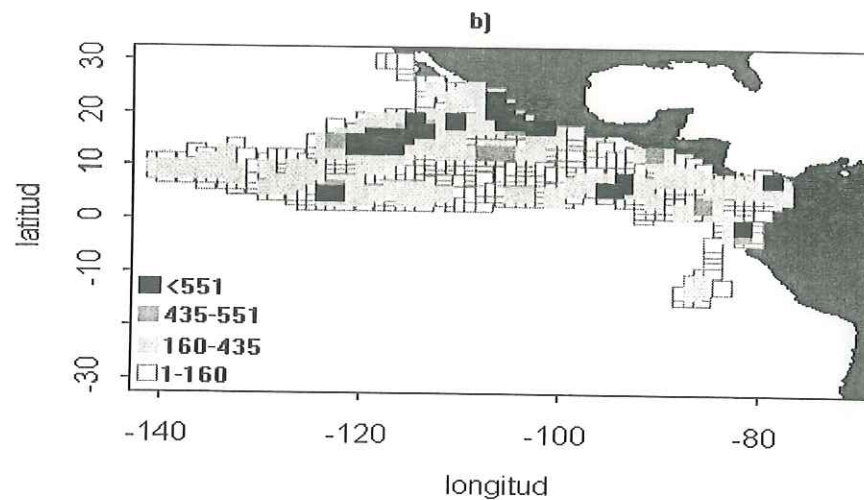
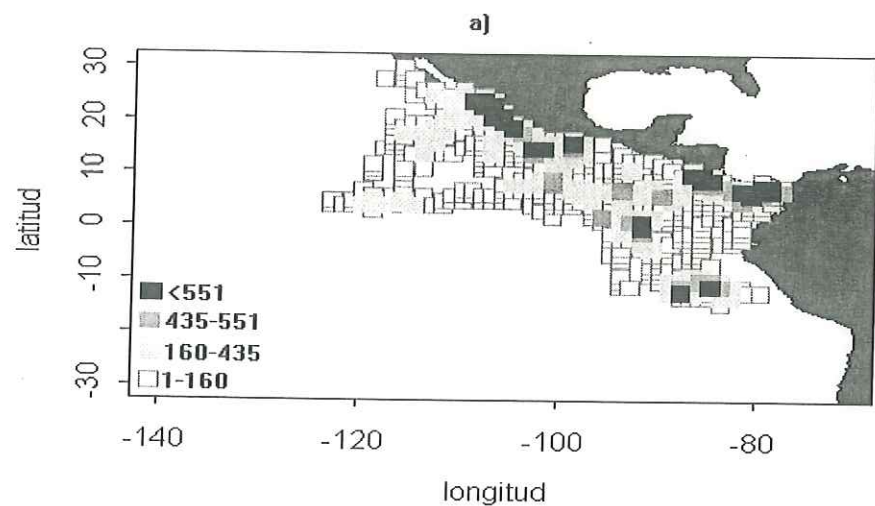


Fig 4.7. Esfuerzo pesquero durante 1989 (millas nevegadas en búsqueda).
a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

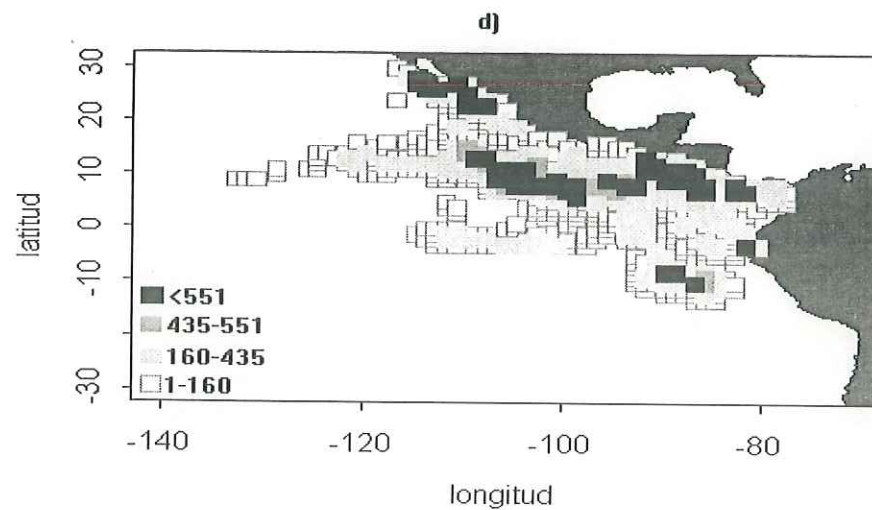
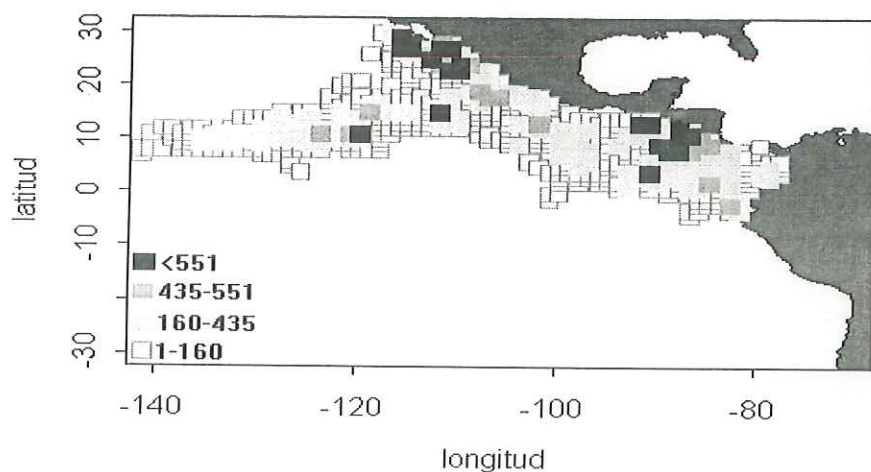
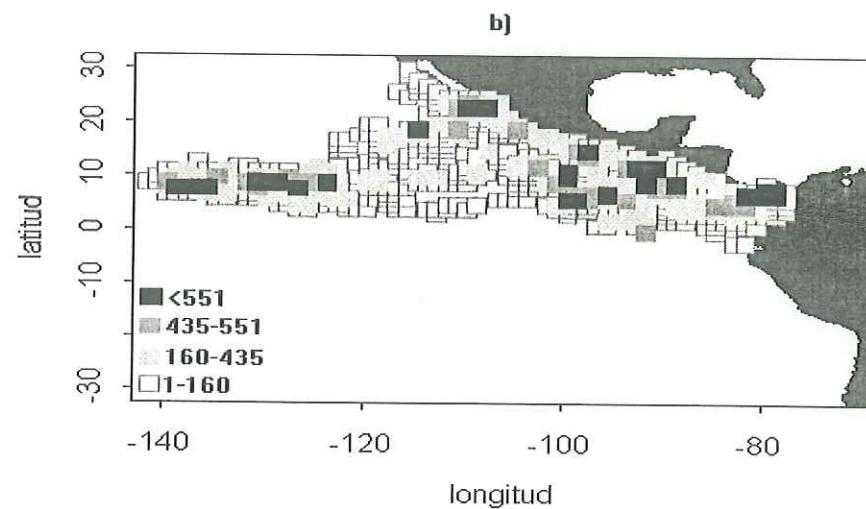
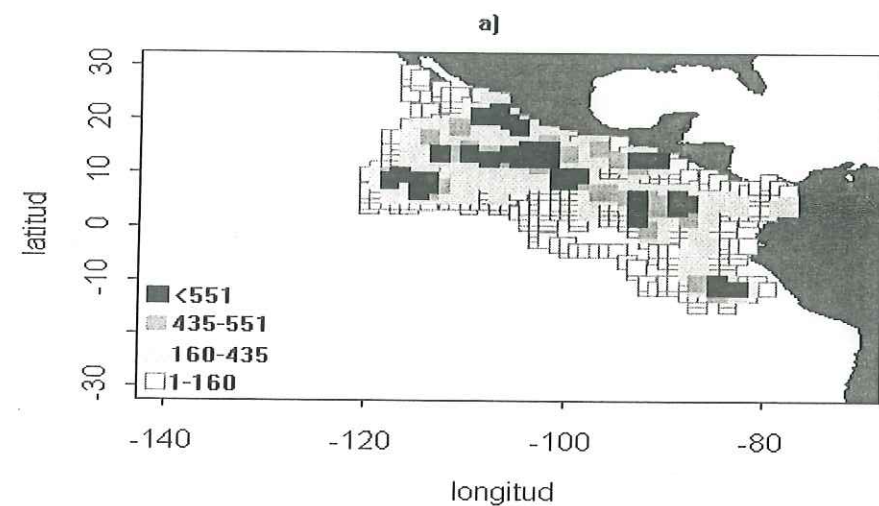


Fig 4.8. Esfuerzo pesquero durante 1990 (millas nevegadas en búsqueda).
a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

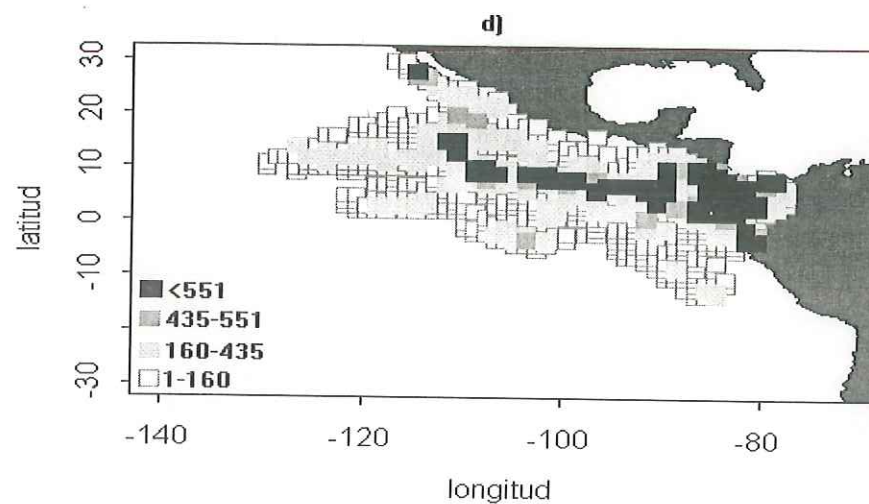
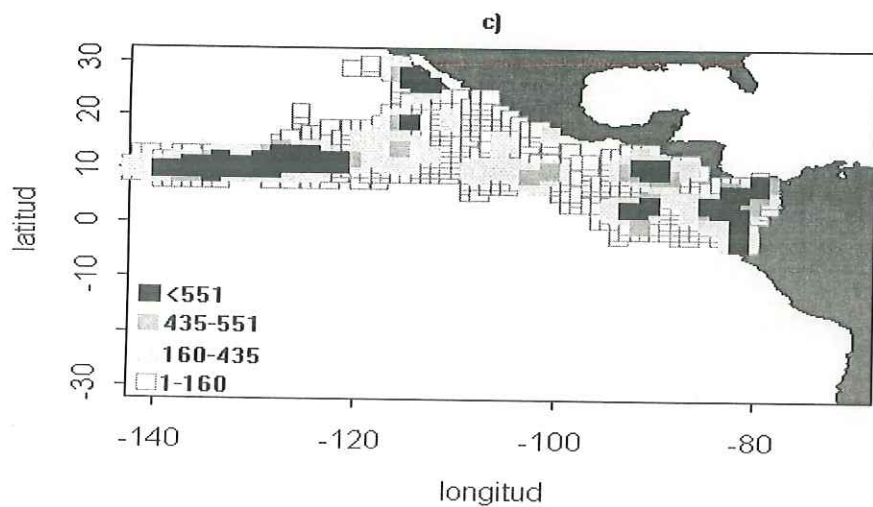
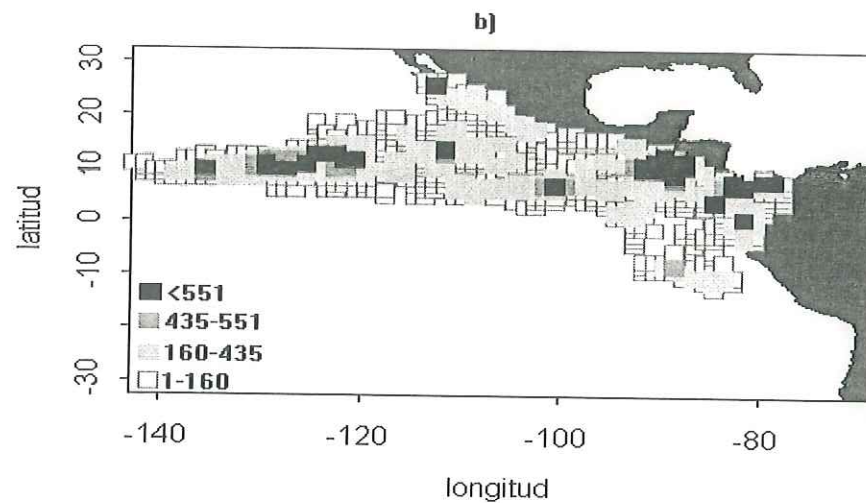
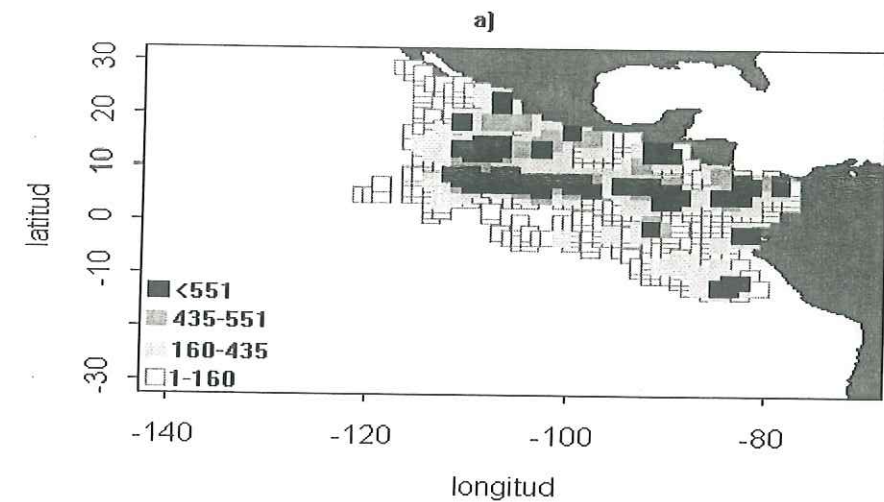


Fig 4.9. Esfuerzo pesquero durante 1991 (millas nevegadas en búsqueda).
a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

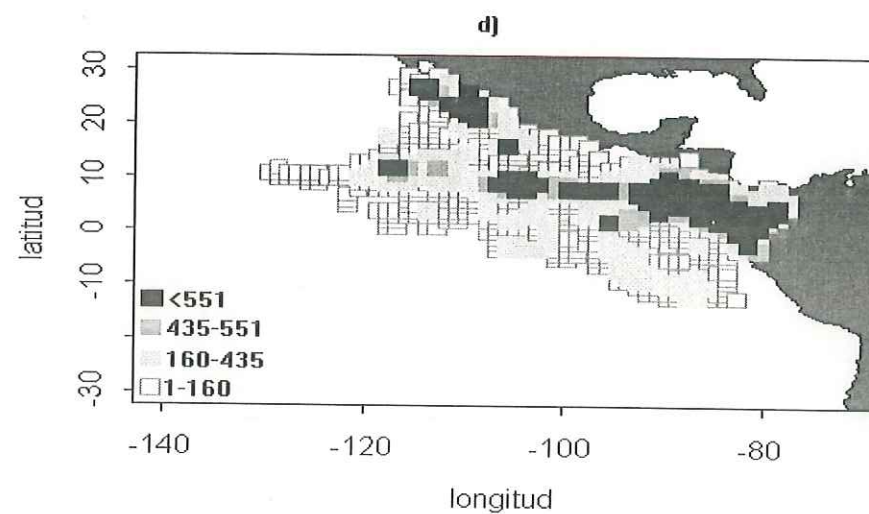
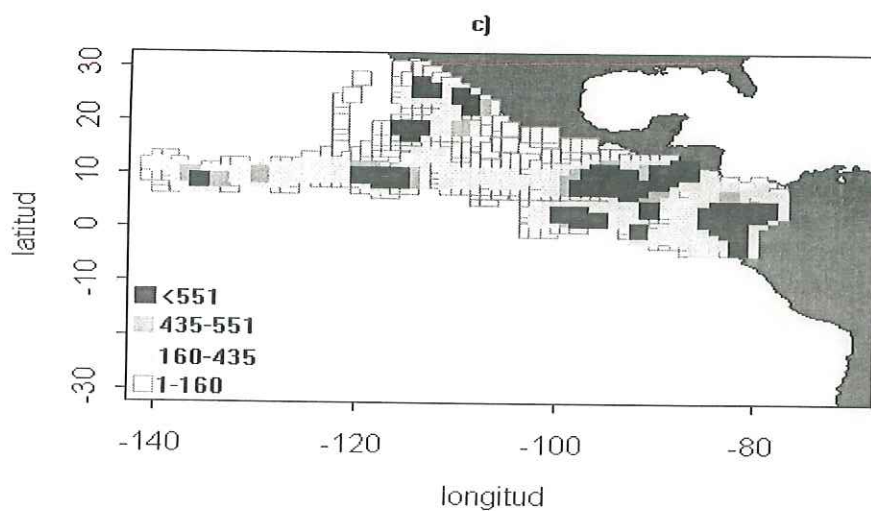
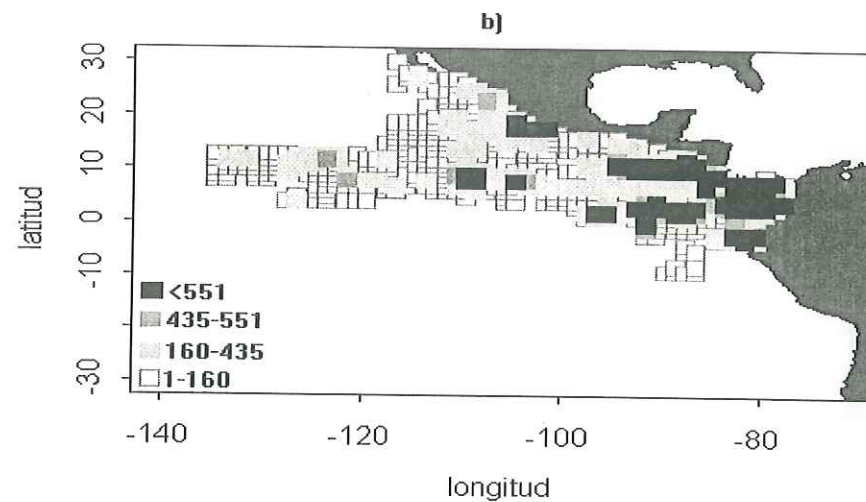
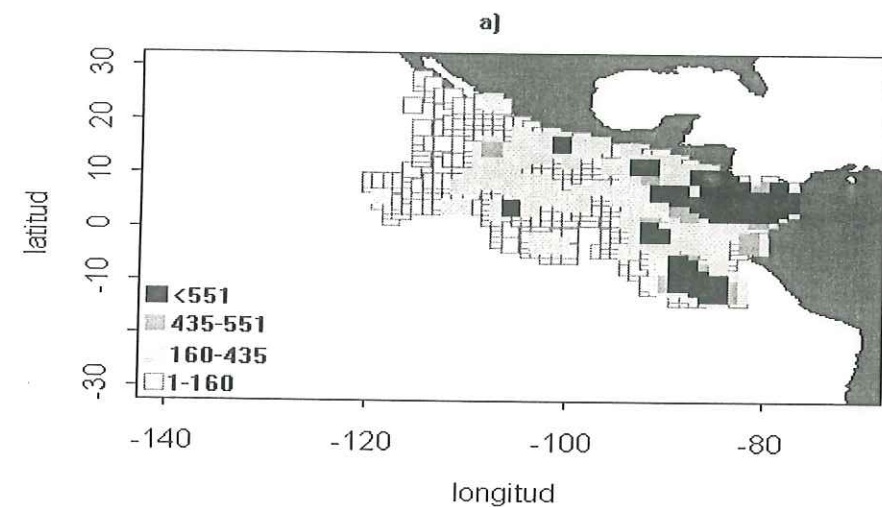


Fig 4.10. Esfuerzo pesquero durante 1992 (millas nevegadas en búsqueda).
a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

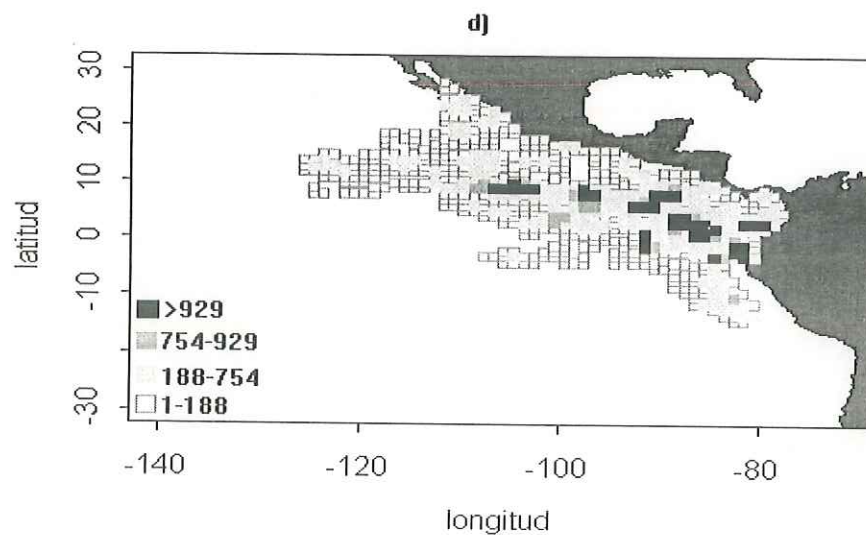
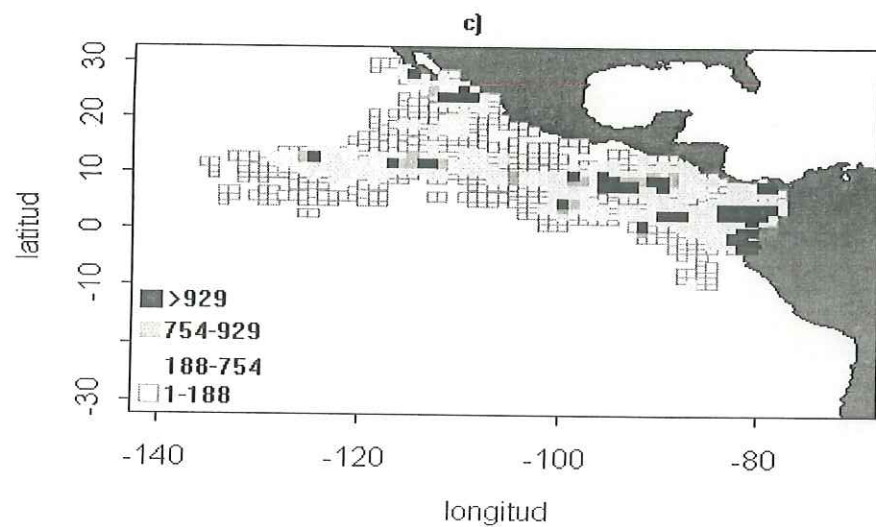
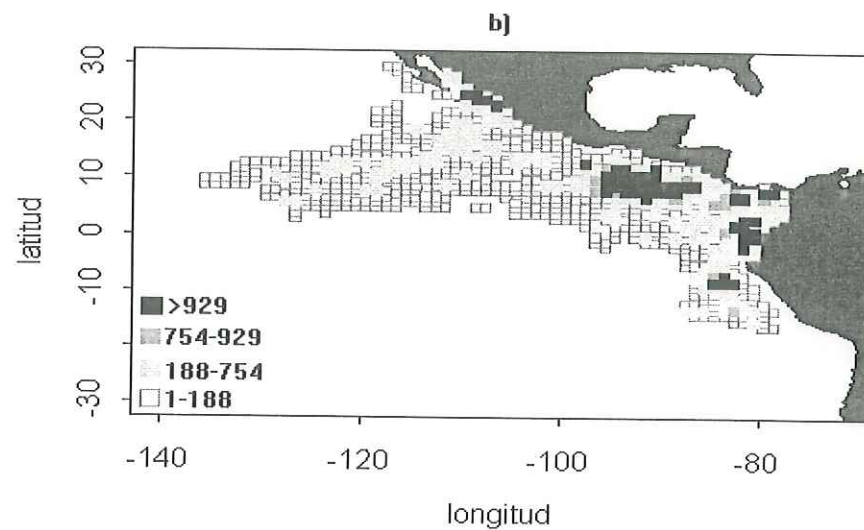
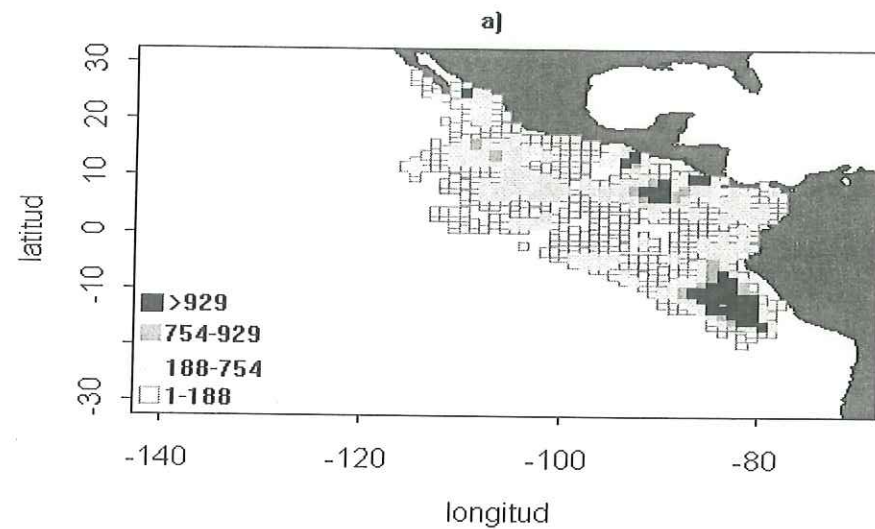


Fig 4.11. Esfuerzo pesquero durante 1993 (millas nevegadas en búsqueda).
a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

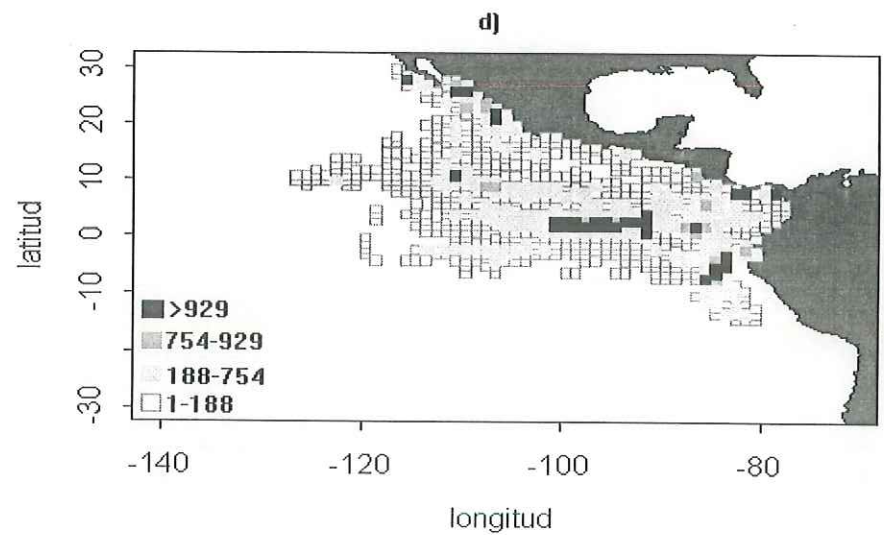
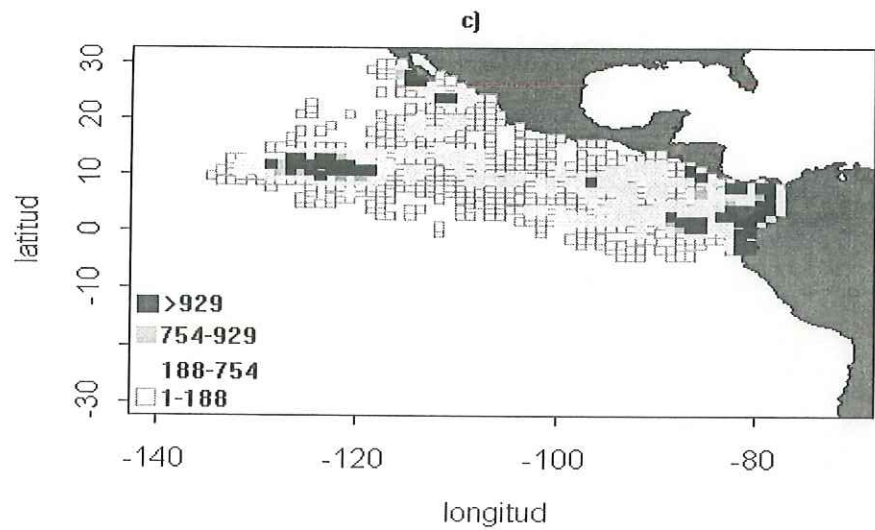
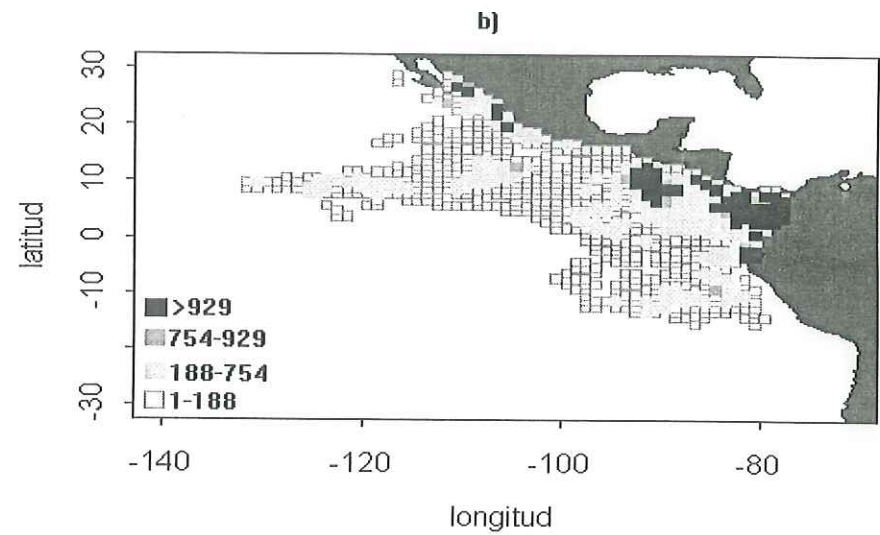
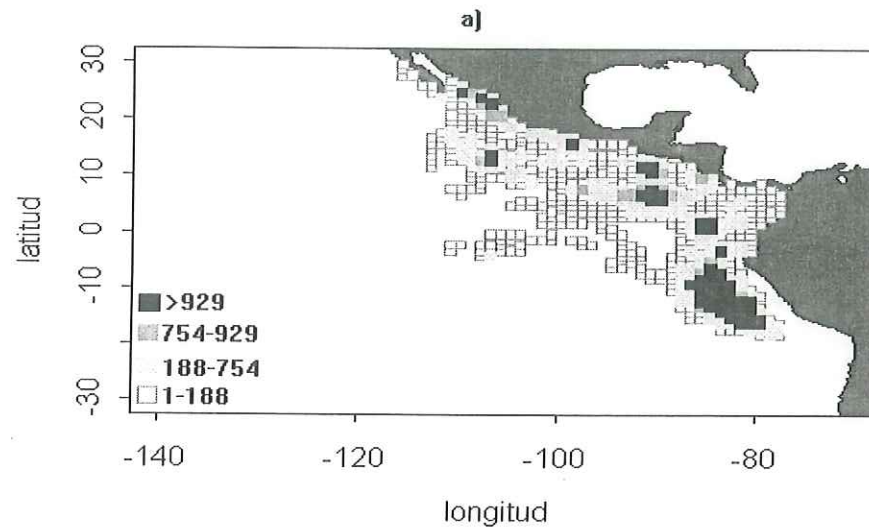


Fig 4.12. Esfuerzo pesquero durante 1994 (millas nevegadas en búsqueda).
a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

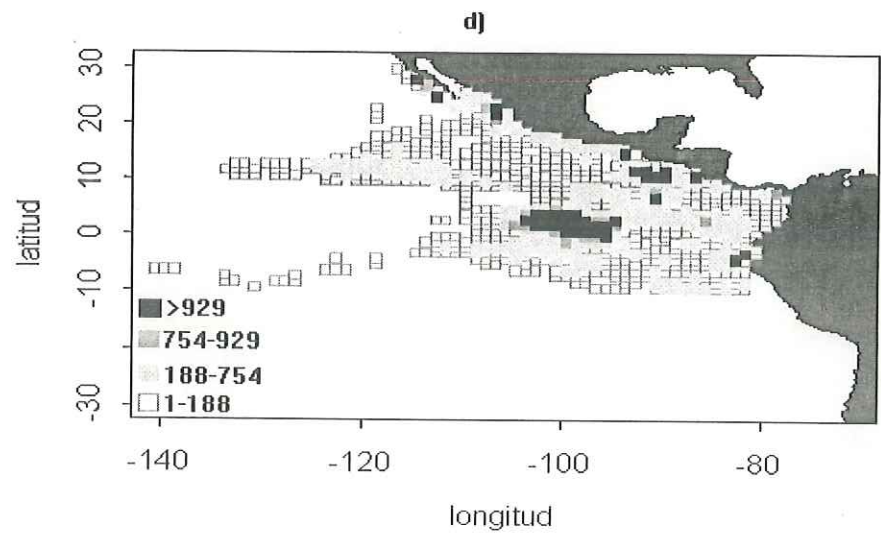
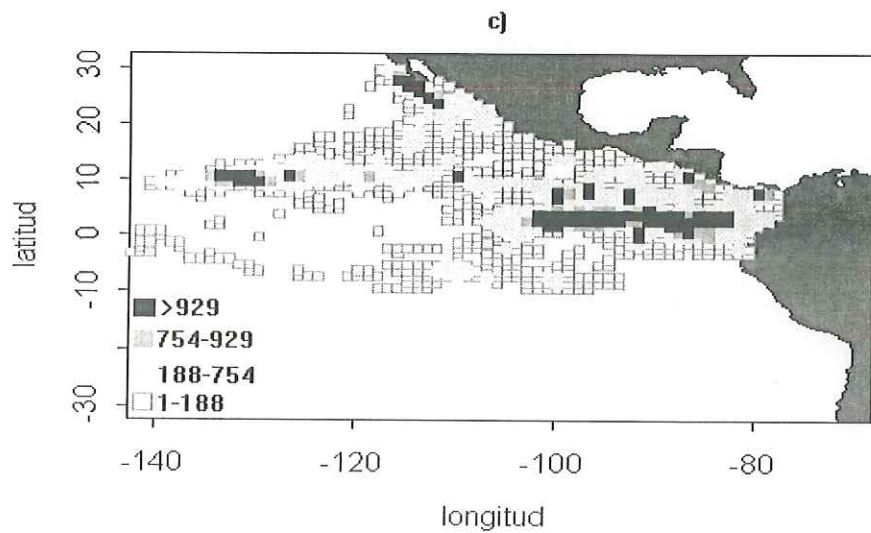
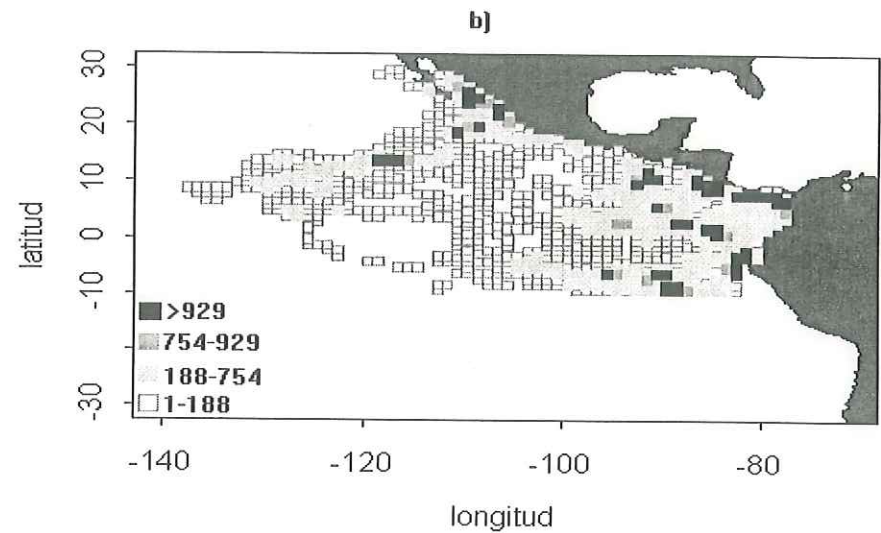
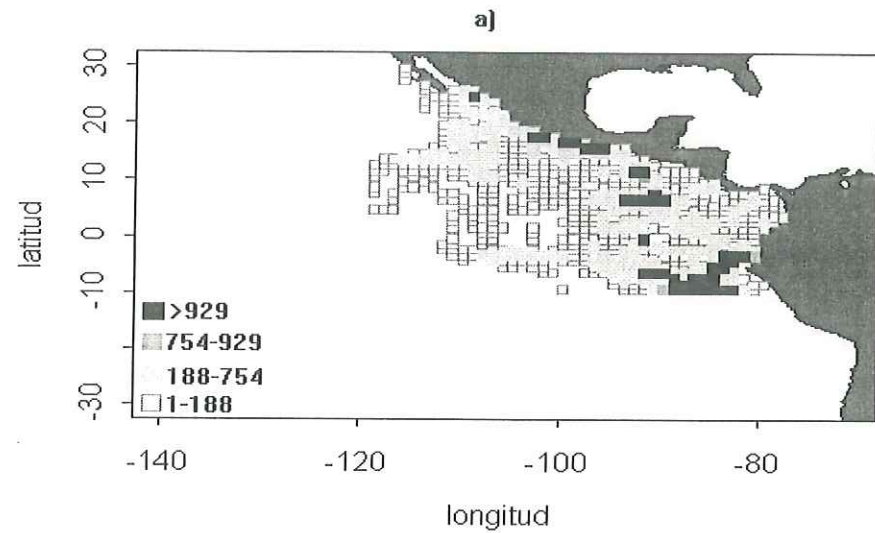


Fig 5.1. Tasas de encuentro durante 1983. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre.

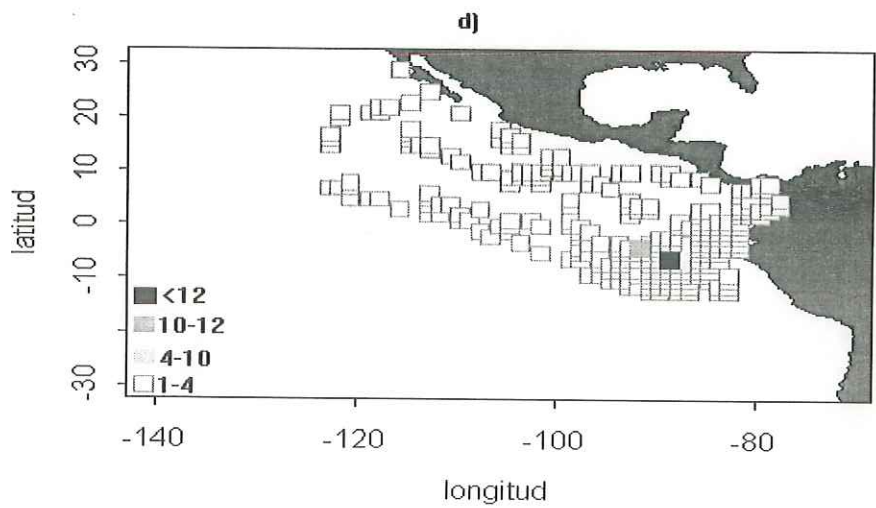
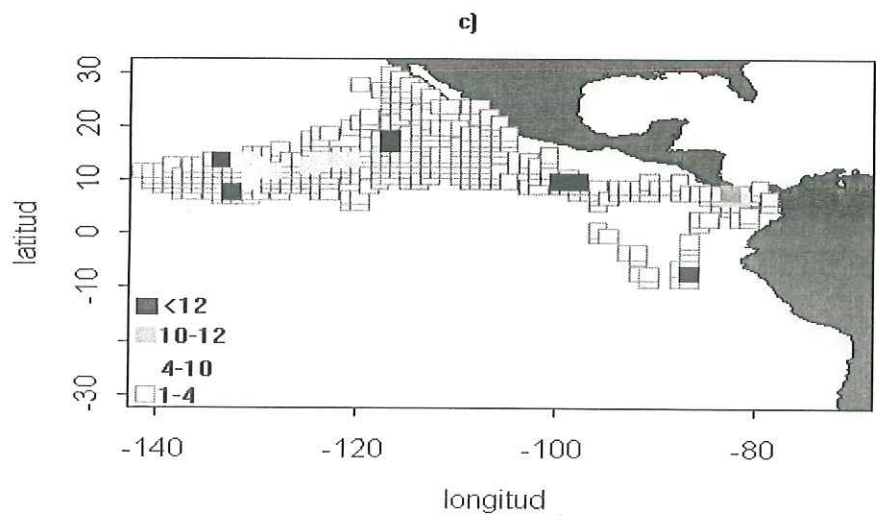
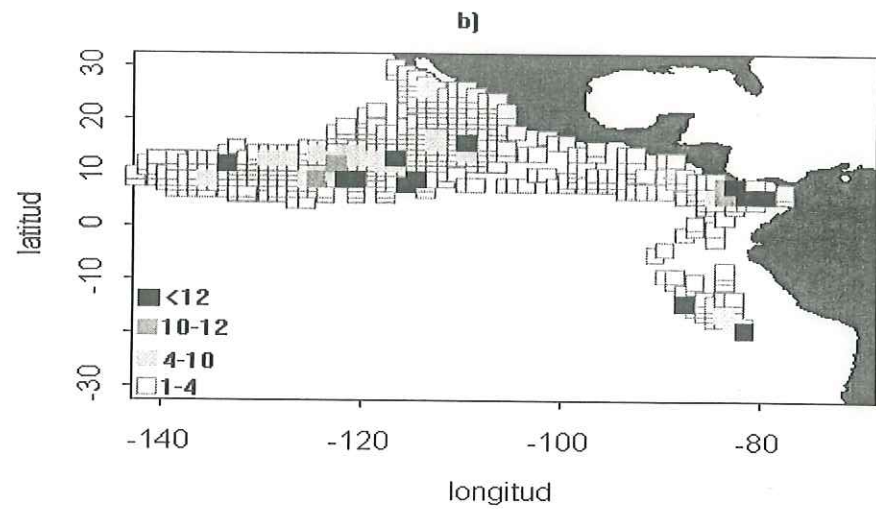
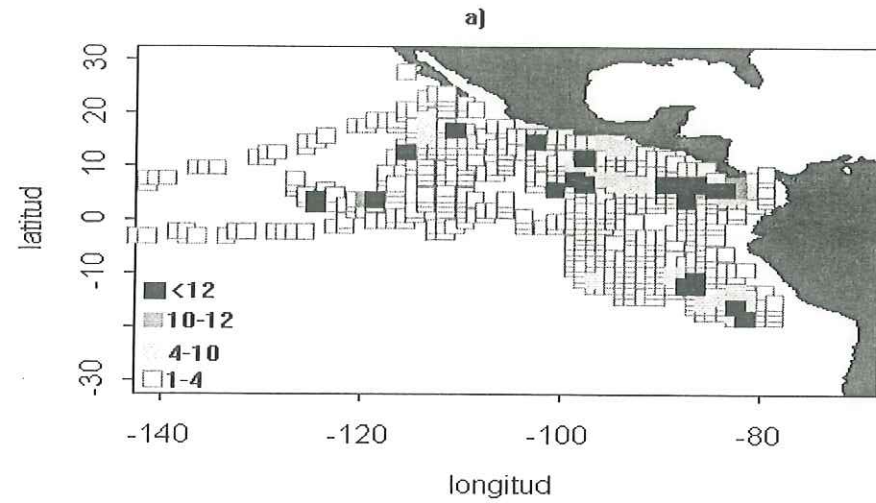


Fig 5.2. Tasas de encuentro durante 1984. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre.

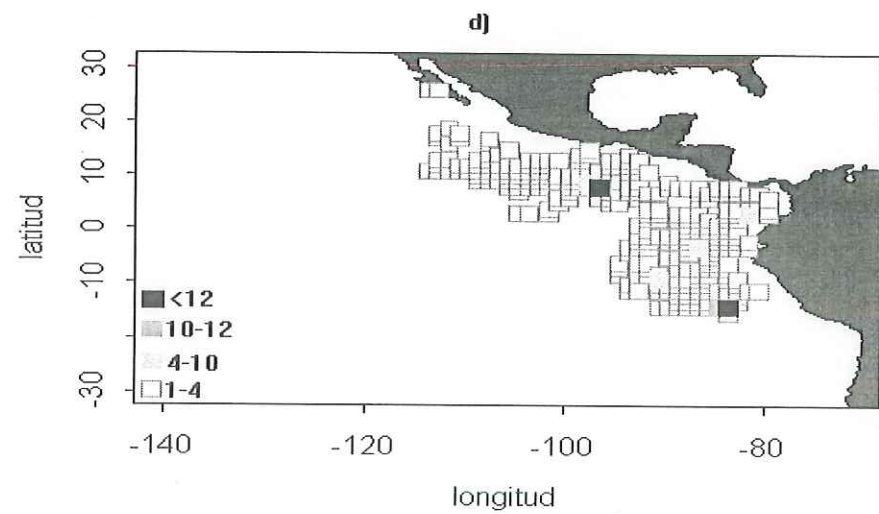
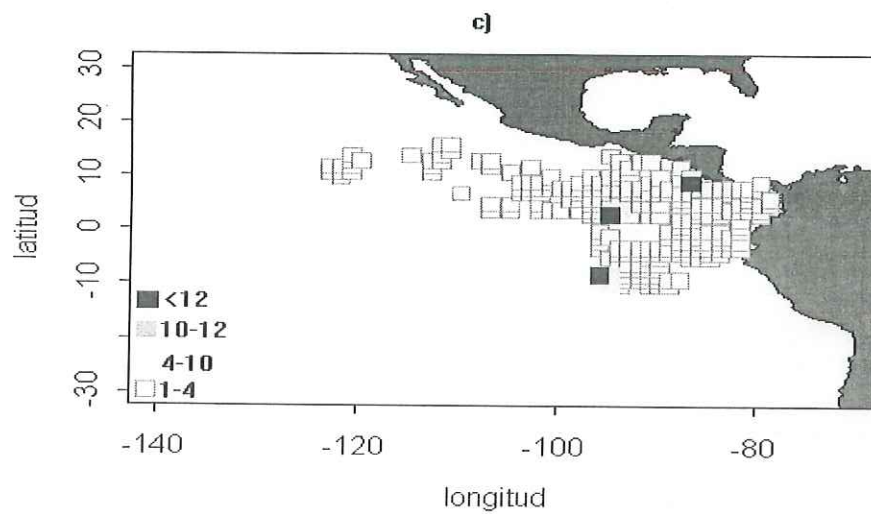
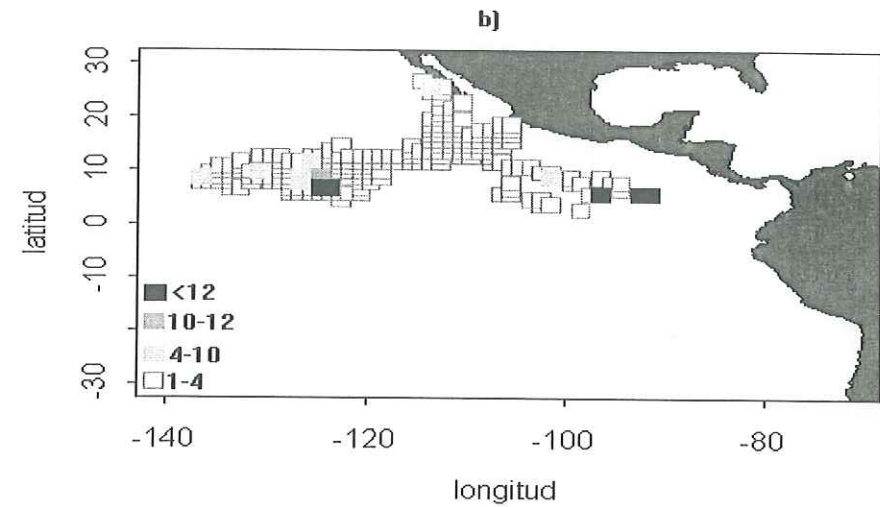
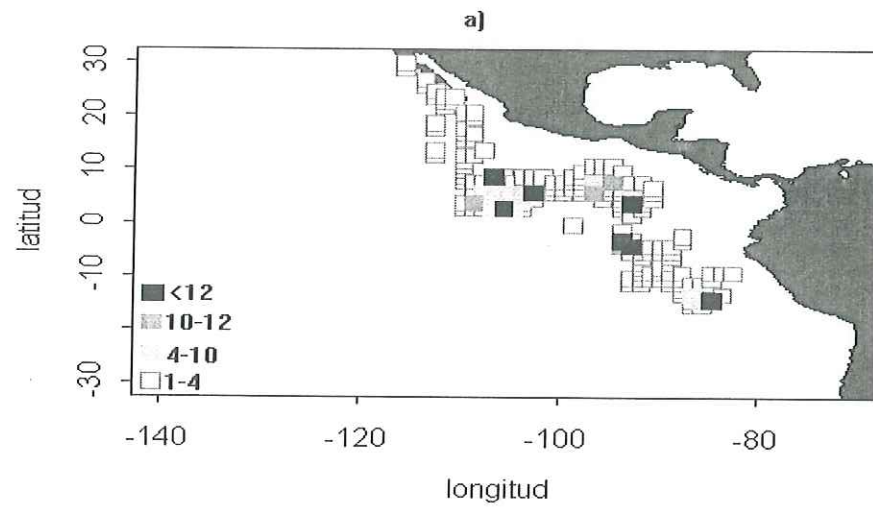


Fig 5.3. Tasas de encuentro durante 1985. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre.

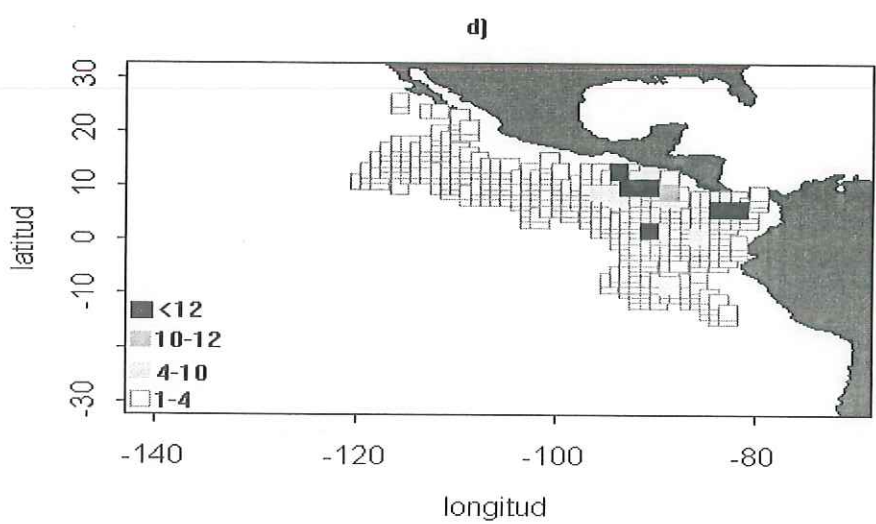
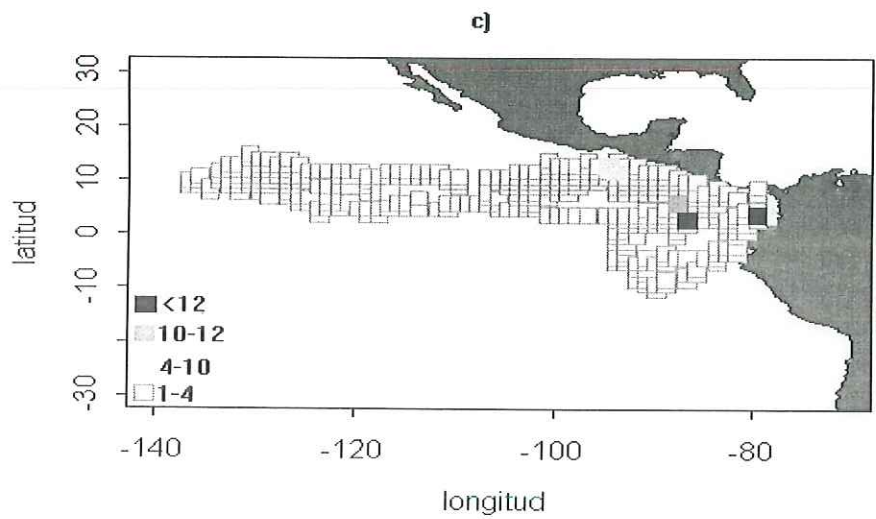
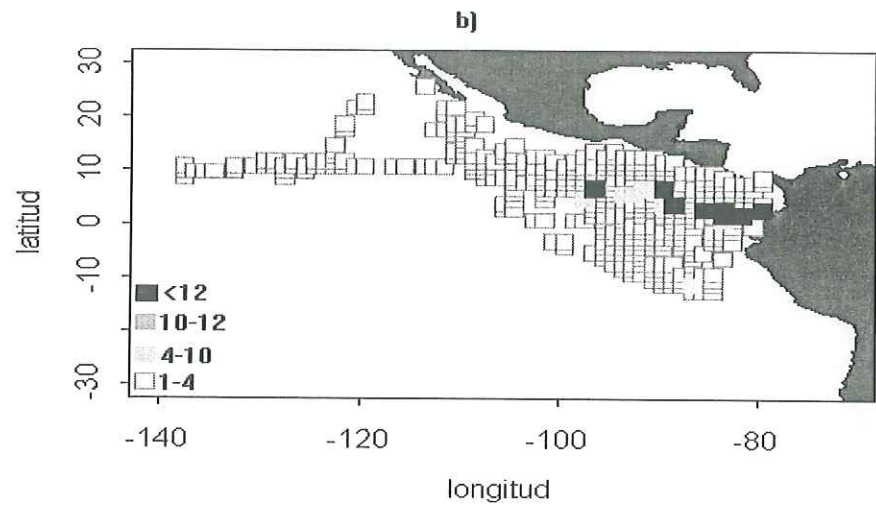
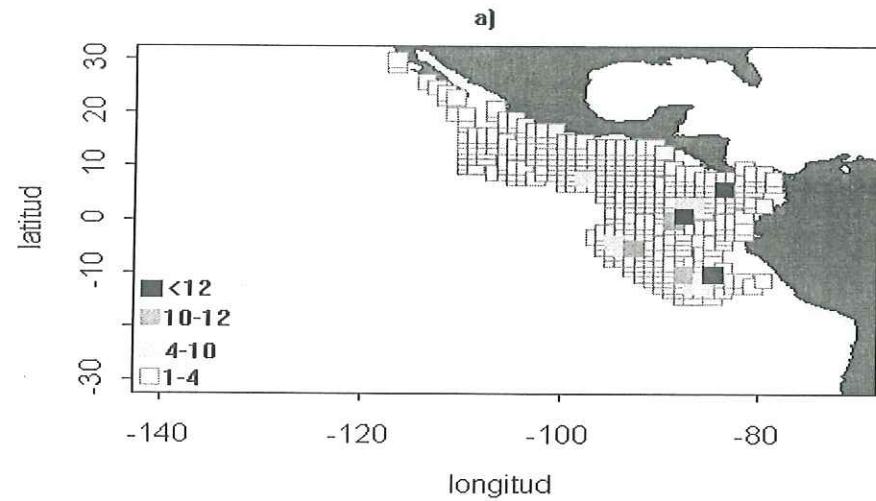


Fig 5.4. Tasas de encuentro durante 1986. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre.

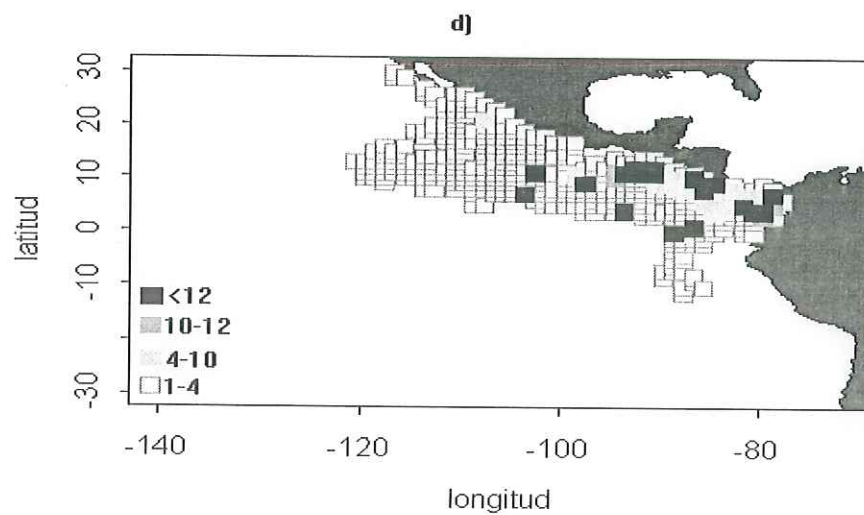
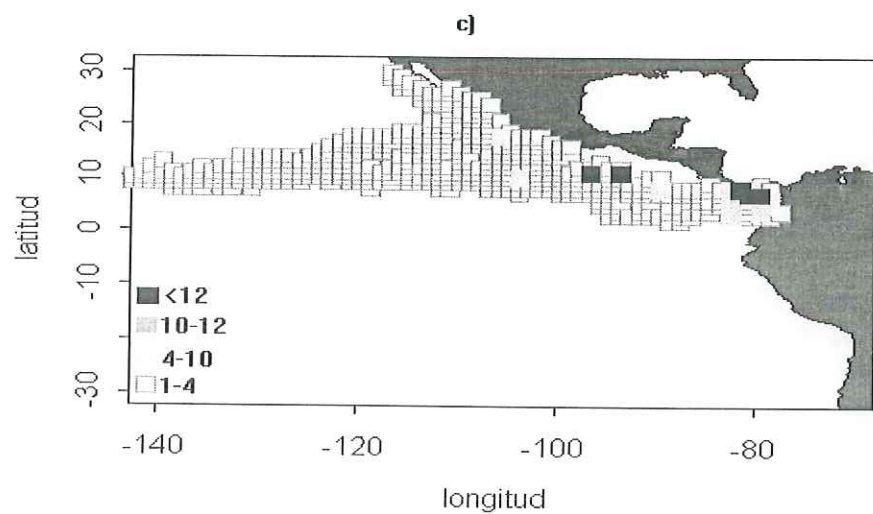
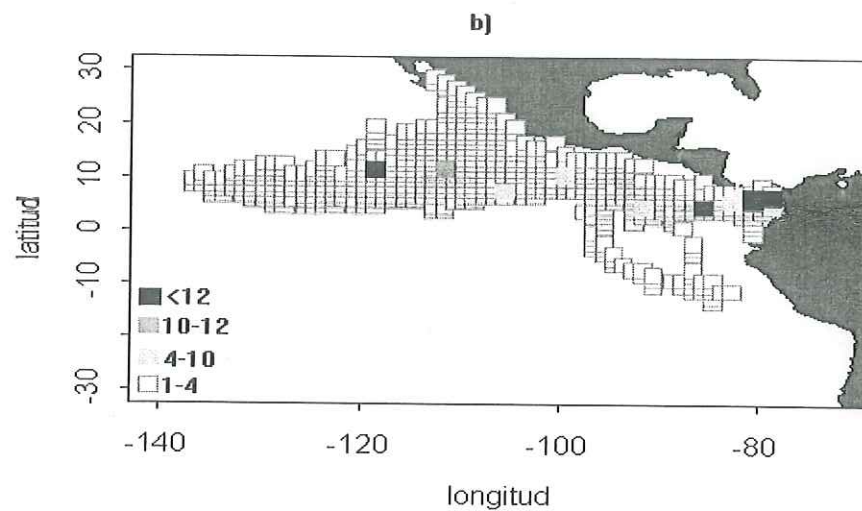
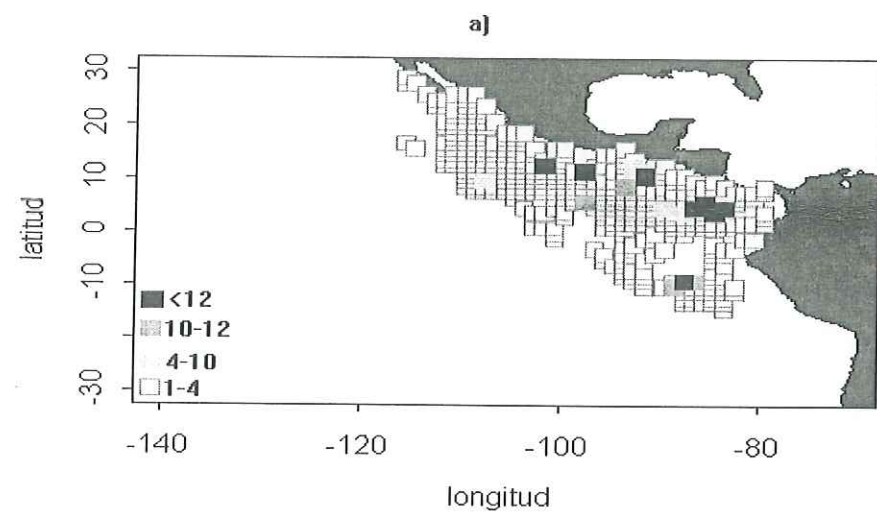


Fig 5.5. Tasas de encuentro durante 1987. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre.

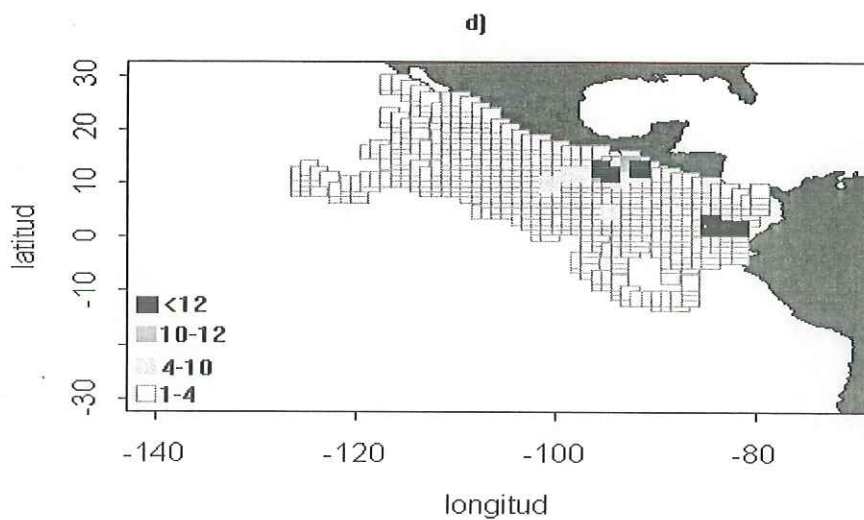
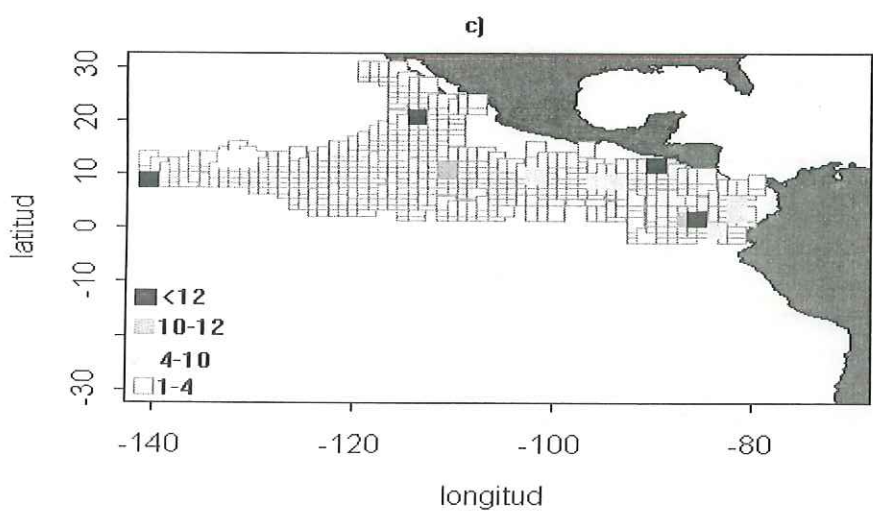
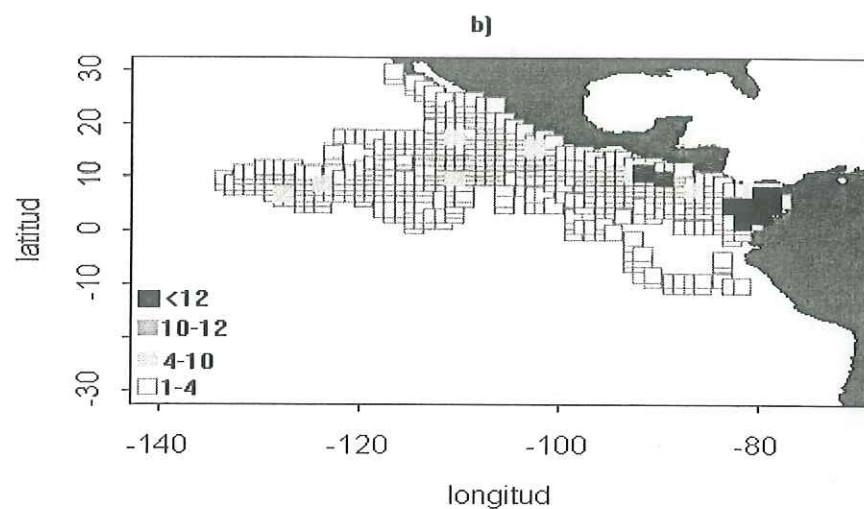
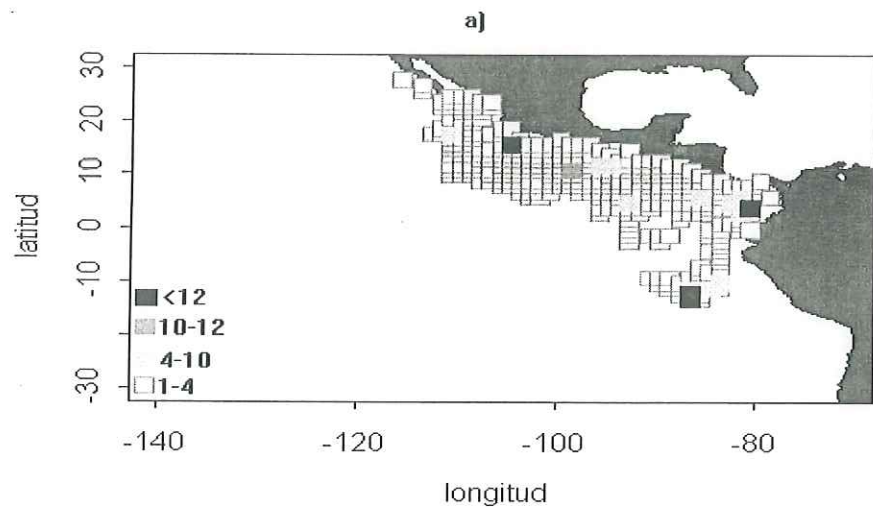


Fig 5.6. Tasas de encuentro durante 1988. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre.

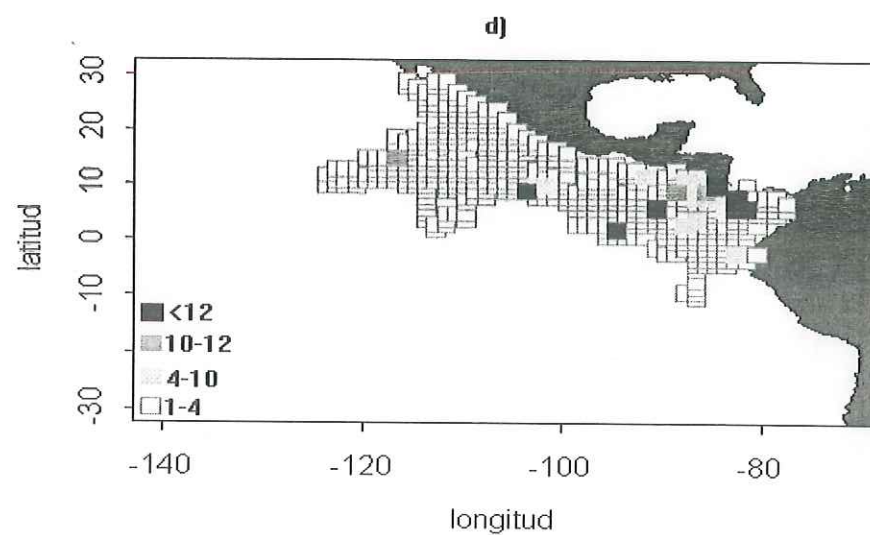
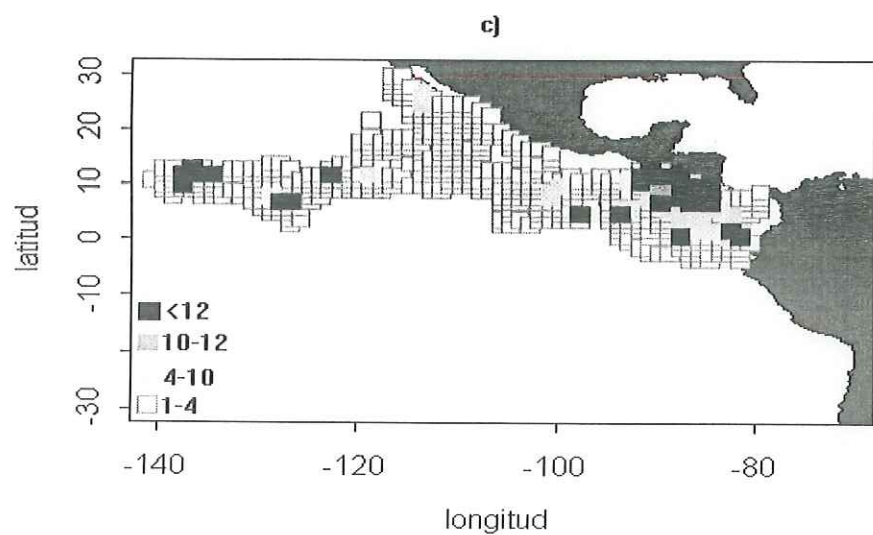
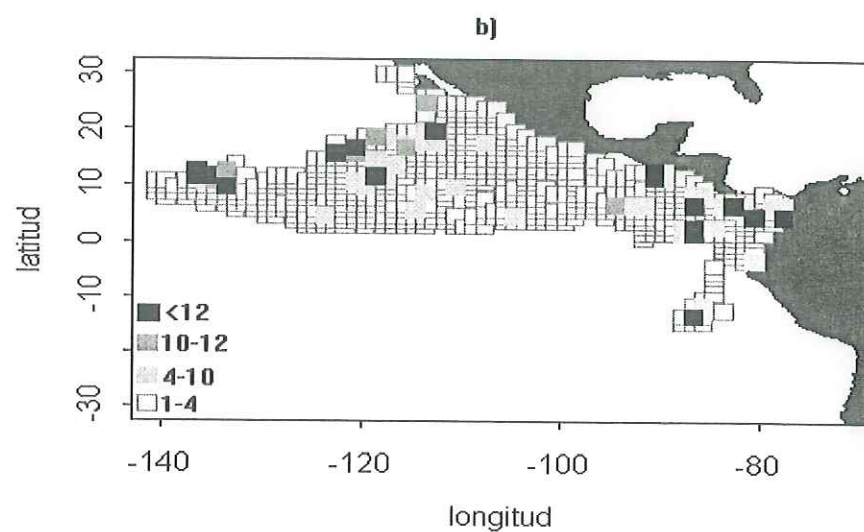
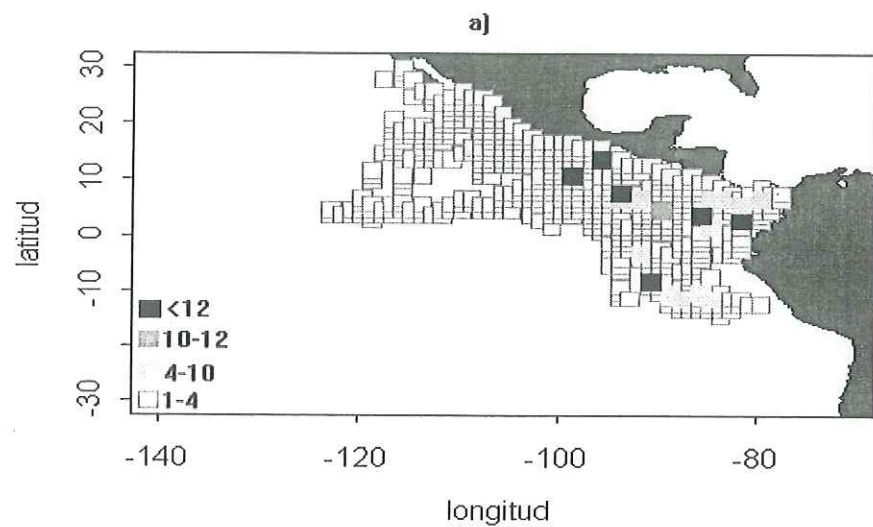


Fig 5.7. Tasas de encuentro durante 1989. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre.

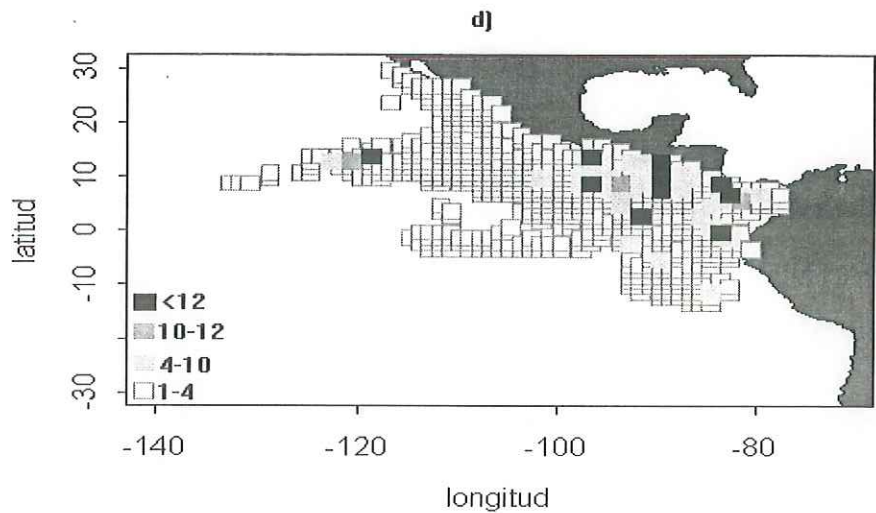
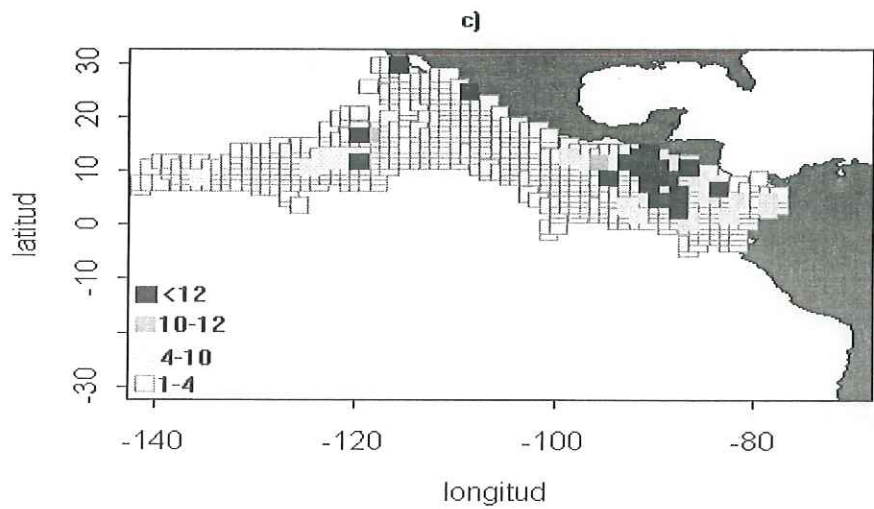
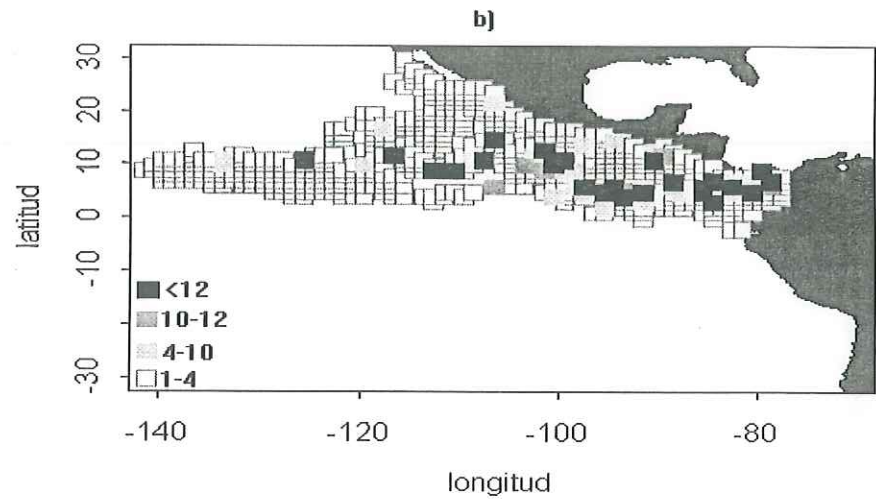
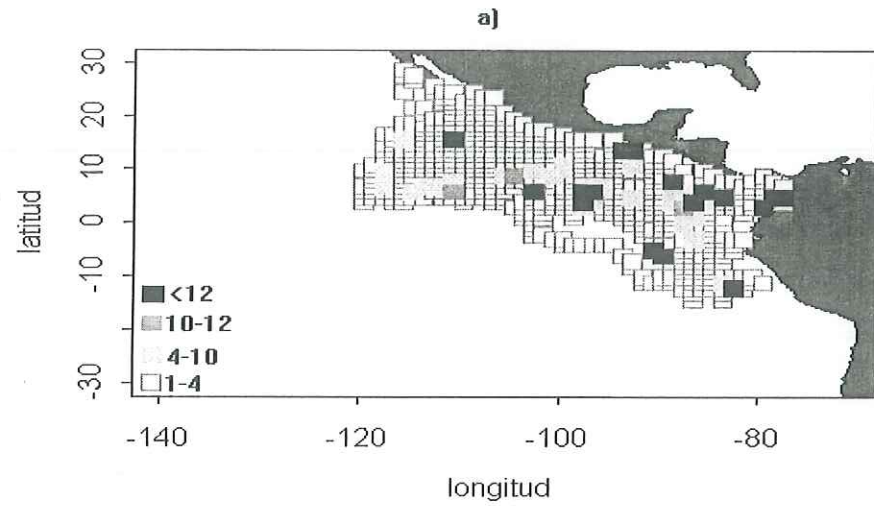


Fig 5.8. Tasas de encuentro durante 1990. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre.

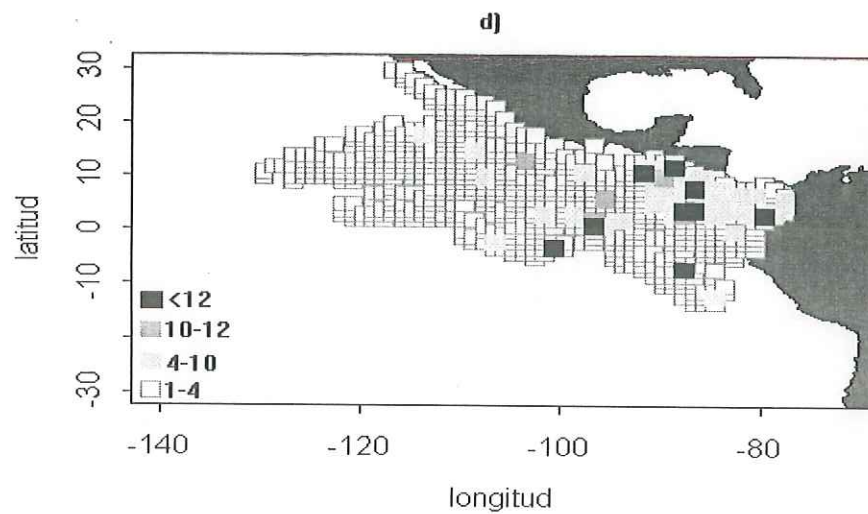
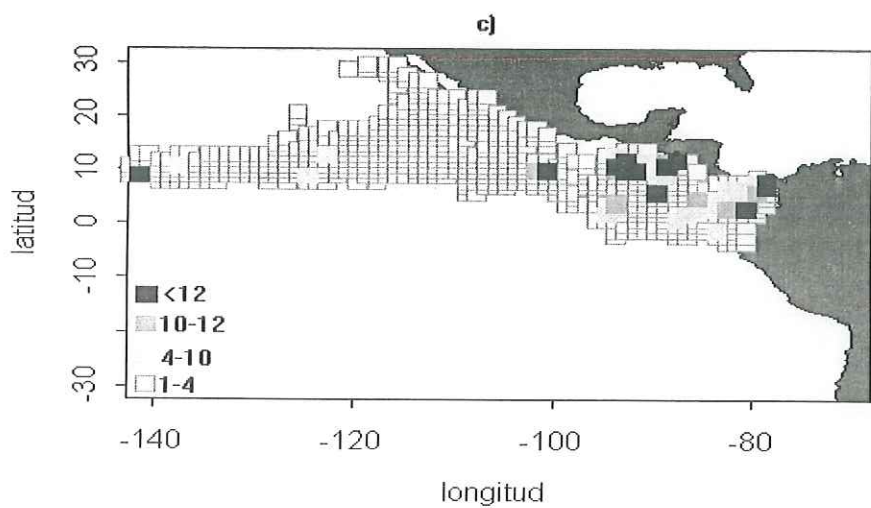
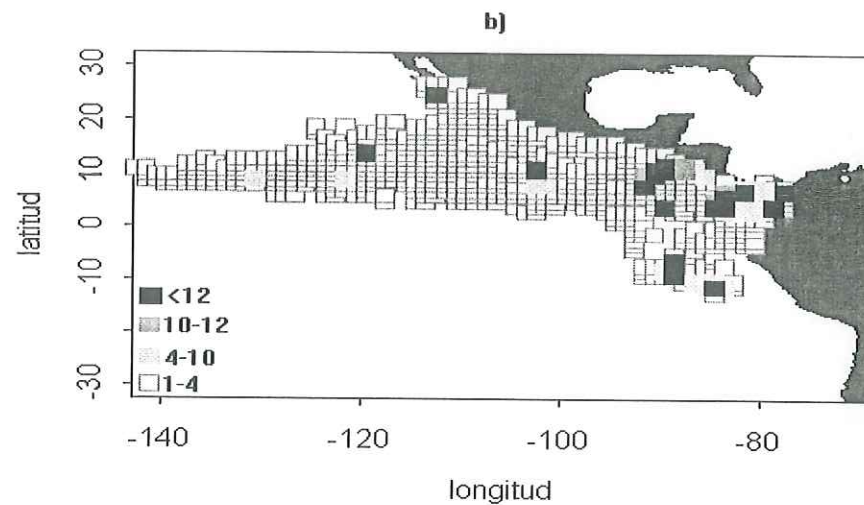
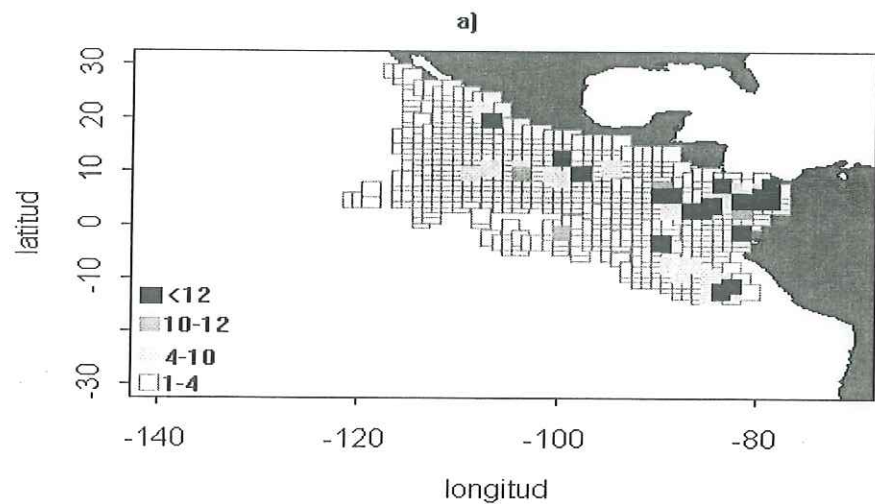


Fig 5.9. Tasas de encuentro durante 1991. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre.

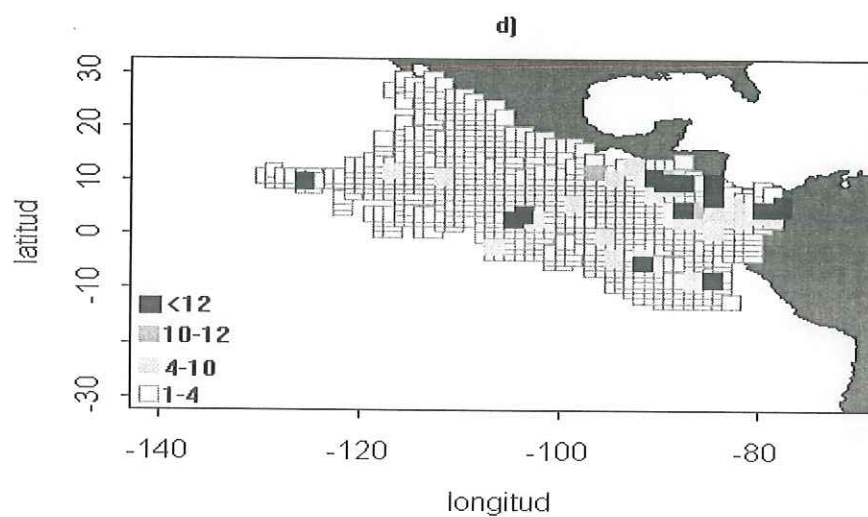
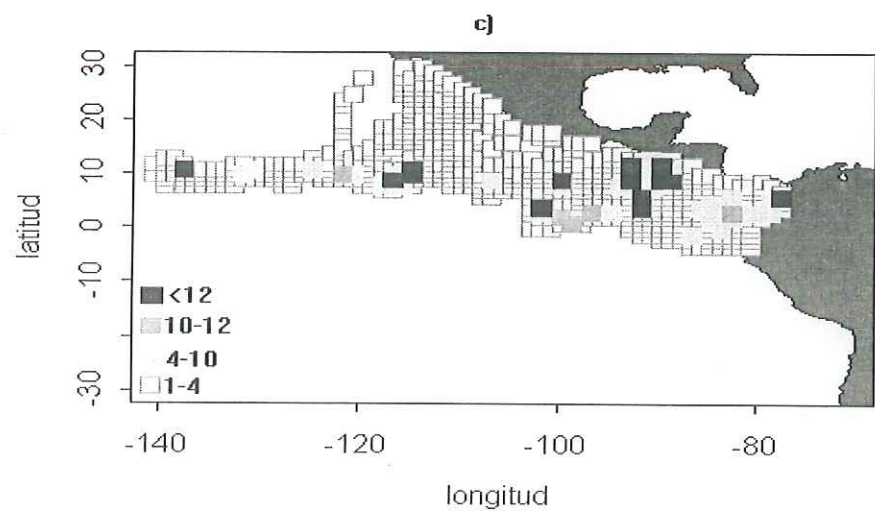
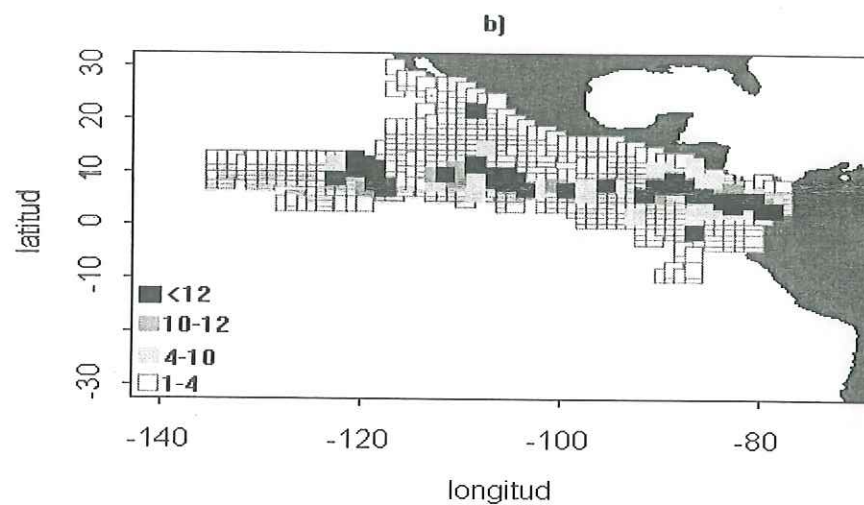
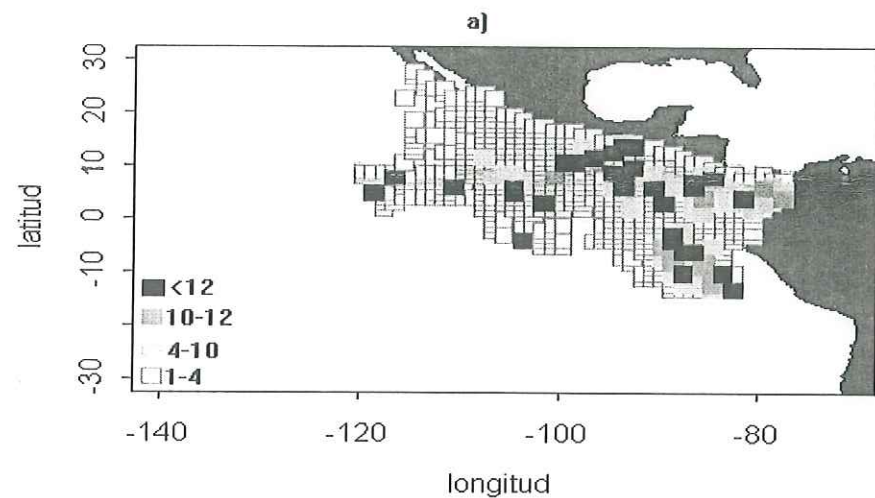


Fig 5.10. Tasas de encuentro durante 1992. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre.

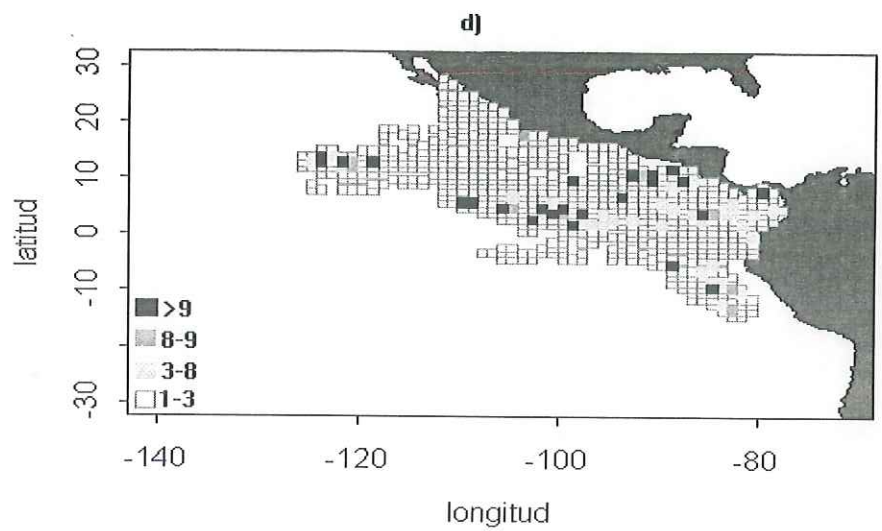
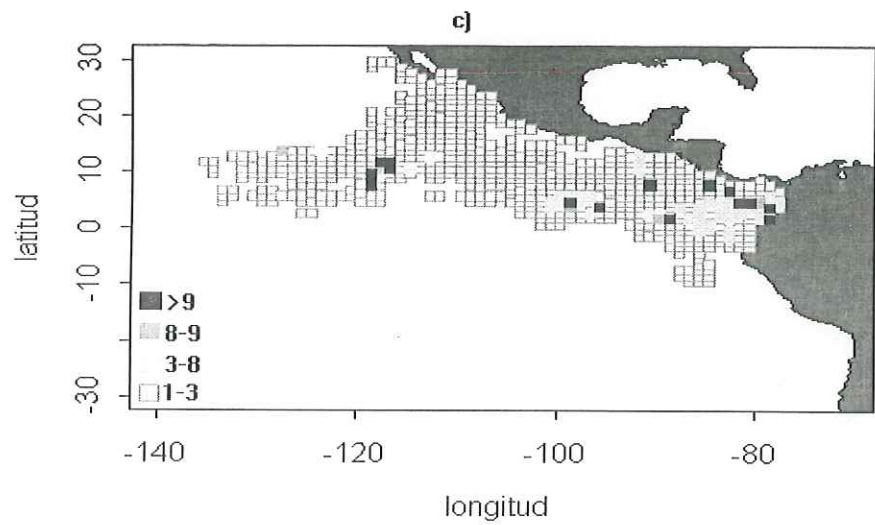
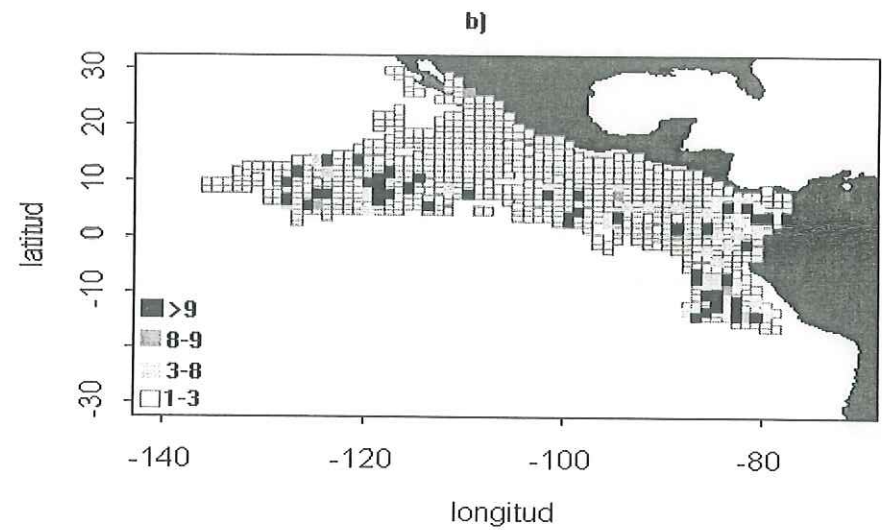
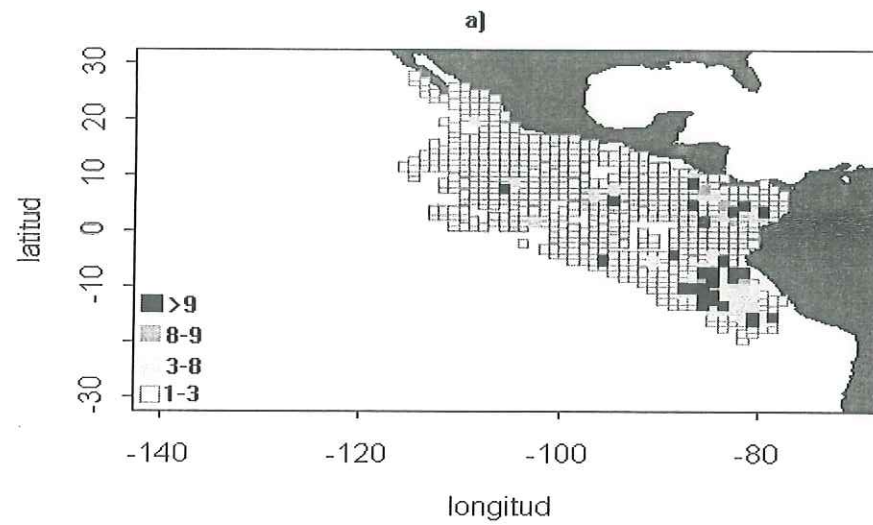


Fig 5.11. Tasas de encuentro durante 1993. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre.

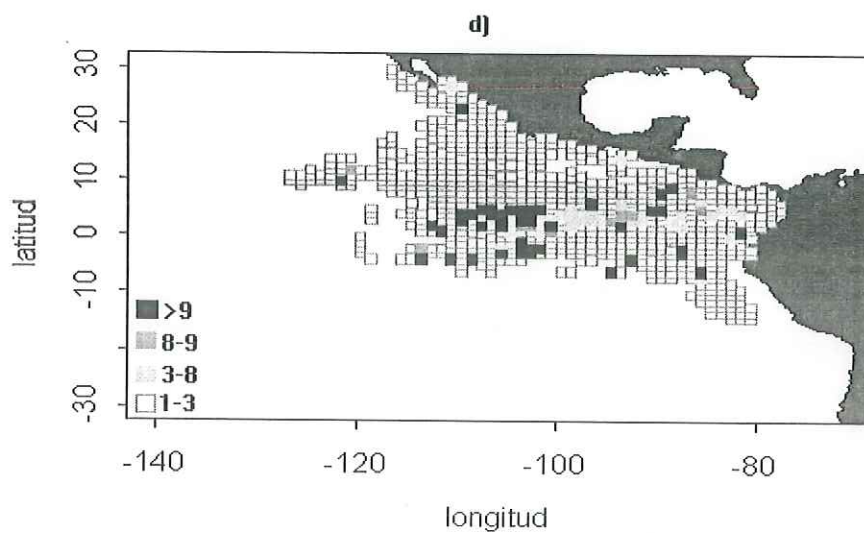
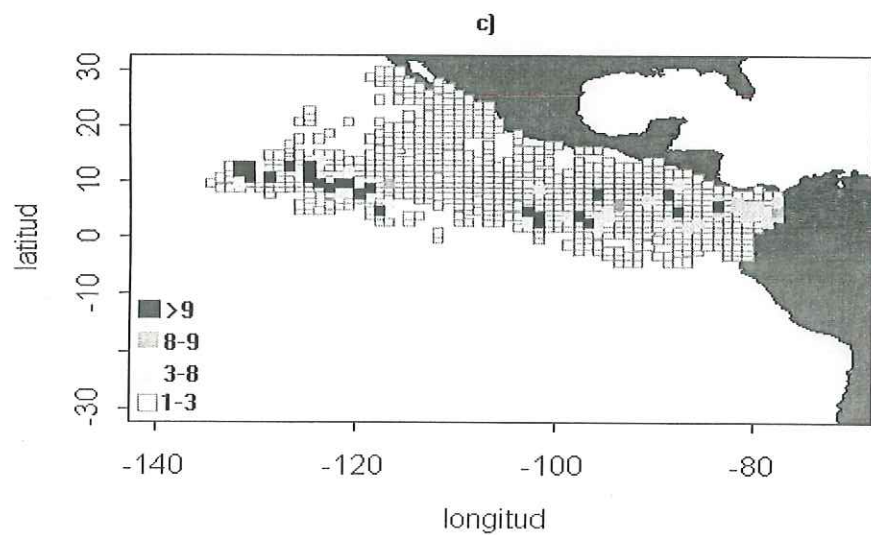
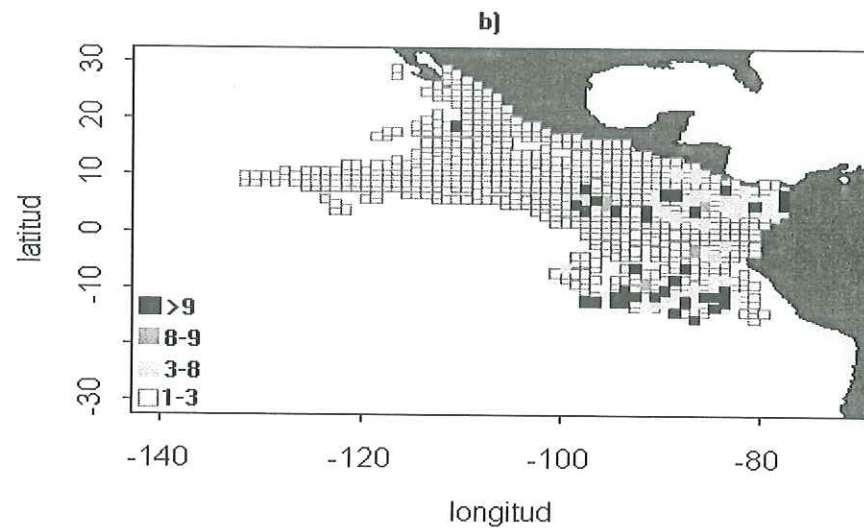
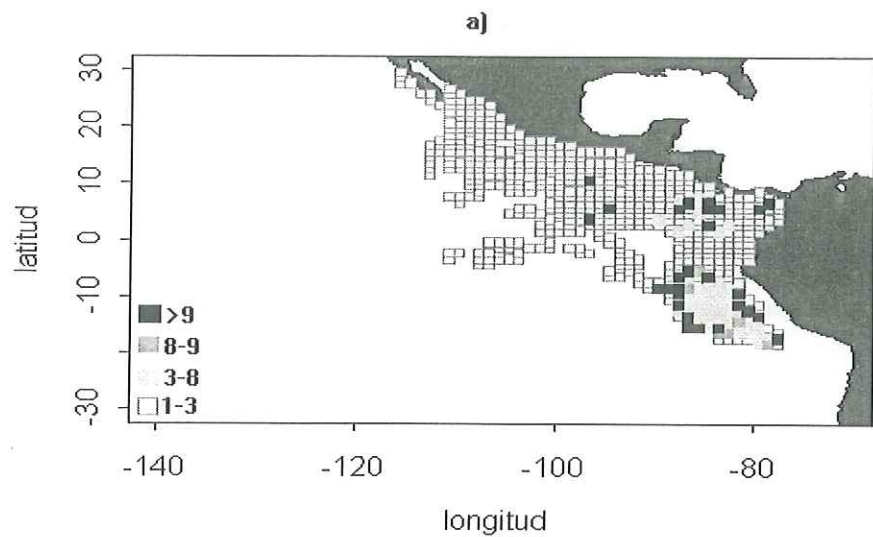


Fig 5.12. Tasas de encuentro durante 1994. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre.

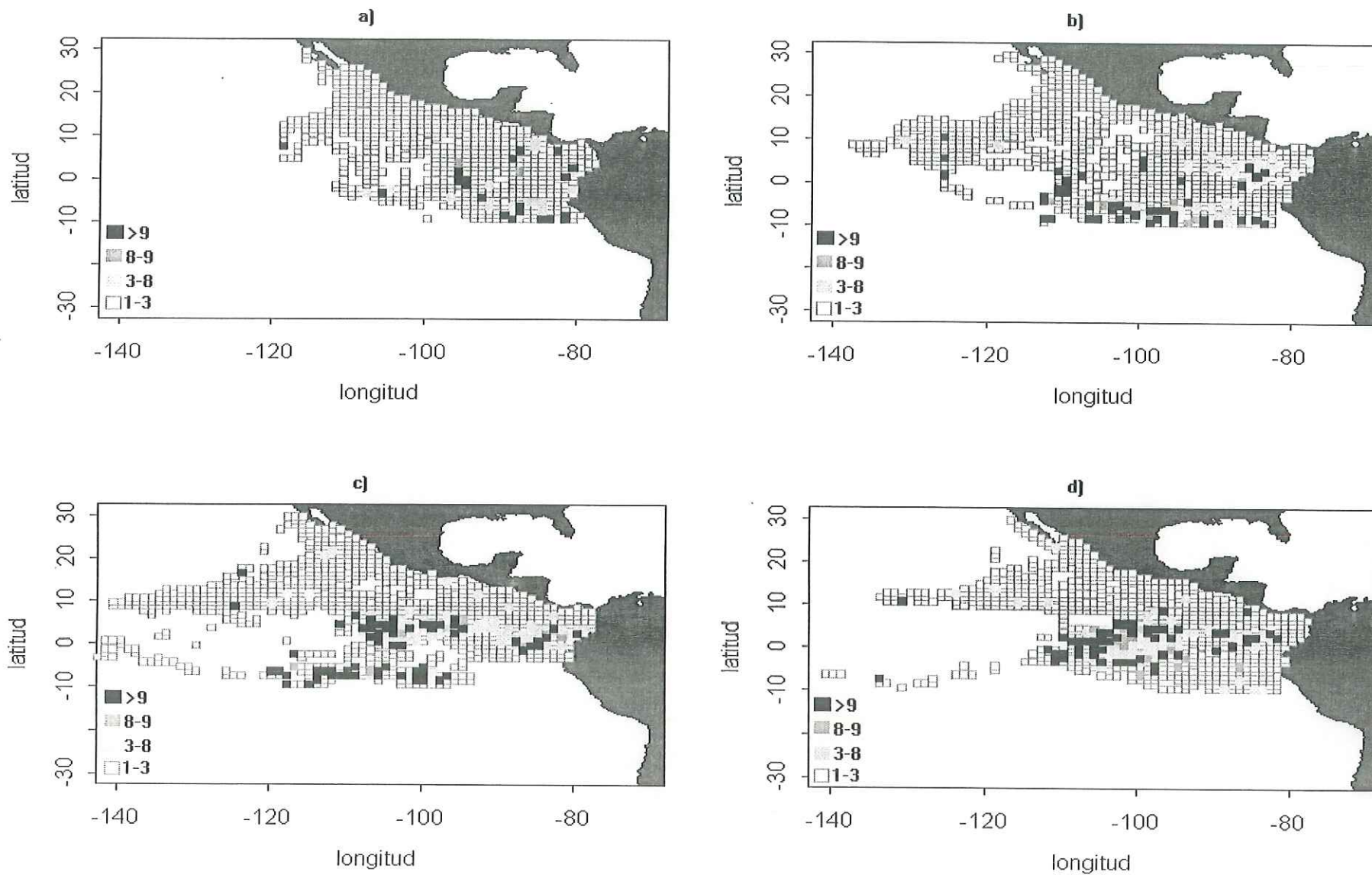


Fig 6. Comportamiento de la abundancia de OFD por trimestre (ene-marzo; abril-junio; julio-septiembre; octubre-diciembre).

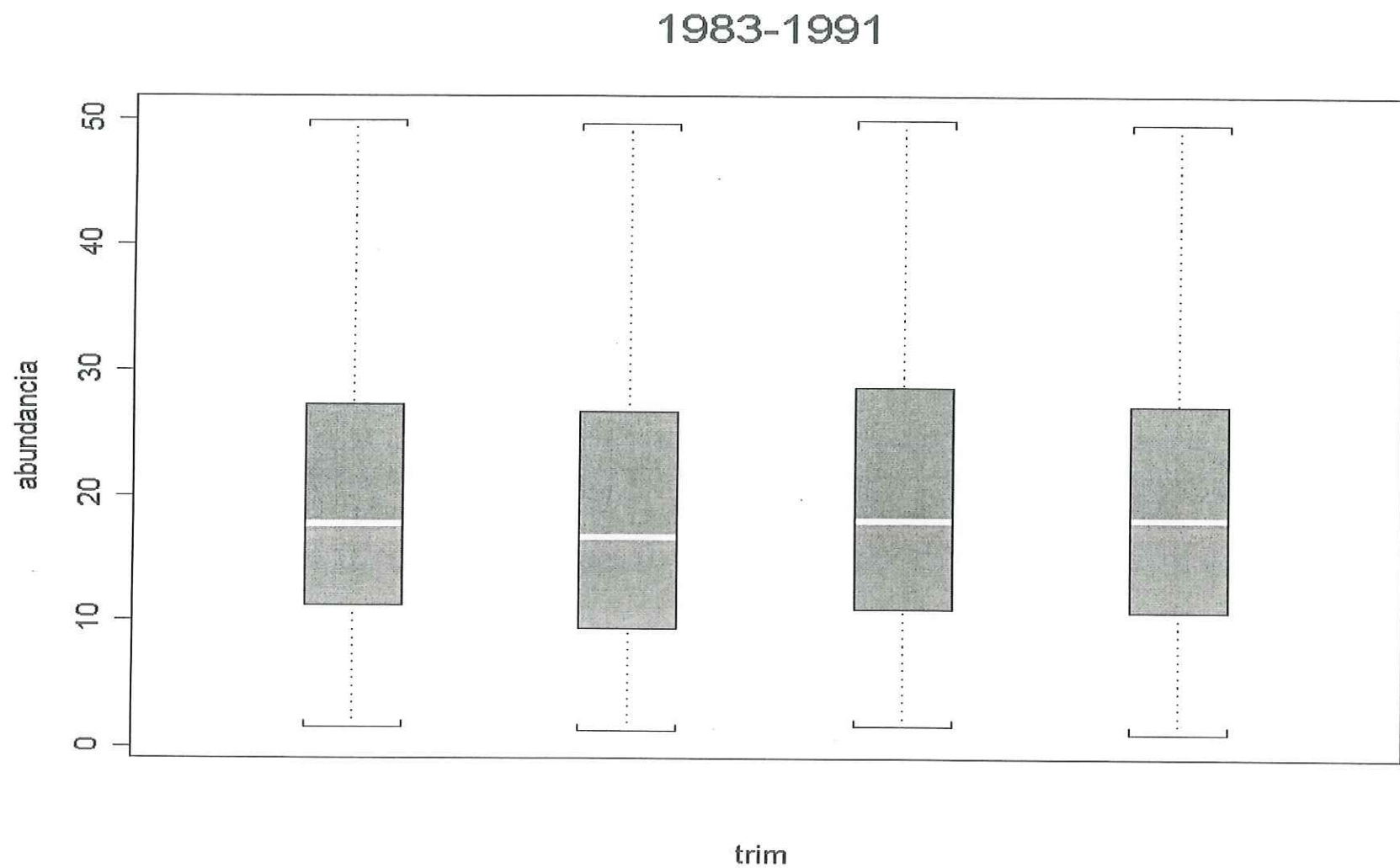


Fig 7. Abundancia de Objetos Flotantes por trimestre (1983-1991)

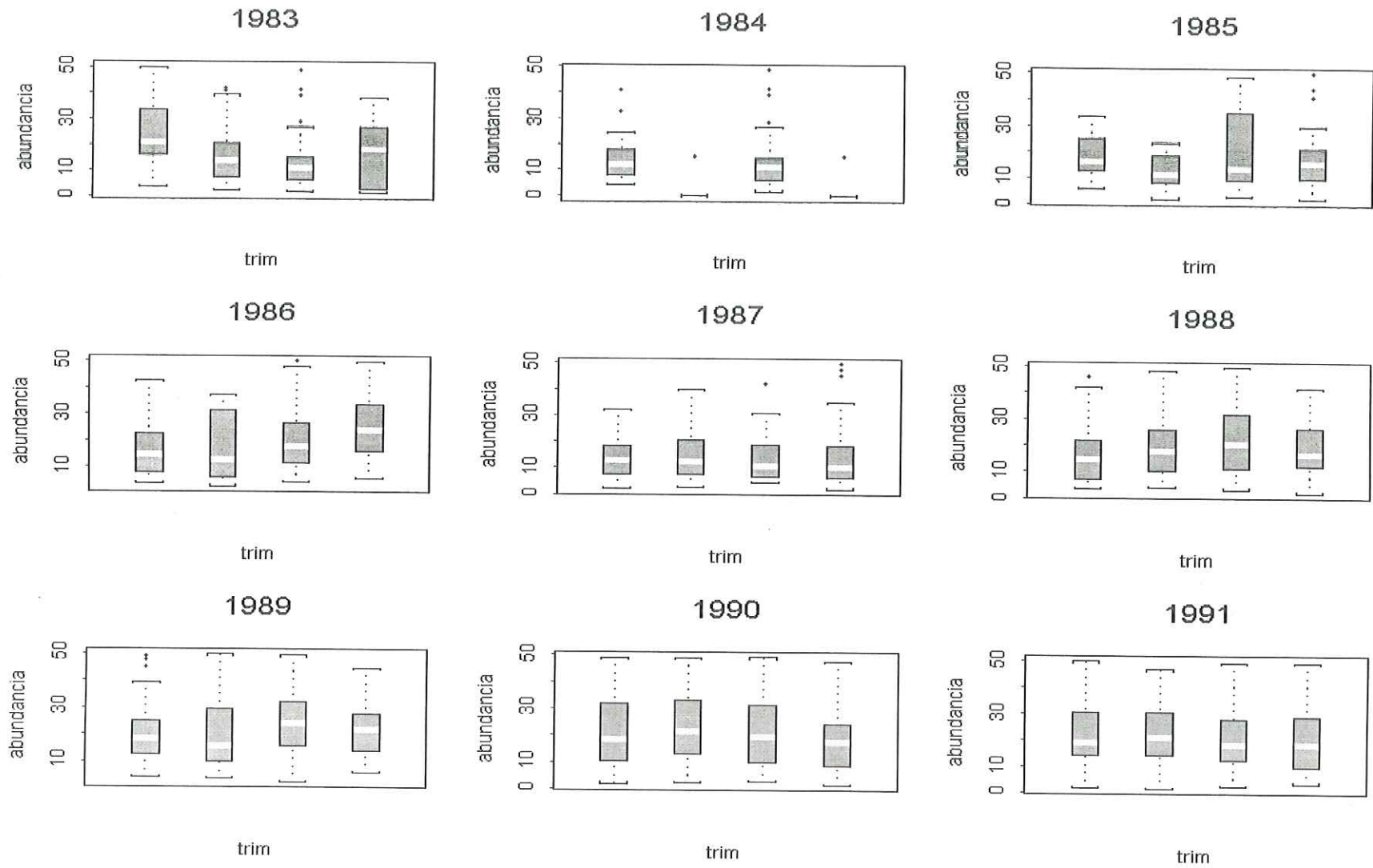


Fig 8. Comportamiento de la abundancia con respecto a: a) Latitud; b) Longitud; c) Esfuerzo pesquero

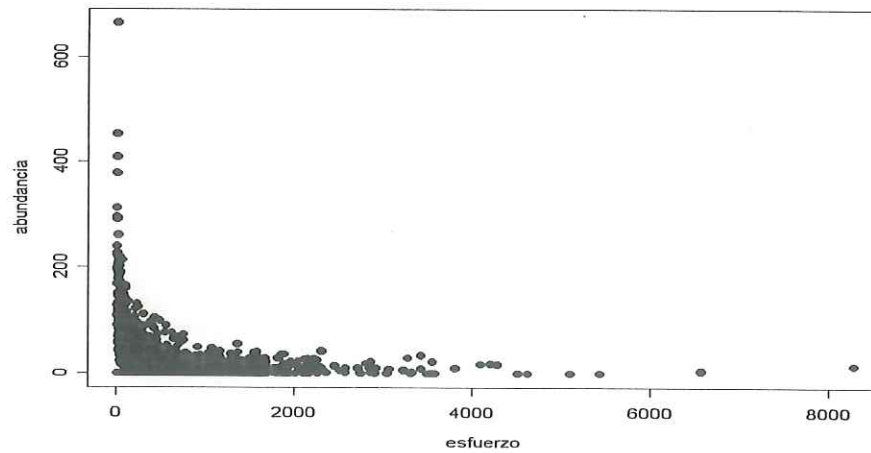
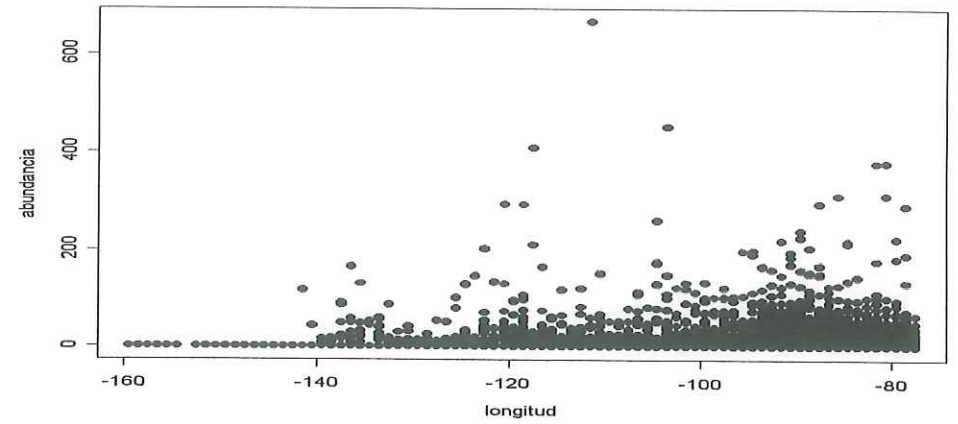
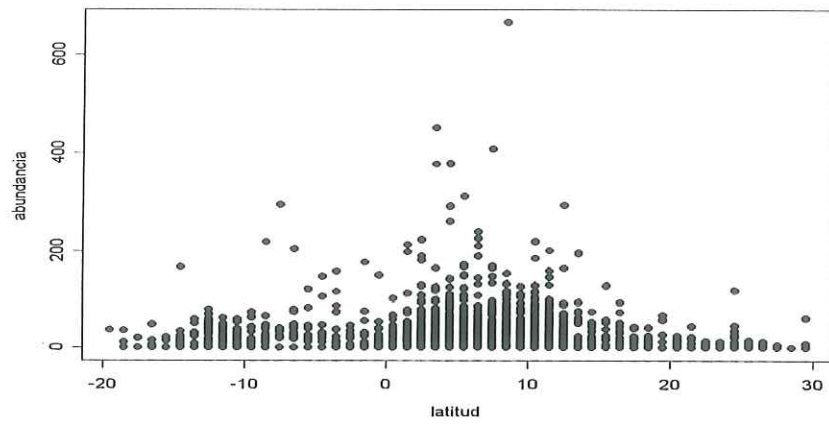


Fig 9. Comportamiento de la abundancia de OFD con respecto la latitud, por año.

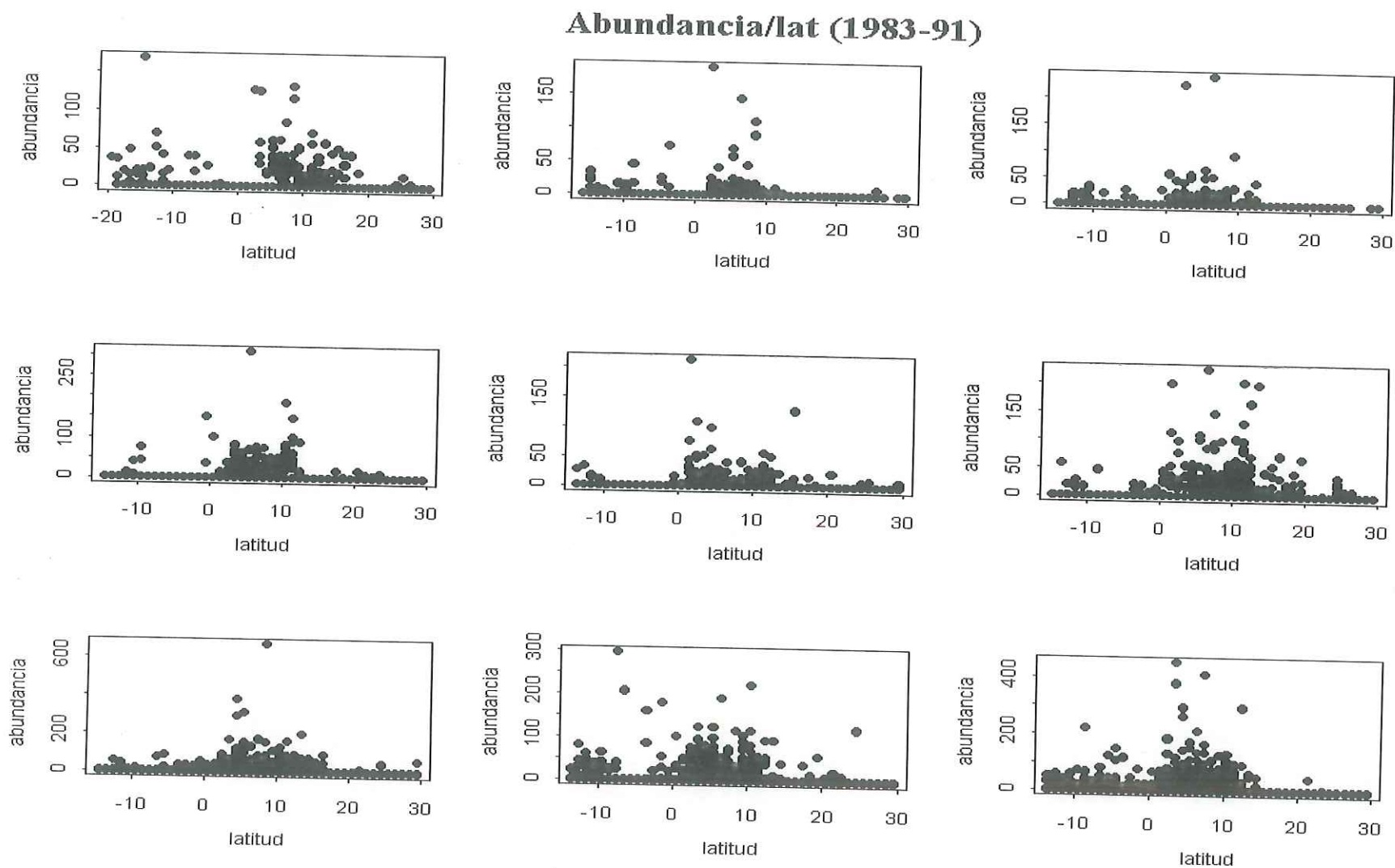


Fig 10. Comportamiento de la abundancia de OFD con respecto a la longitud, por año.

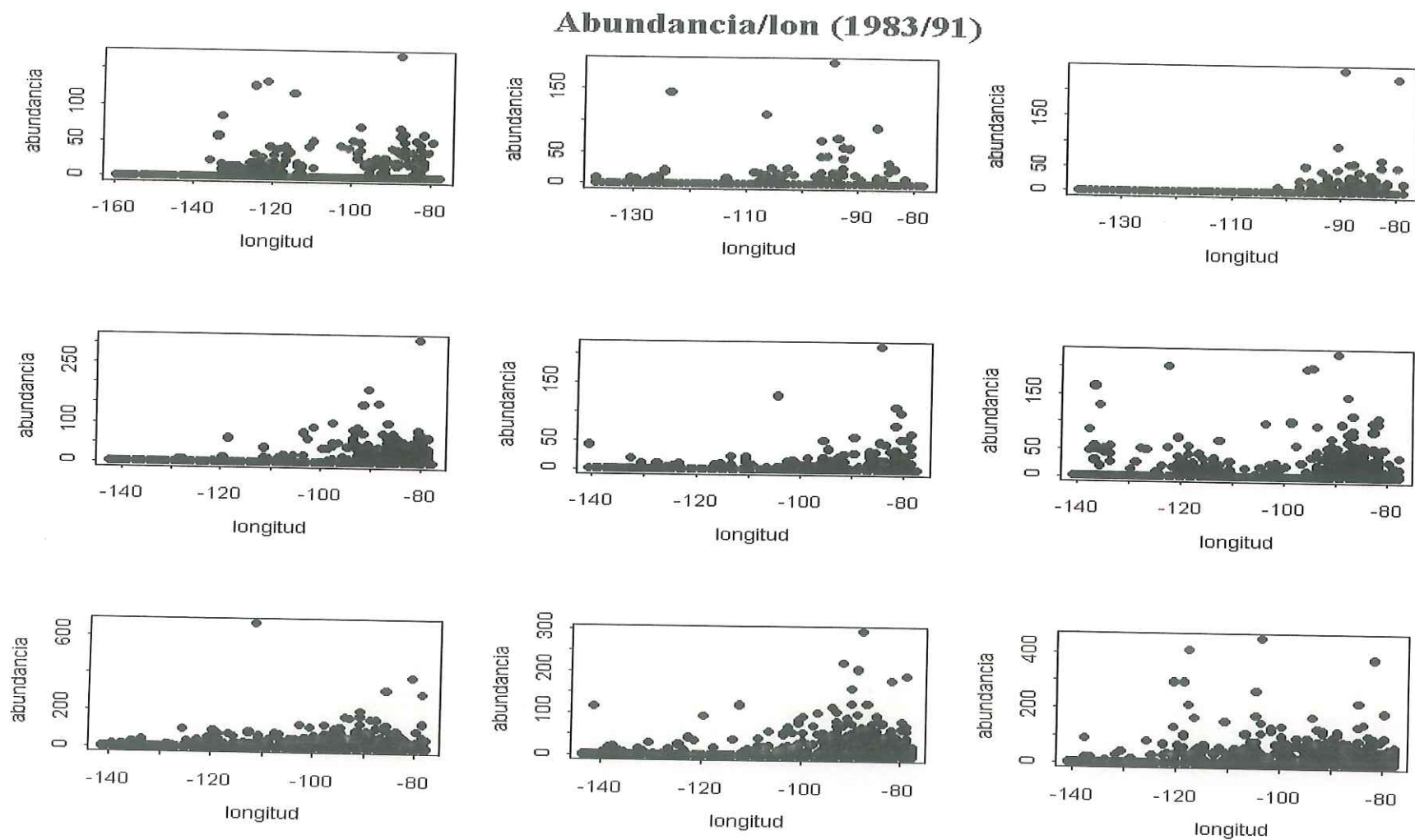


Fig 11. Comportamiento de la abundancia de OFD con respecto al esfuerzo pesquero, por año.

Abundancia/esfuerzo (1983-91)

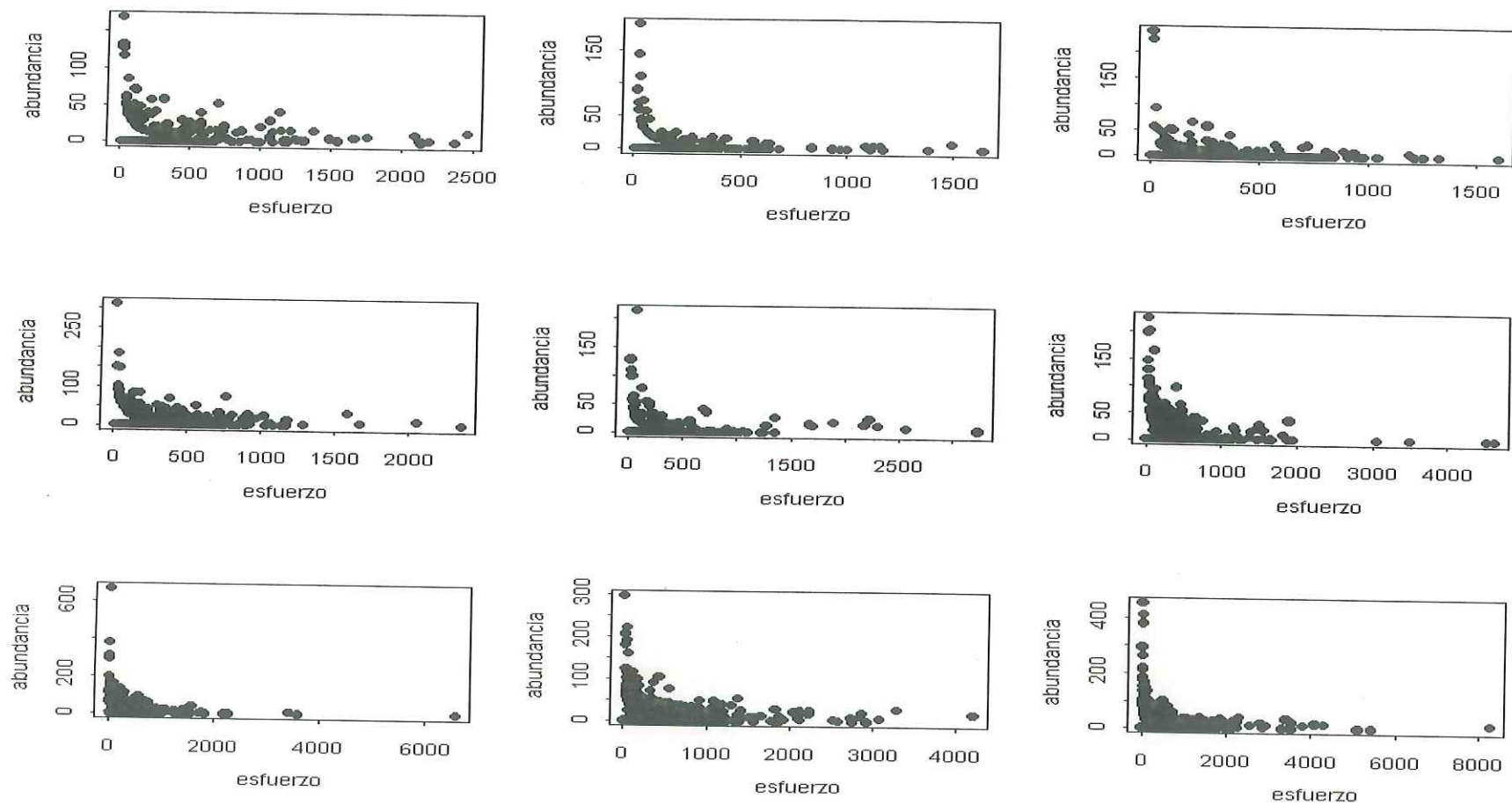


Fig 12. Comportamiento de la abundancia de objetos flotantes por tipo de viaje (1 = *non-dolphin safe*; 2 = *dolphin safe*)

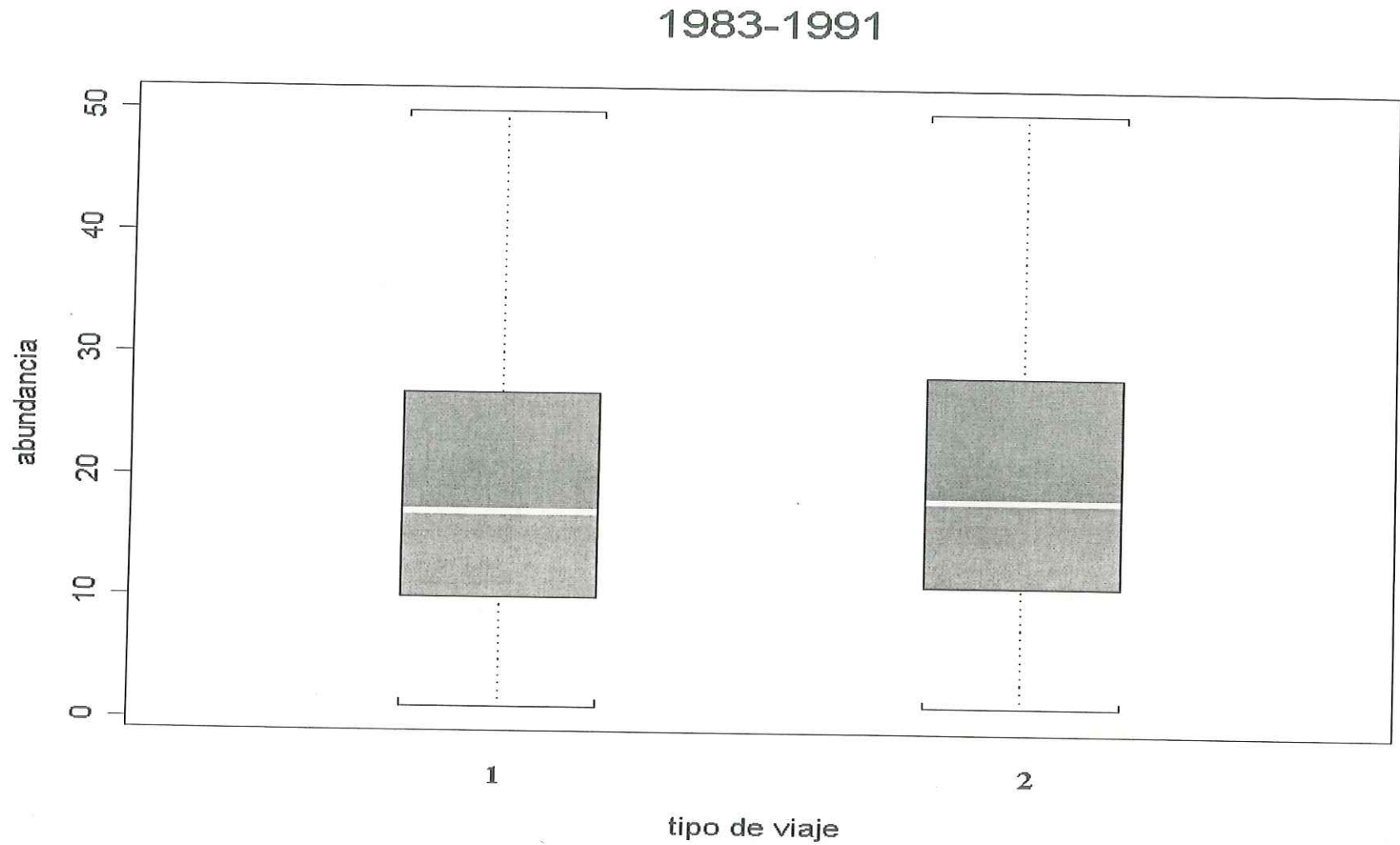
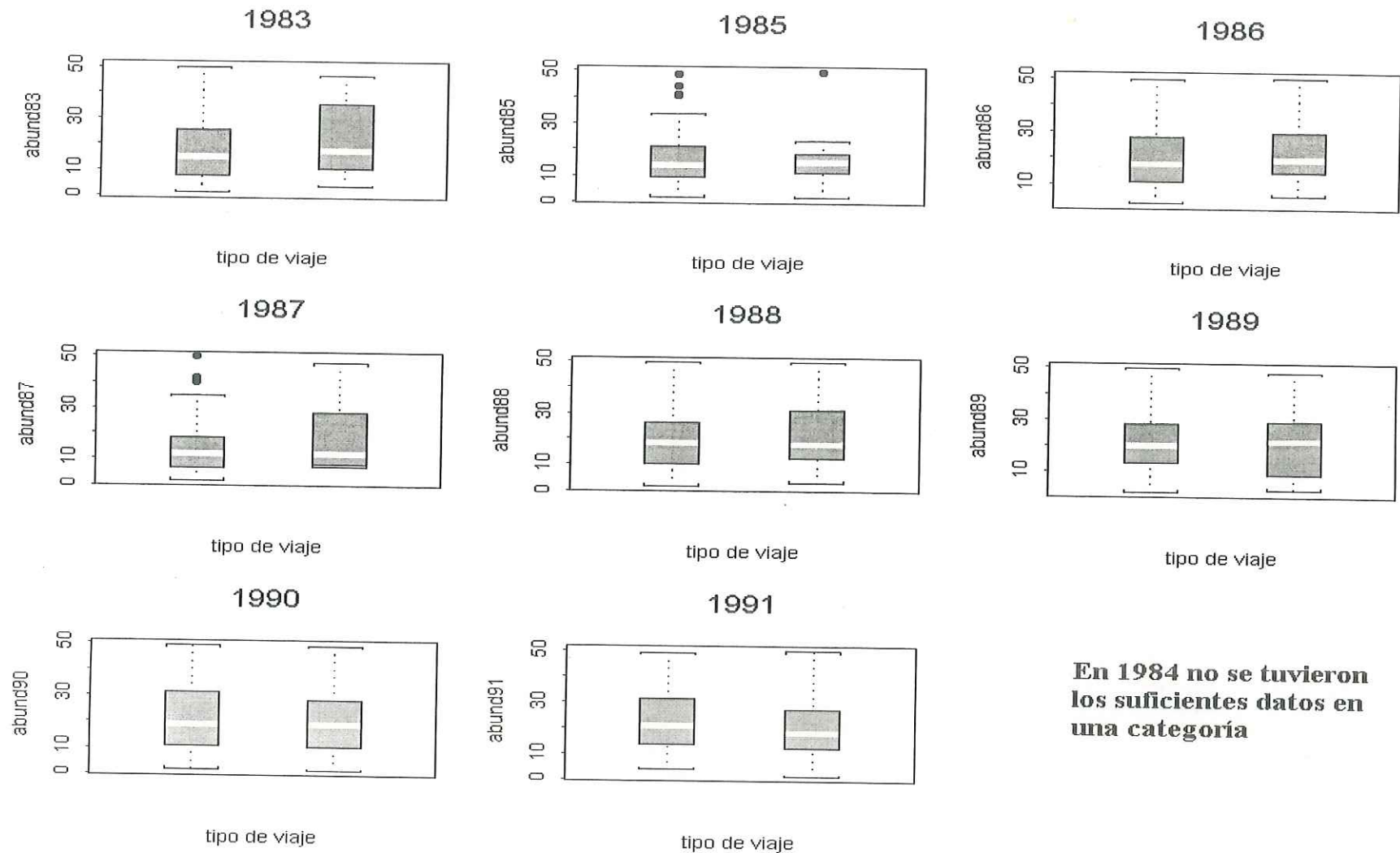


Fig 13. Comportamiento de la abundancia de objetos flotantes por tipo de viaje, por año (1 = *non-dolphin safe*; 2 = *dolphin safe*)



En 1984 no se tuvieron los suficientes datos en una categoría

Fig 14.1. Comportamiento de la abundancia estimada por latitud, longitud y trimestre del año (1983)

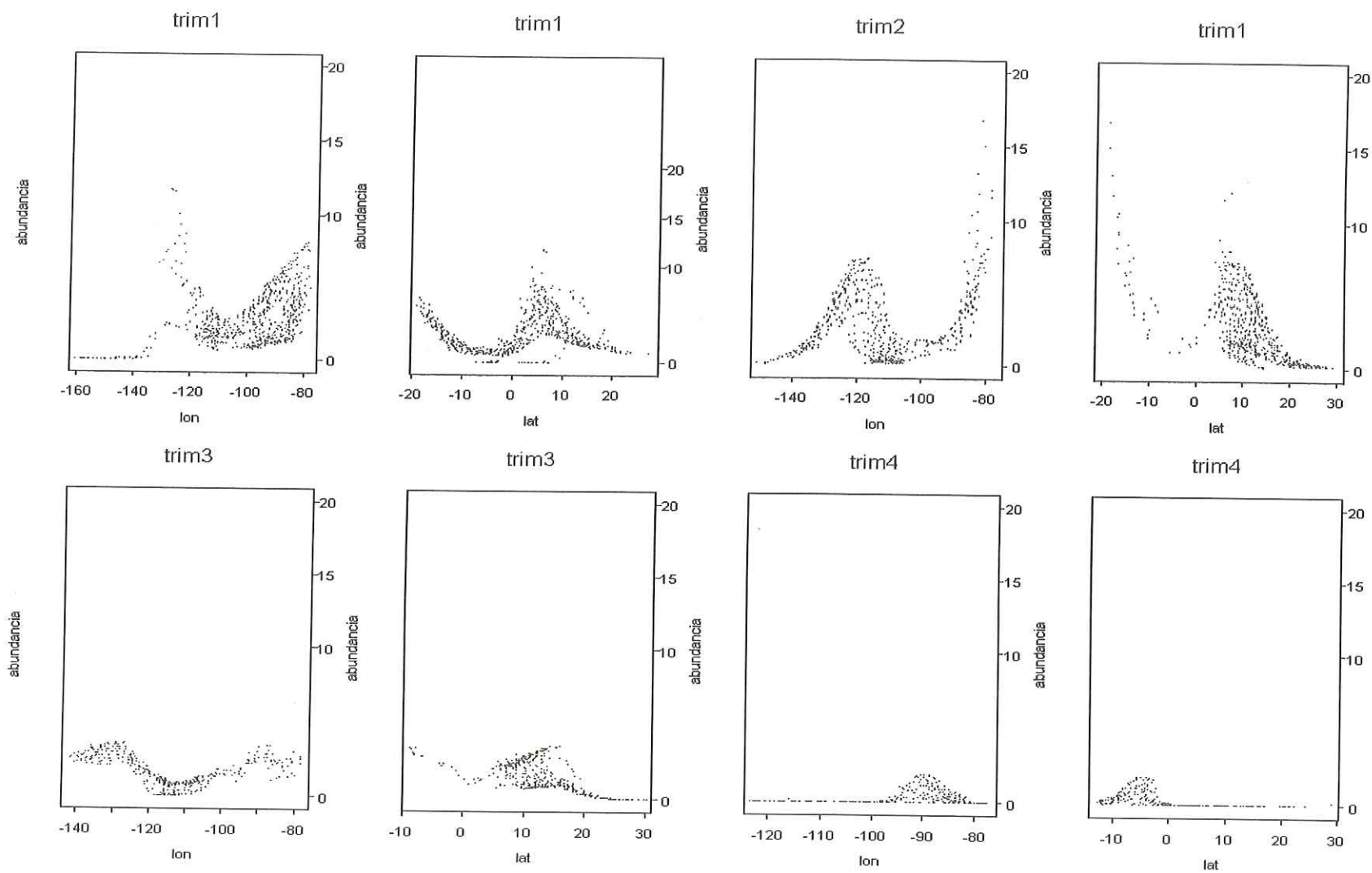


Fig 14.2. Comportamiento de la abundancia estimada por latitud, longitud y trimestre del año (1984)

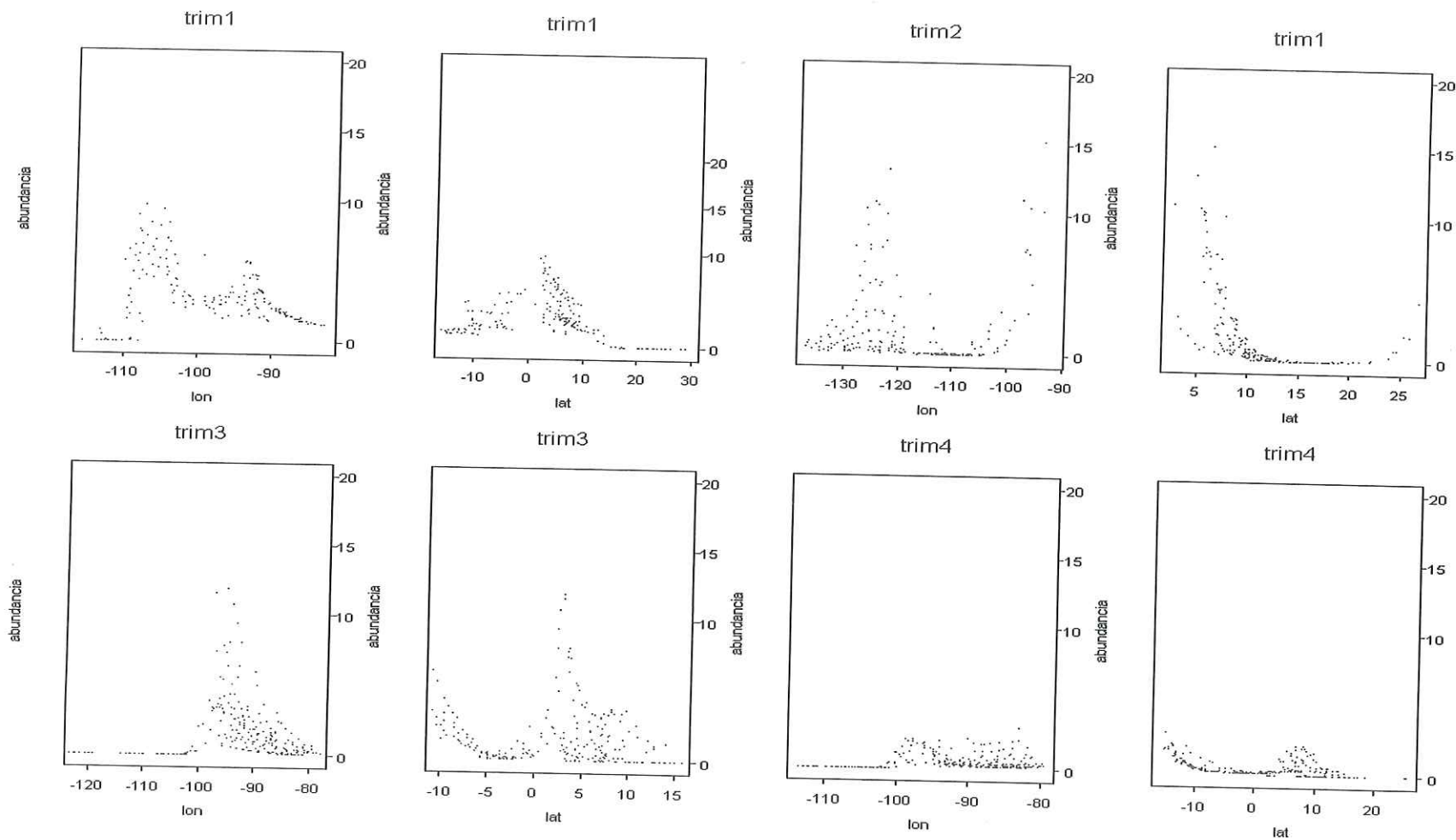


Fig 14.3. Comportamiento de la abundancia estimada por latitud, longitud y trimestre del año (1985)

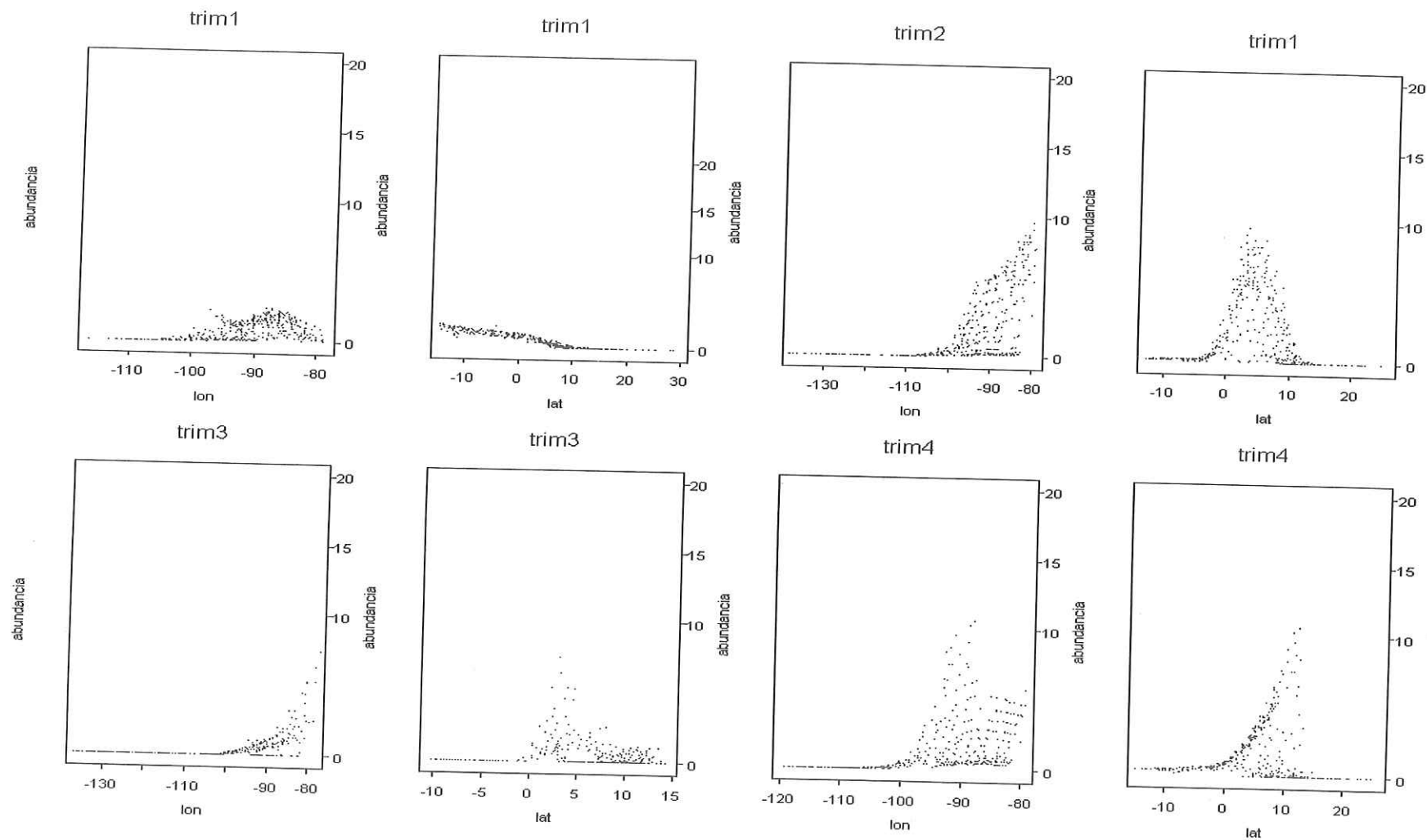


Fig 14.4. Comportamiento de la abundancia estimada por latitud, longitud y trimestre del año (1986)

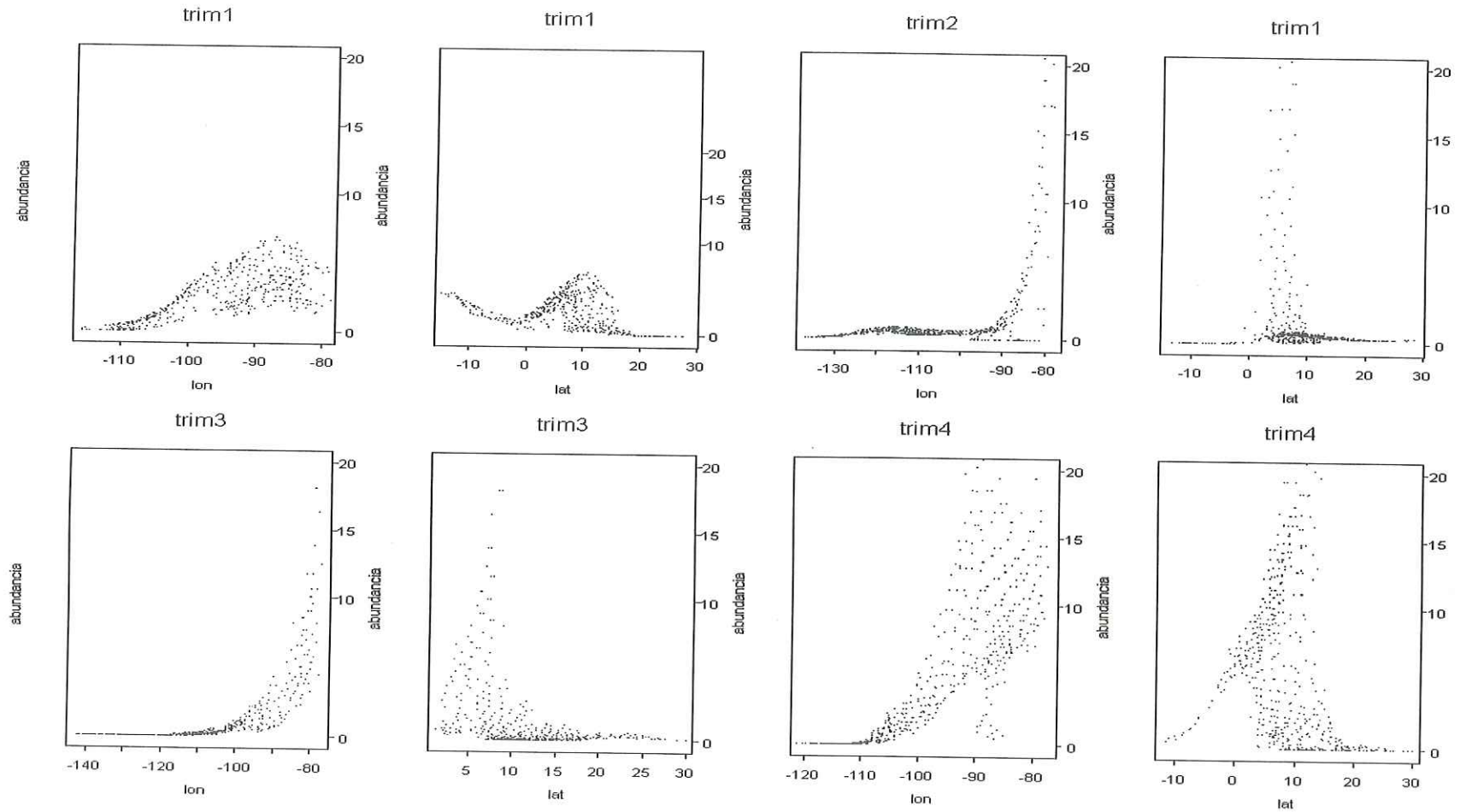


Fig 14.5. Comportamiento de la abundancia estimada por latitud, longitud y trimestre del año (1987)

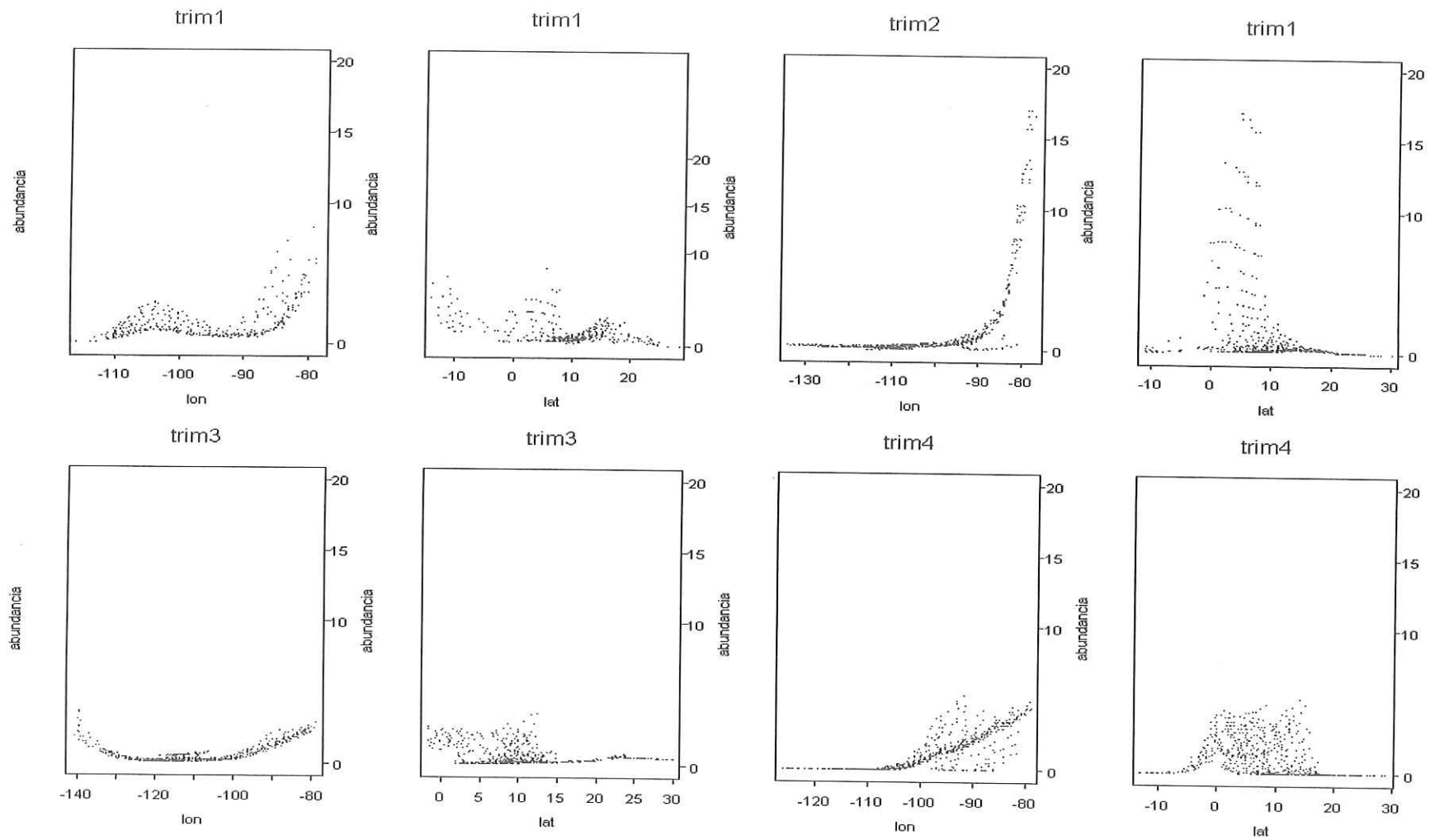


Fig 14.6. Comportamiento de la abundancia estimada por latitud, longitud y trimestre del año (1988)

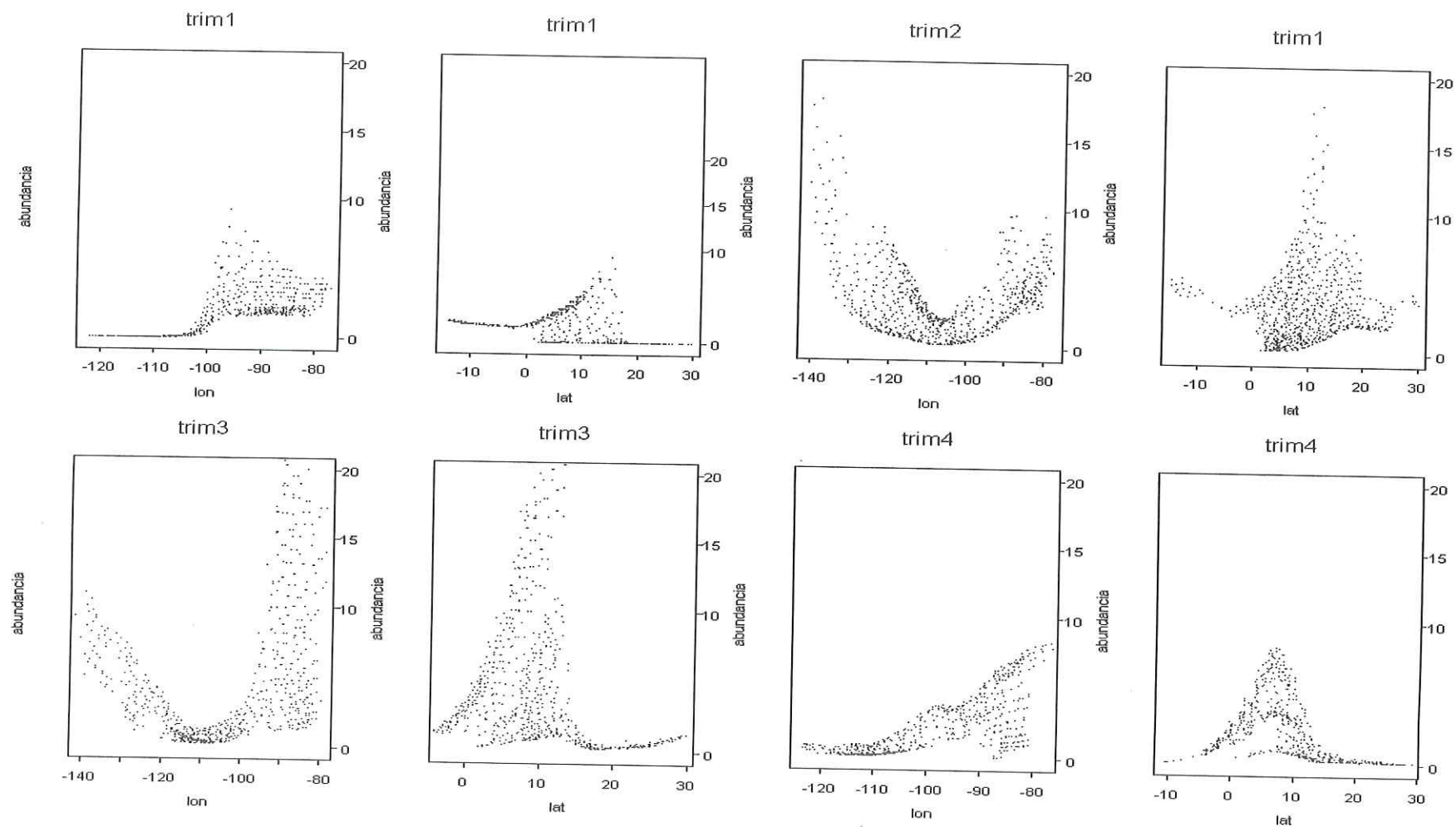


Fig 14.7. Comportamiento de la abundancia estimada por latitud, longitud y trimestre del año (1989)

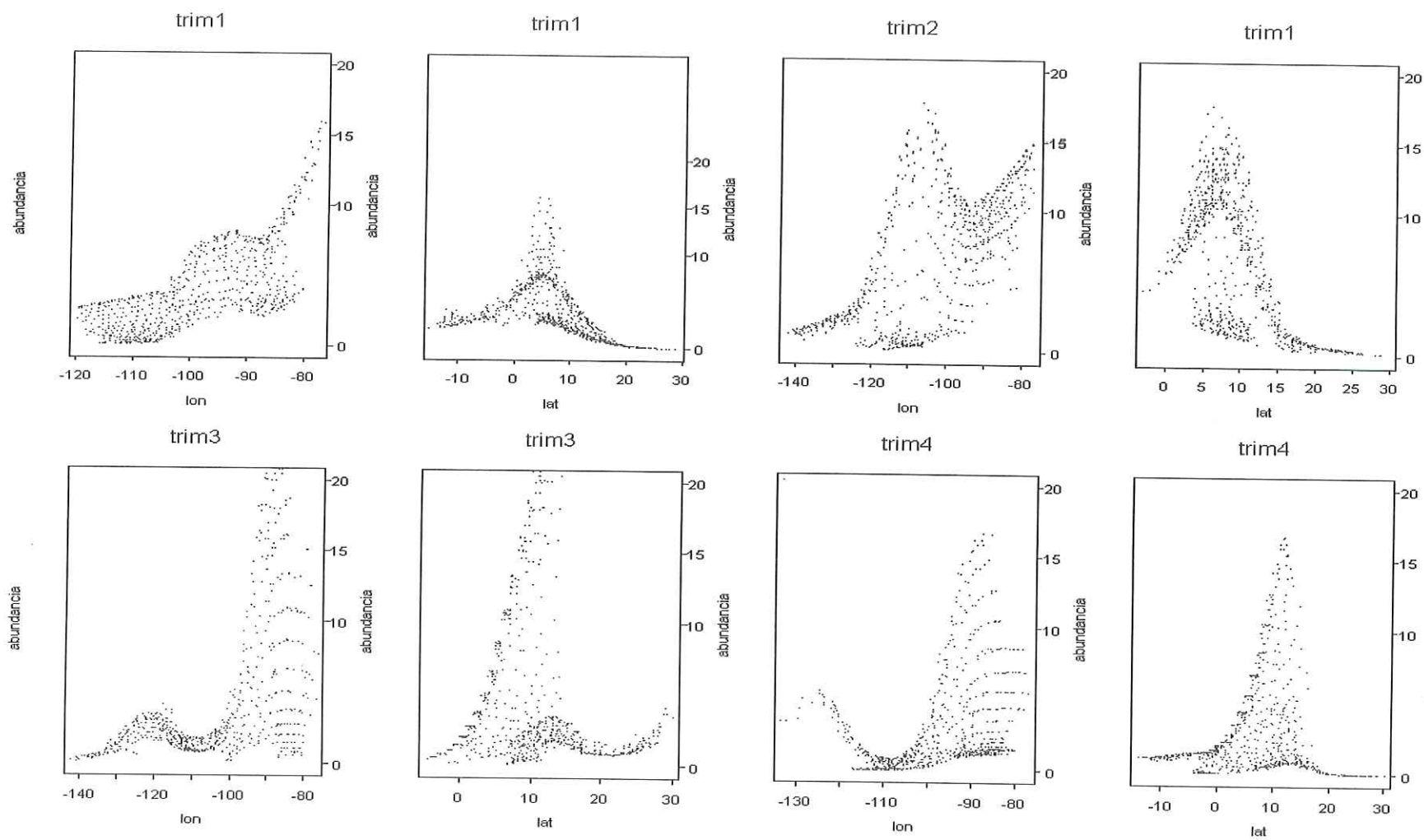


Fig 14.8. Comportamiento de la abundancia estimada por latitud, longitud y trimestre del año (1990)

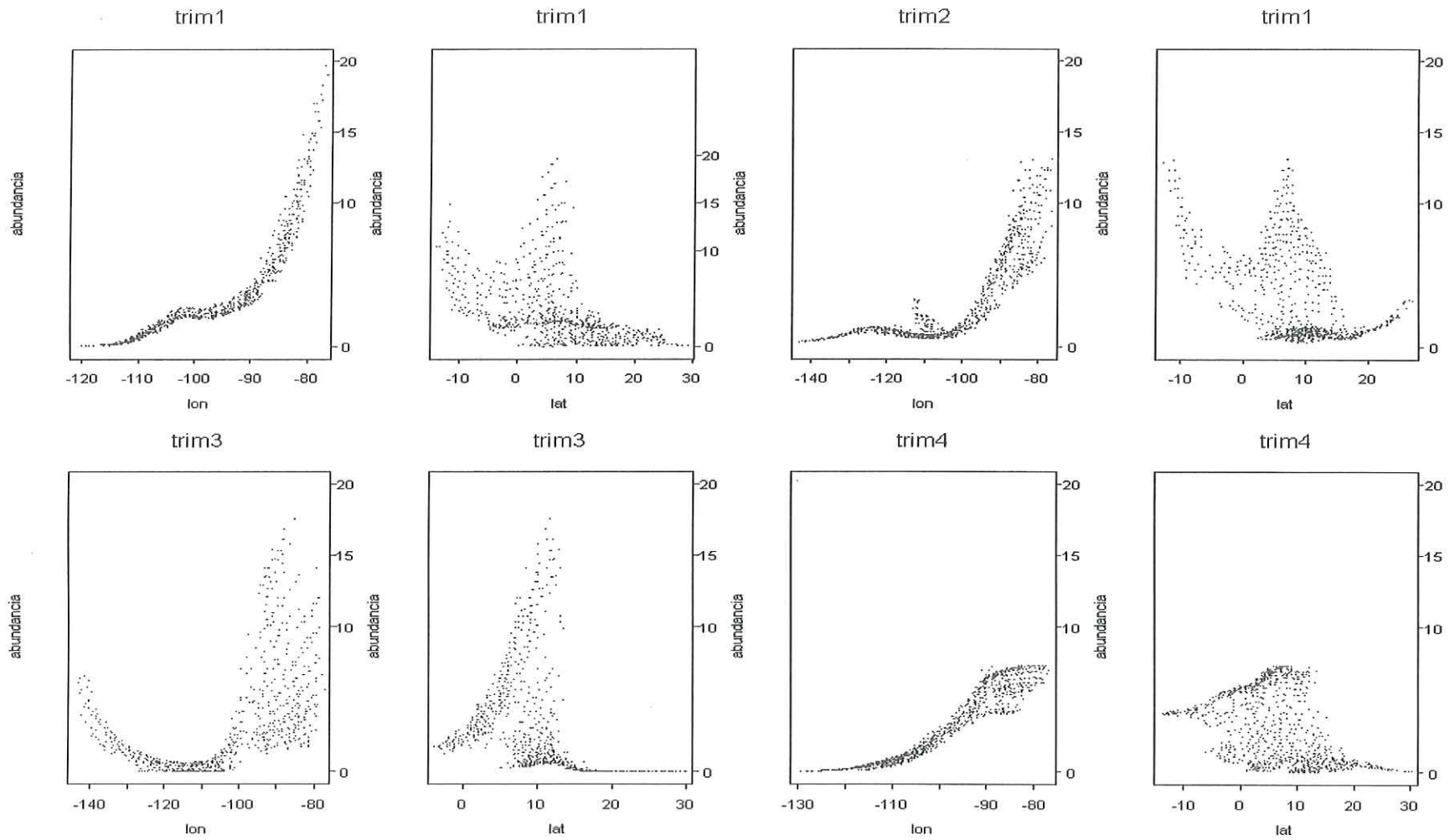


Fig 14.9. Comportamiento de la abundancia estimada por latitud, longitud y trimestre del año (1991)

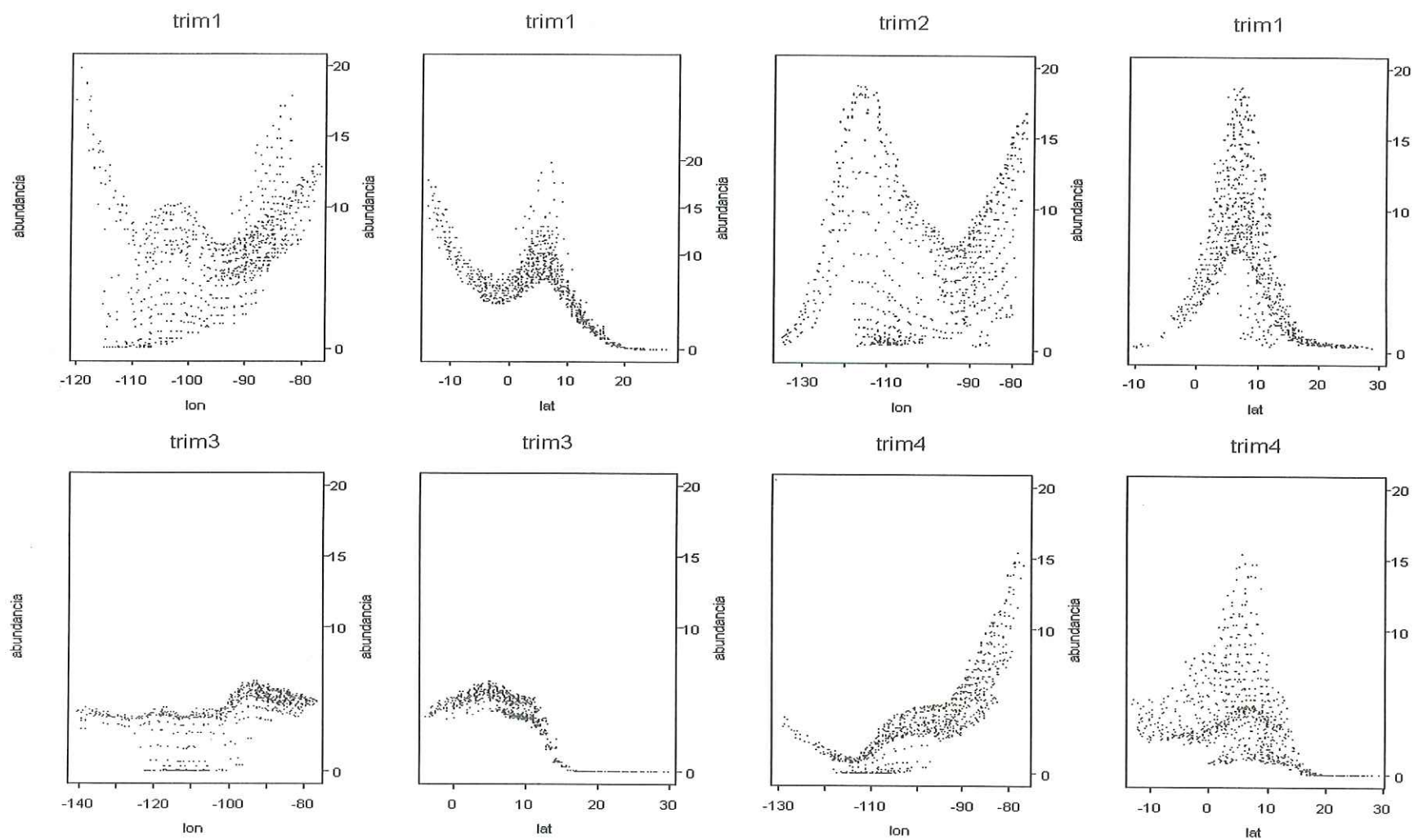


Fig 14.10. Comportamiento de la abundancia estimada por latitud, longitud y trimestre del año (1992)

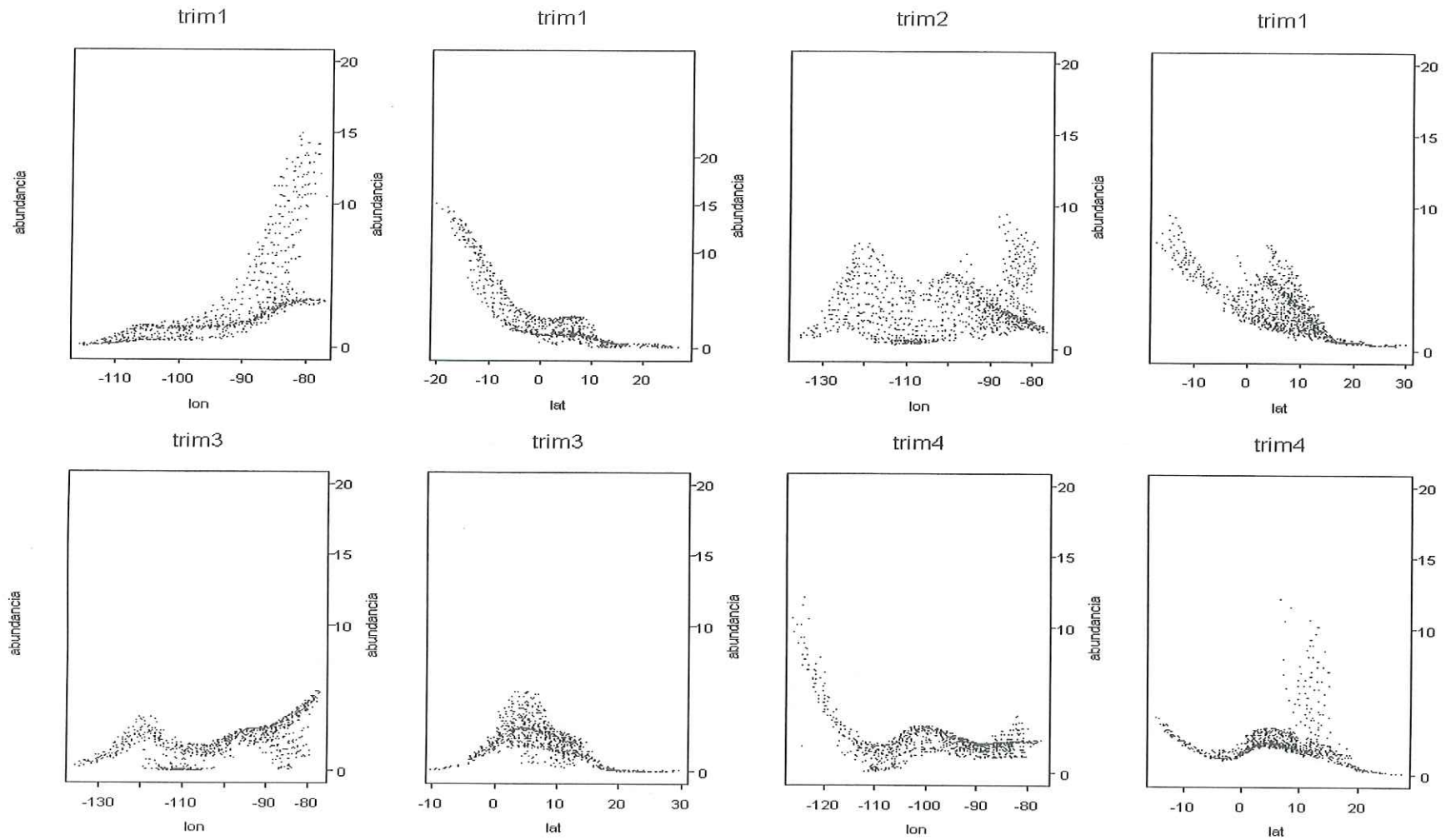


Fig 14.11. Comportamiento de la abundancia estimada por latitud, longitud y trimestre del año (1993)

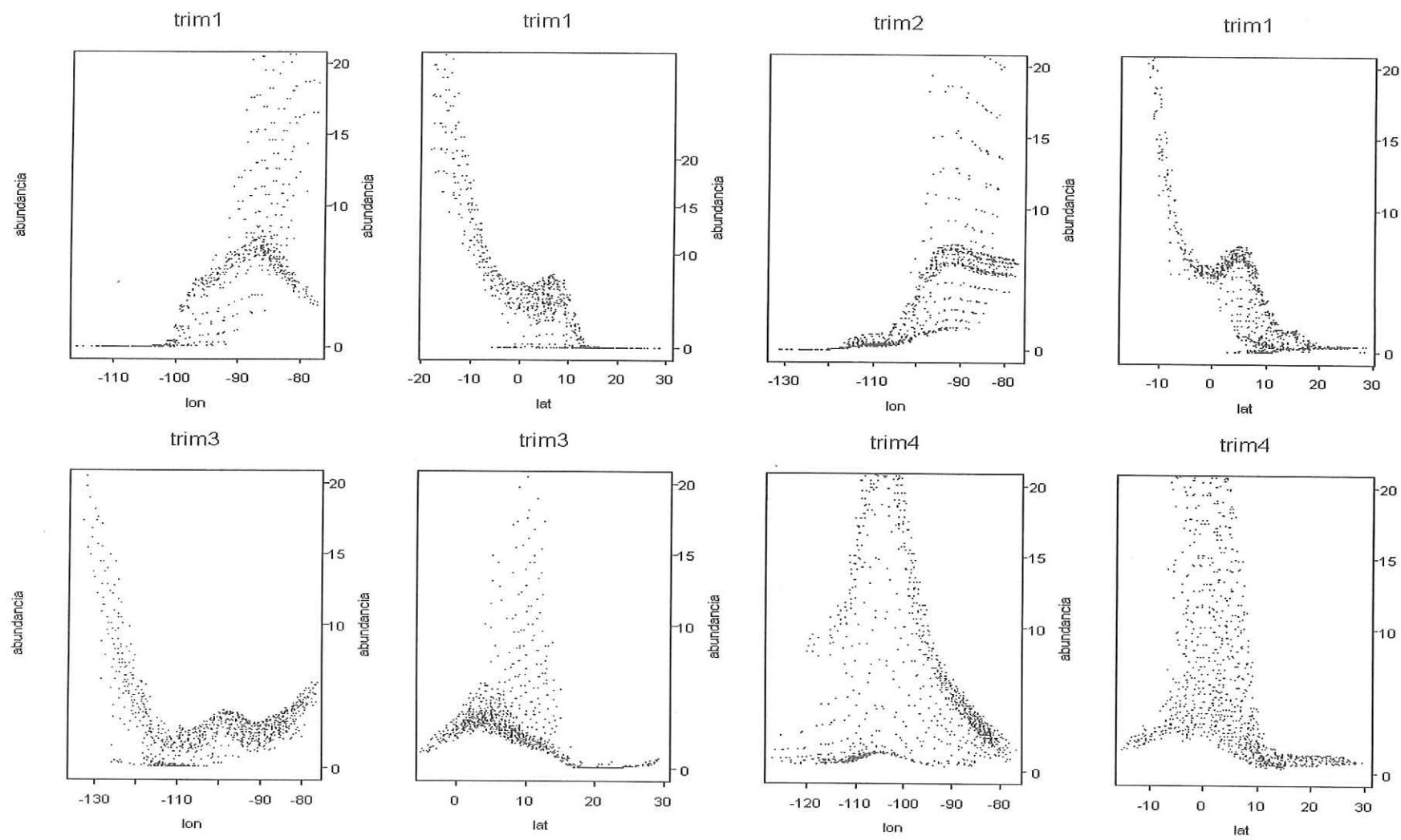


Fig 14.12. Comportamiento de la abundancia estimada por latitud, longitud y trimestre del año (1994)

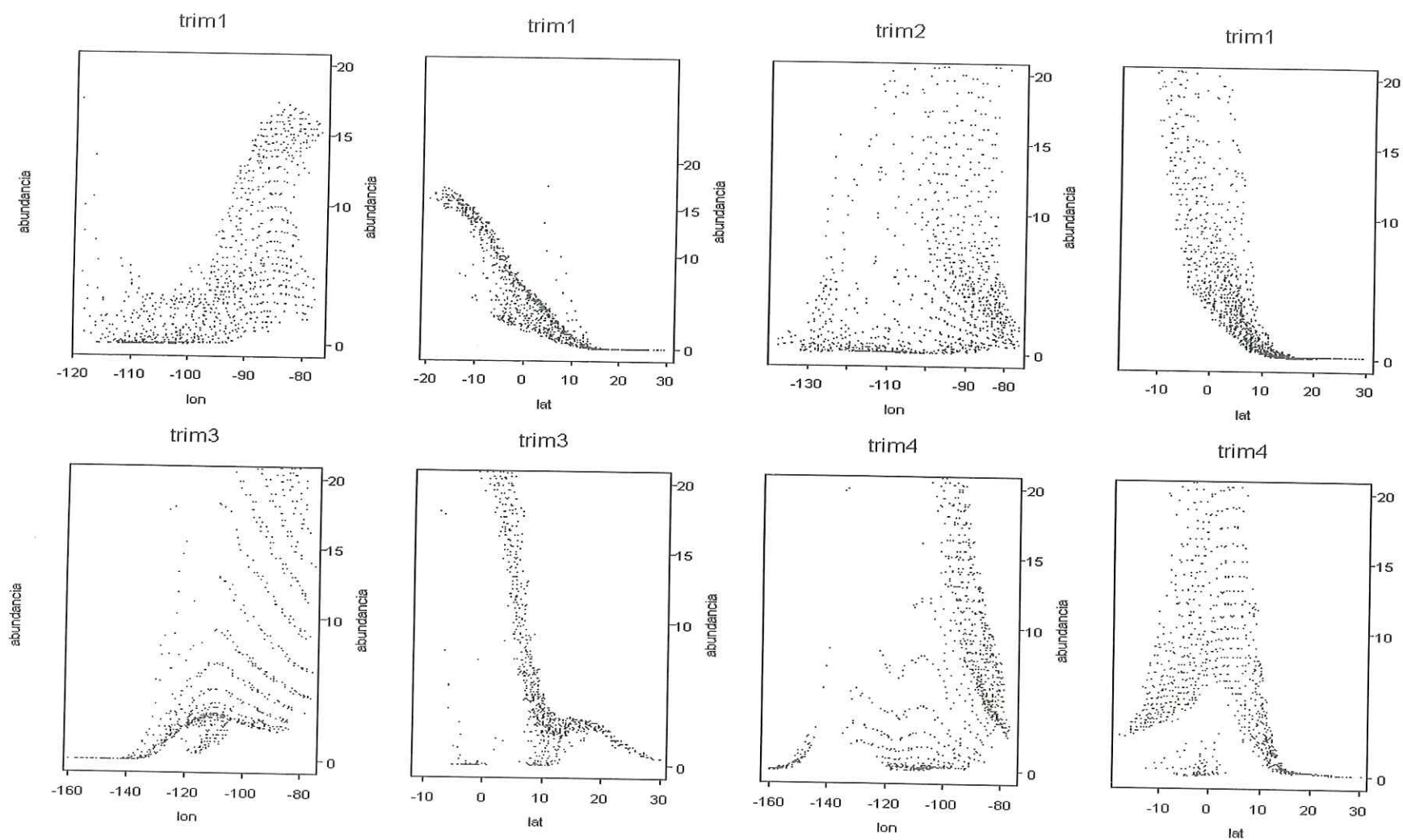


Fig 15.1. Comportamiento de la presencia de Objetos Flotantes por latitud, longitud y trimestre del año (1983)

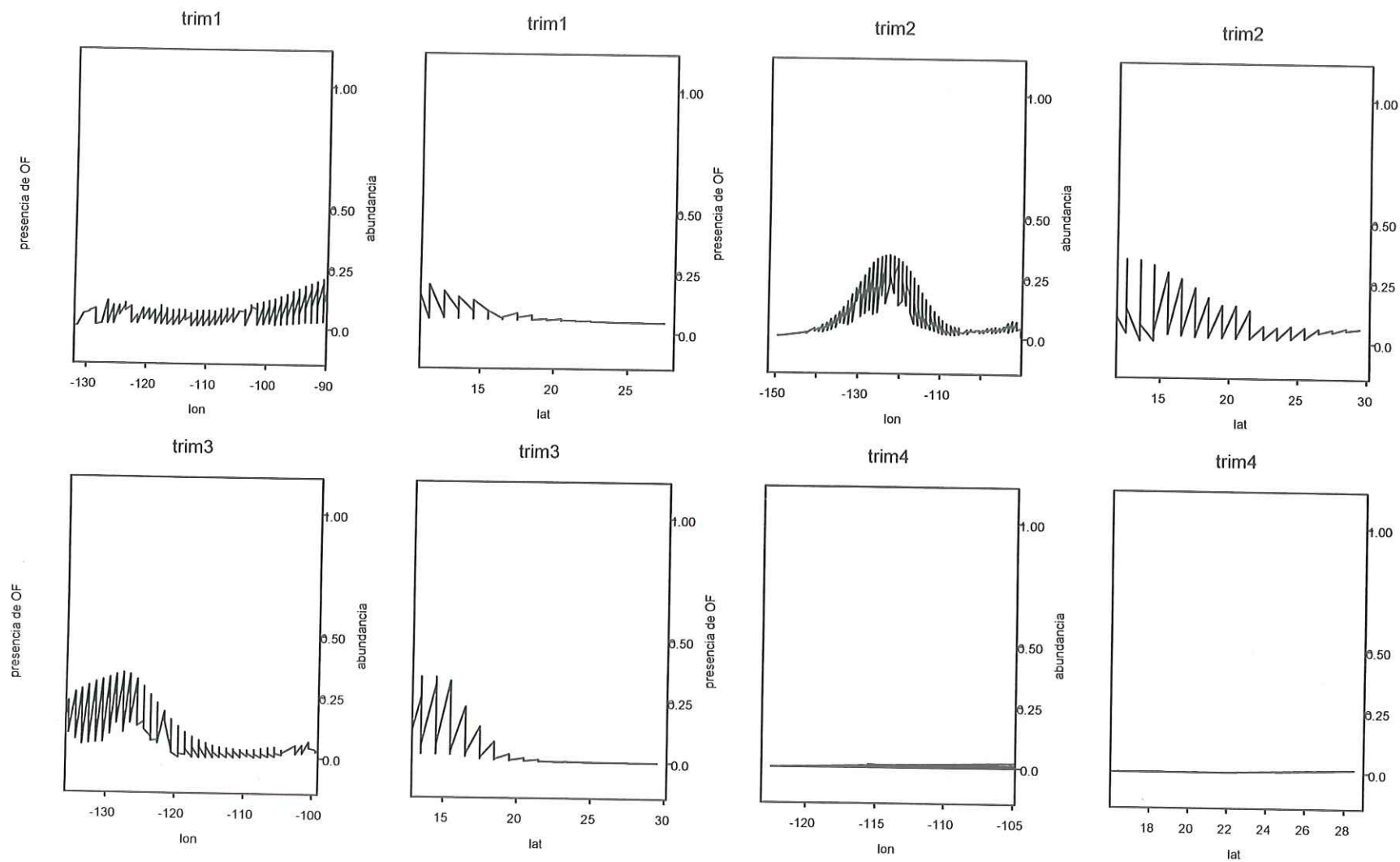


Fig 15.2. Comportamiento de la presencia de Objetos Flotantes por latitud, longitud y trimestre del año (1984). Nota: no se registra presencia de OFD durante los dos últimos trimestres en la modelación.

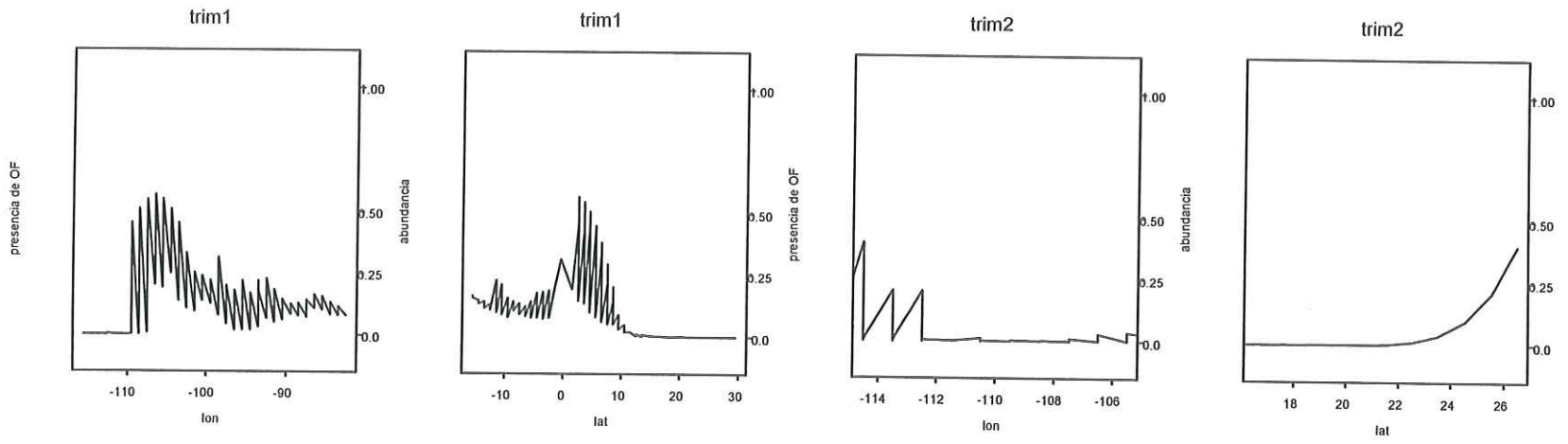


Fig 15.3. Comportamiento de la presencia de Objetos Flotantes por latitud, longitud y trimestre del año (1985)

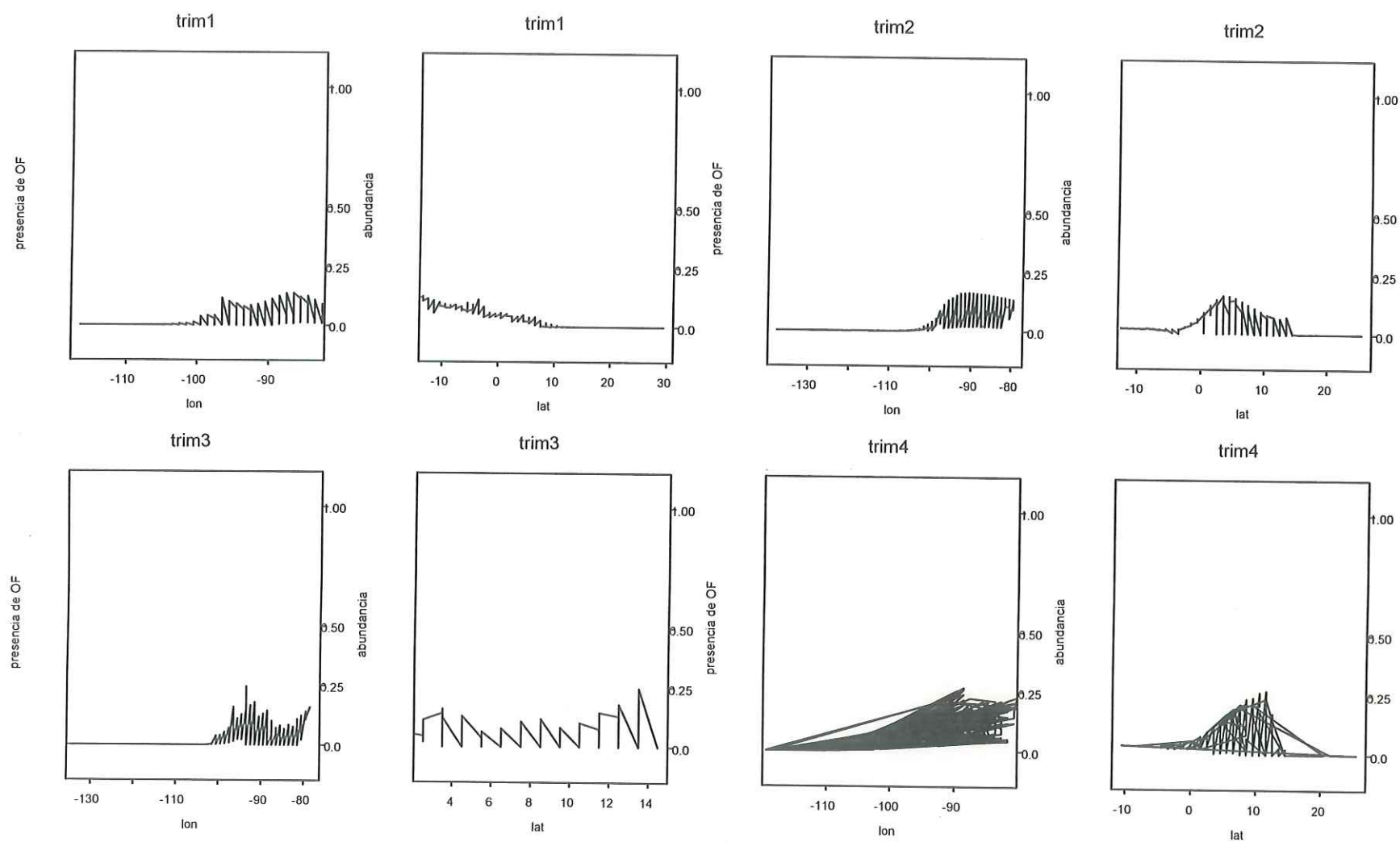


Fig 15.4. Comportamiento de la presencia de Objetos Flotantes por latitud, longitud y trimestre del año (1986)

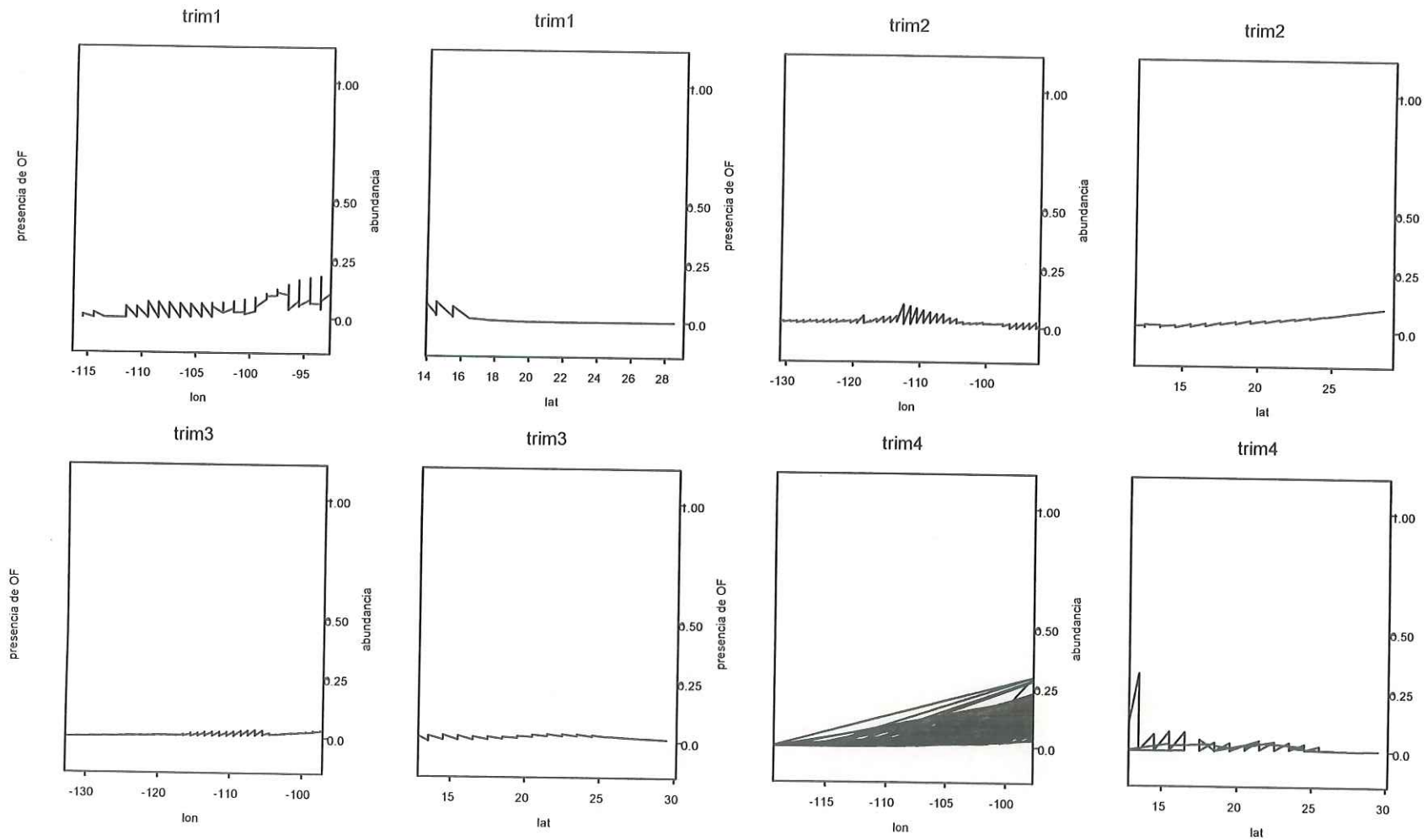


Fig 15.5. Comportamiento de la presencia de Objetos Flotantes por latitud, longitud y trimestre del año (1987)

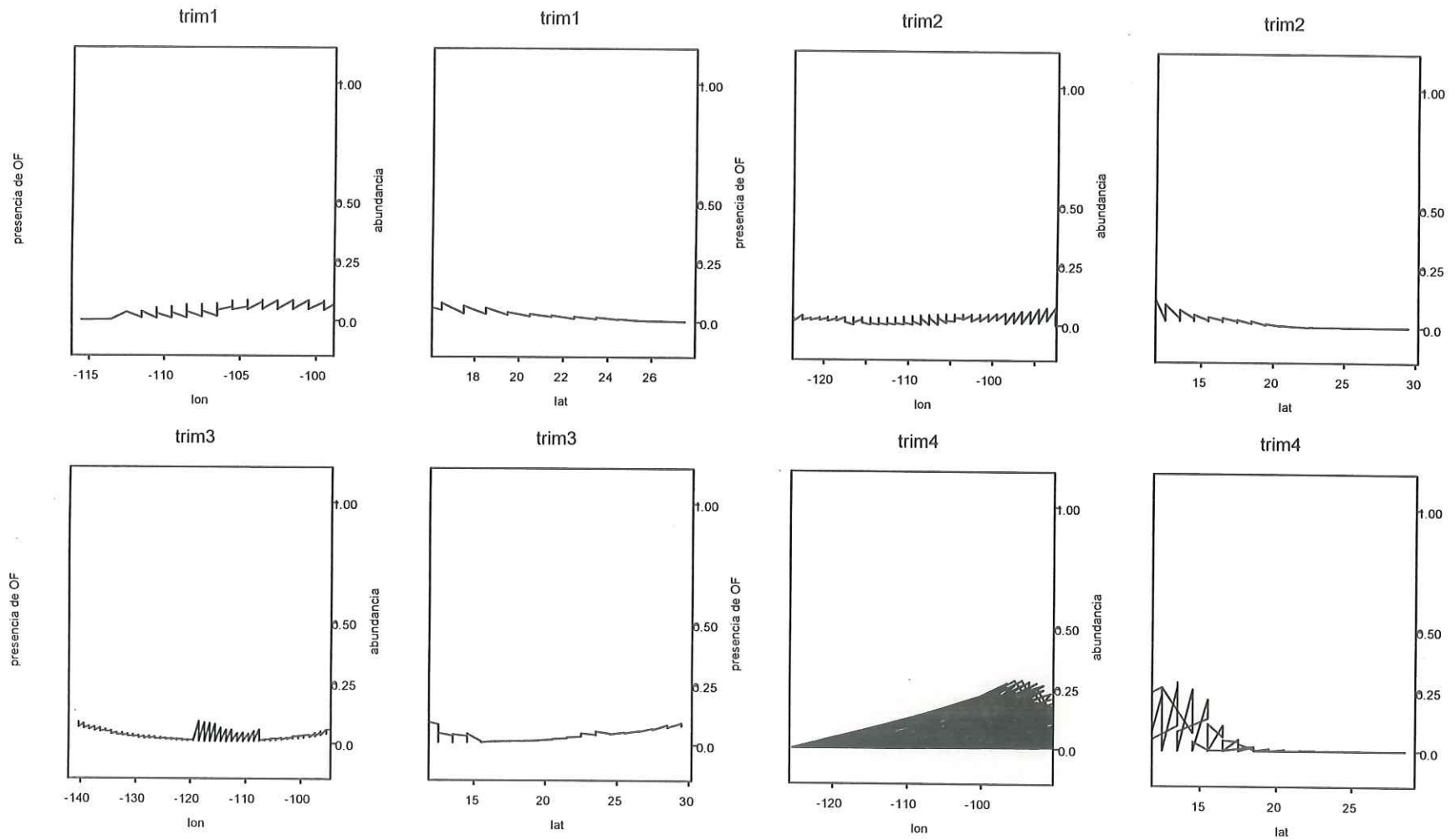


Fig 15.6. Comportamiento de la presencia de Objetos Flotantes por latitud, longitud y trimestre del año (1988)

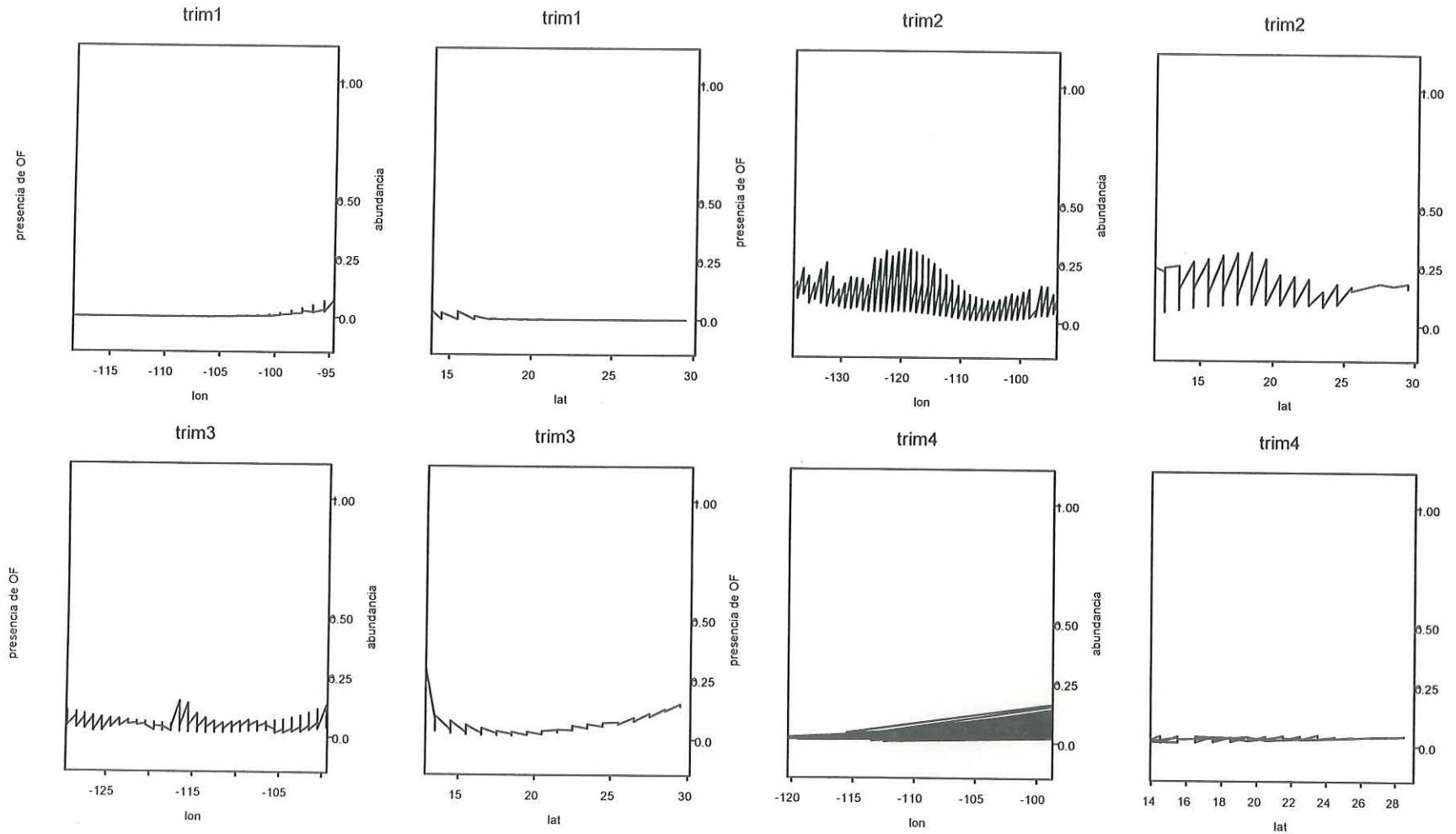


Fig 15.7. Comportamiento de la presencia de Objetos Flotantes por latitud, longitud y trimestre del año (1989)

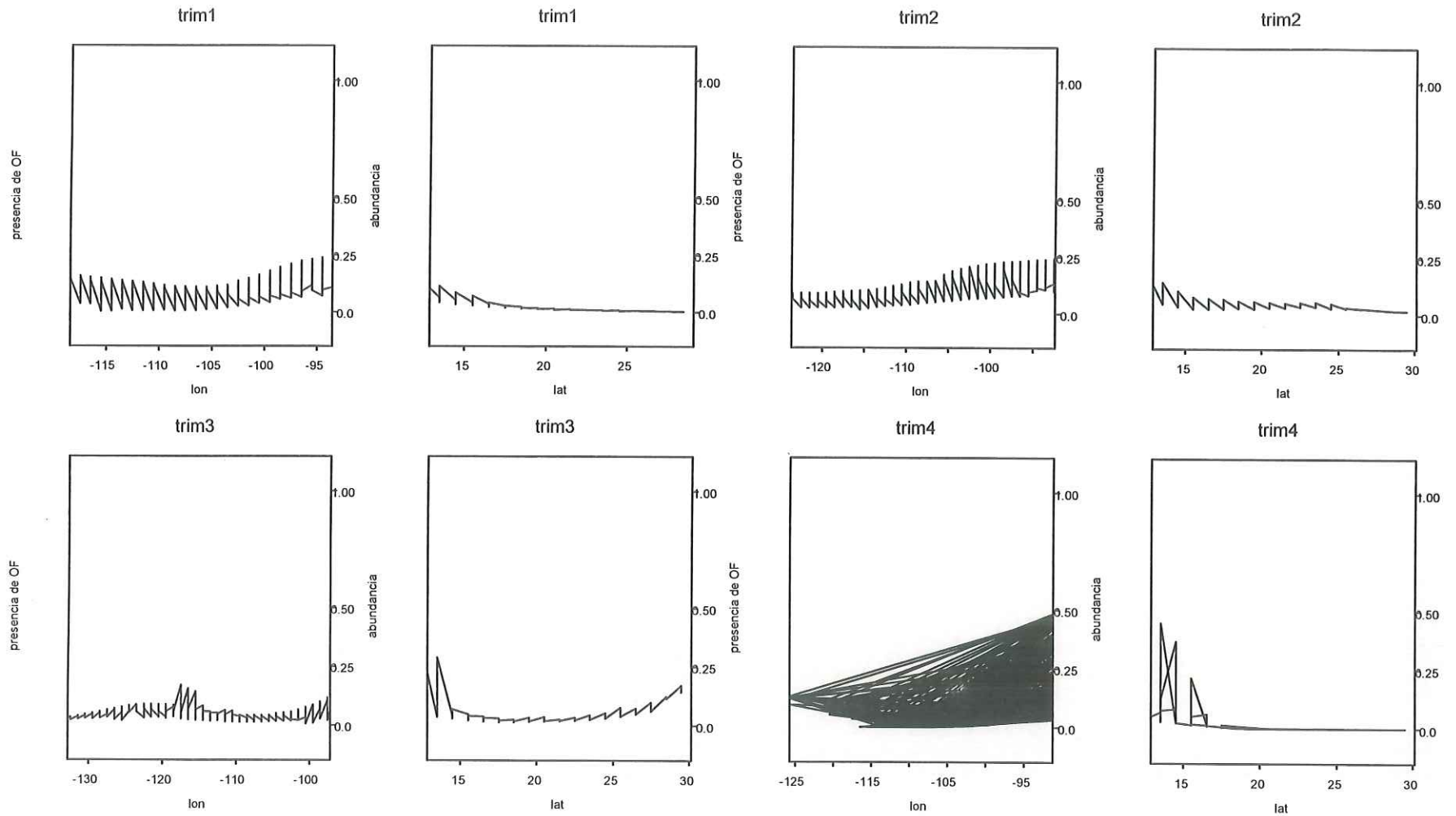


Fig 15.8. Comportamiento de la presencia de Objetos Flotantes por latitud, longitud y trimestre del año (1990)

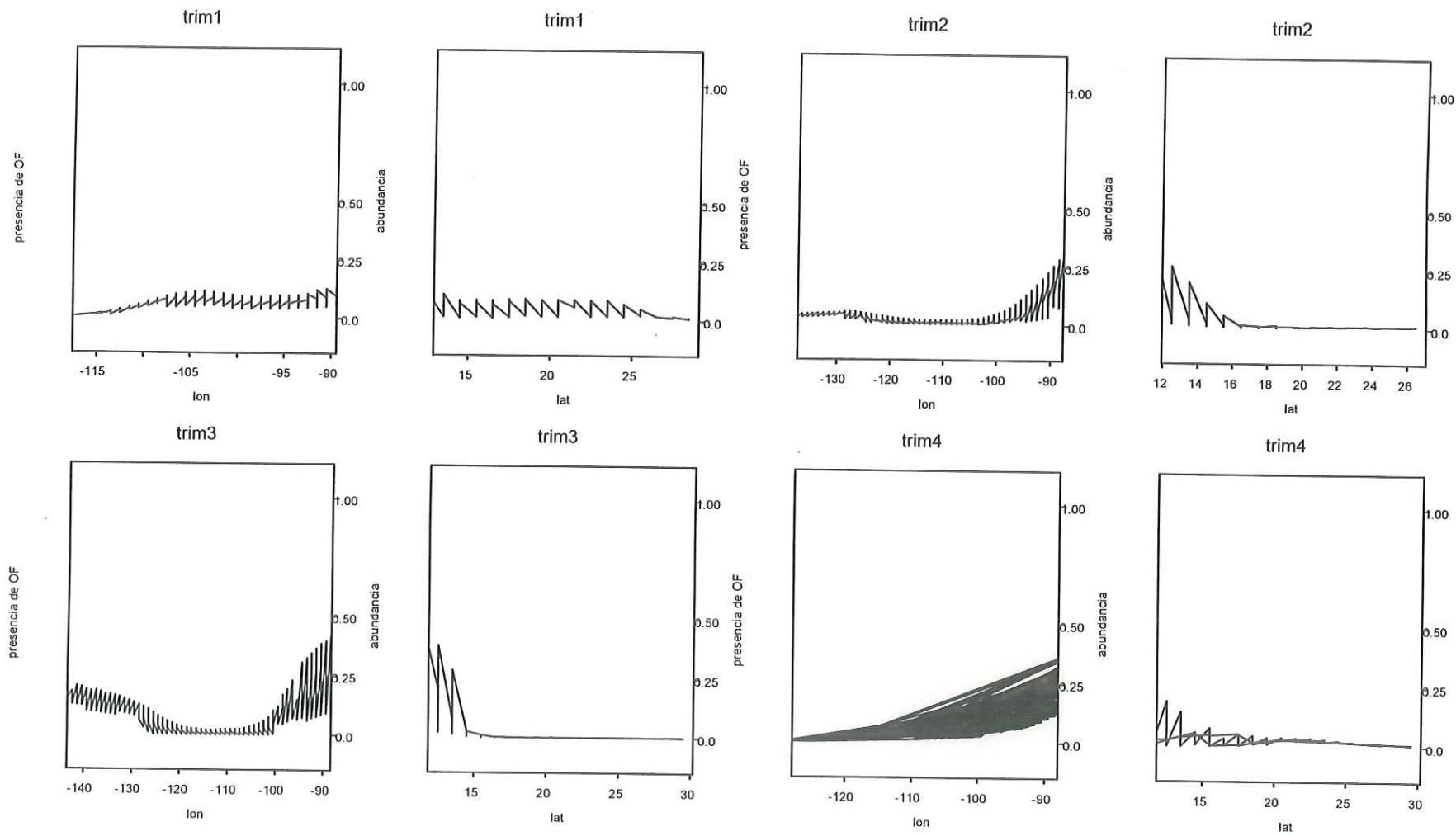


Fig 15.9. Comportamiento de la presencia de Objetos Flotantes por latitud, longitud y trimestre del año (1991)

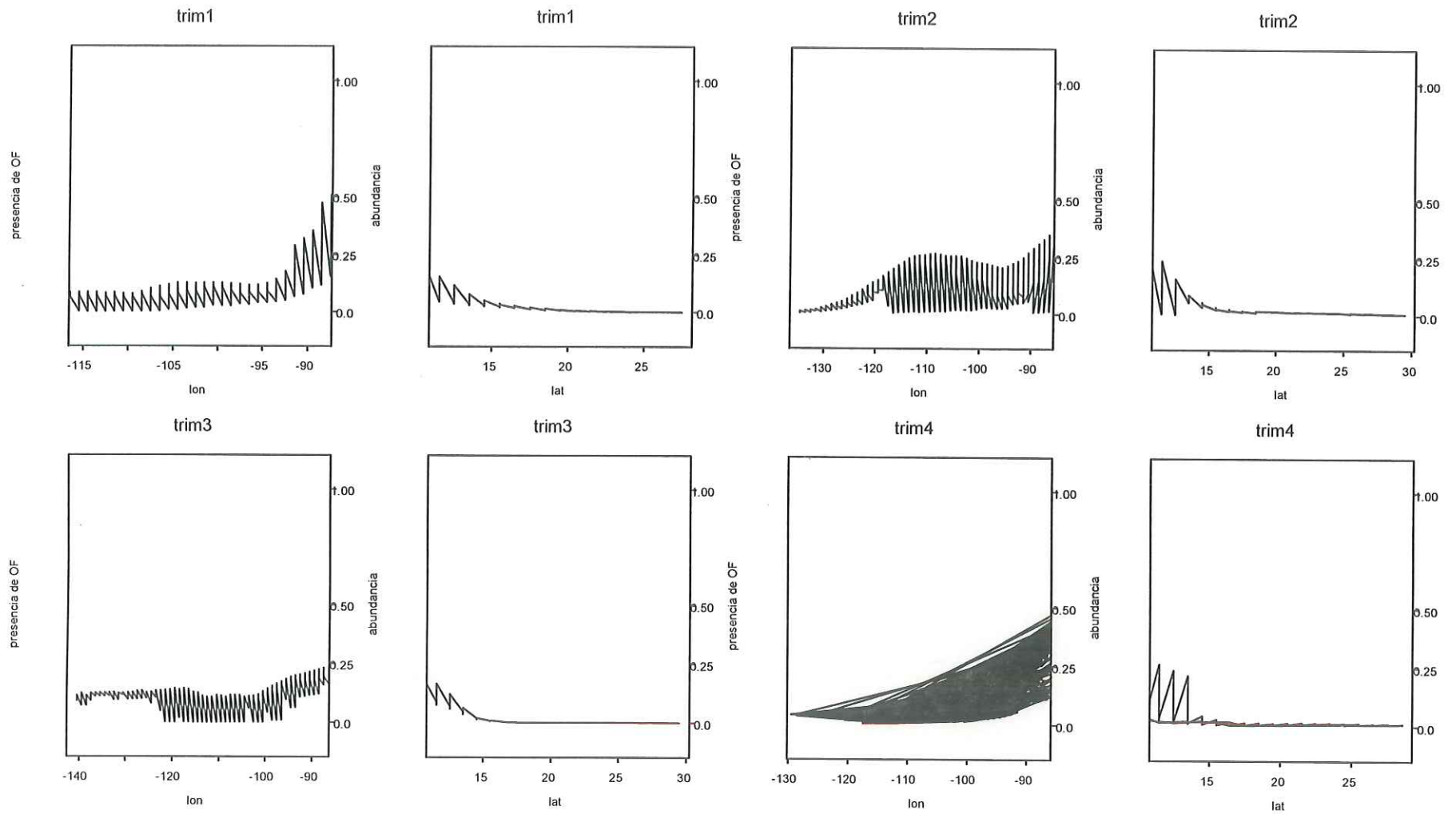


Fig 15.10. Comportamiento de la presencia de Objetos Flotantes por latitud, longitud y trimestre del año (1992)

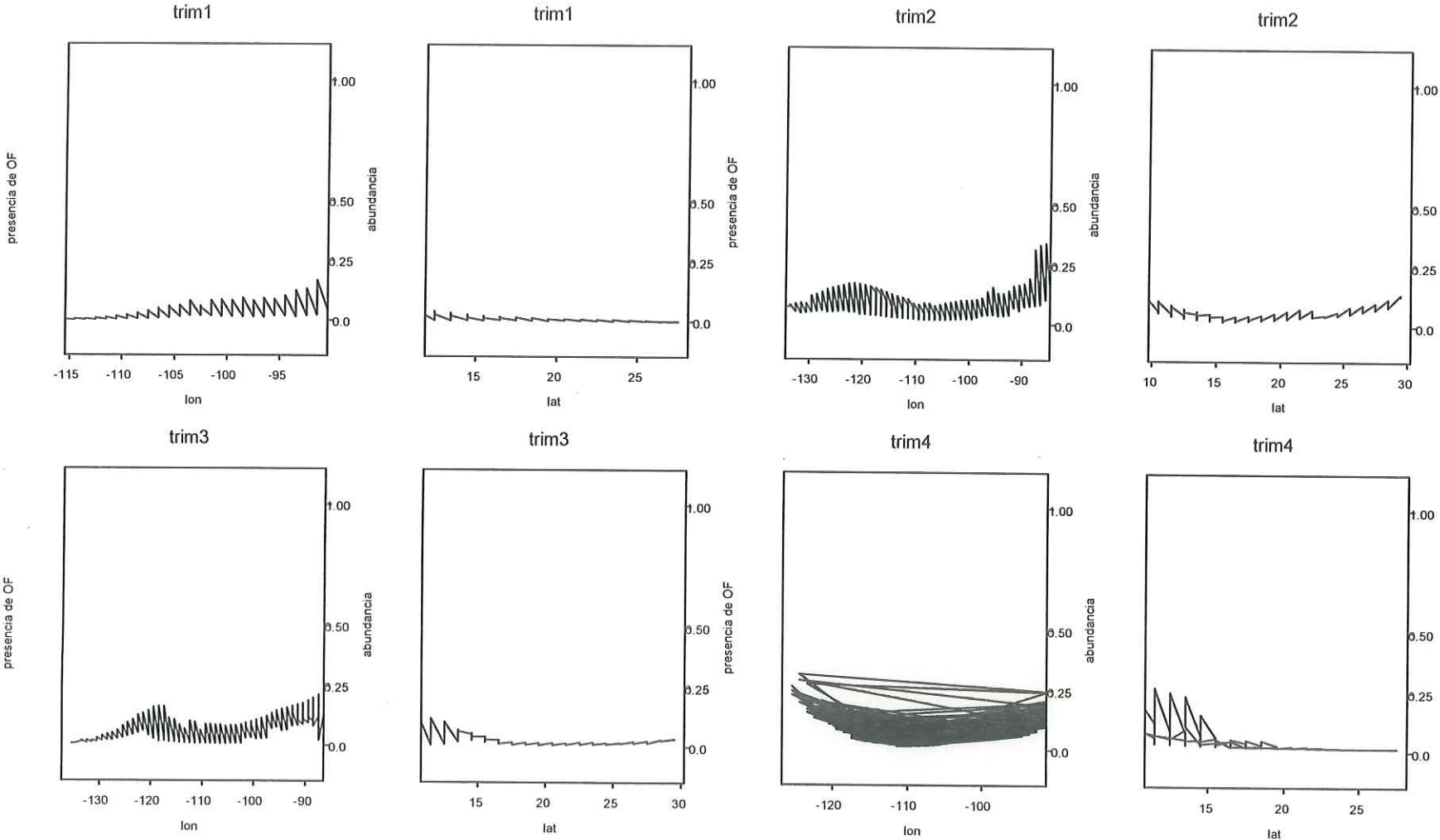


Fig 15.11. Comportamiento de la presencia de Objetos Flotantes por latitud, longitud y trimestre del año (1993)

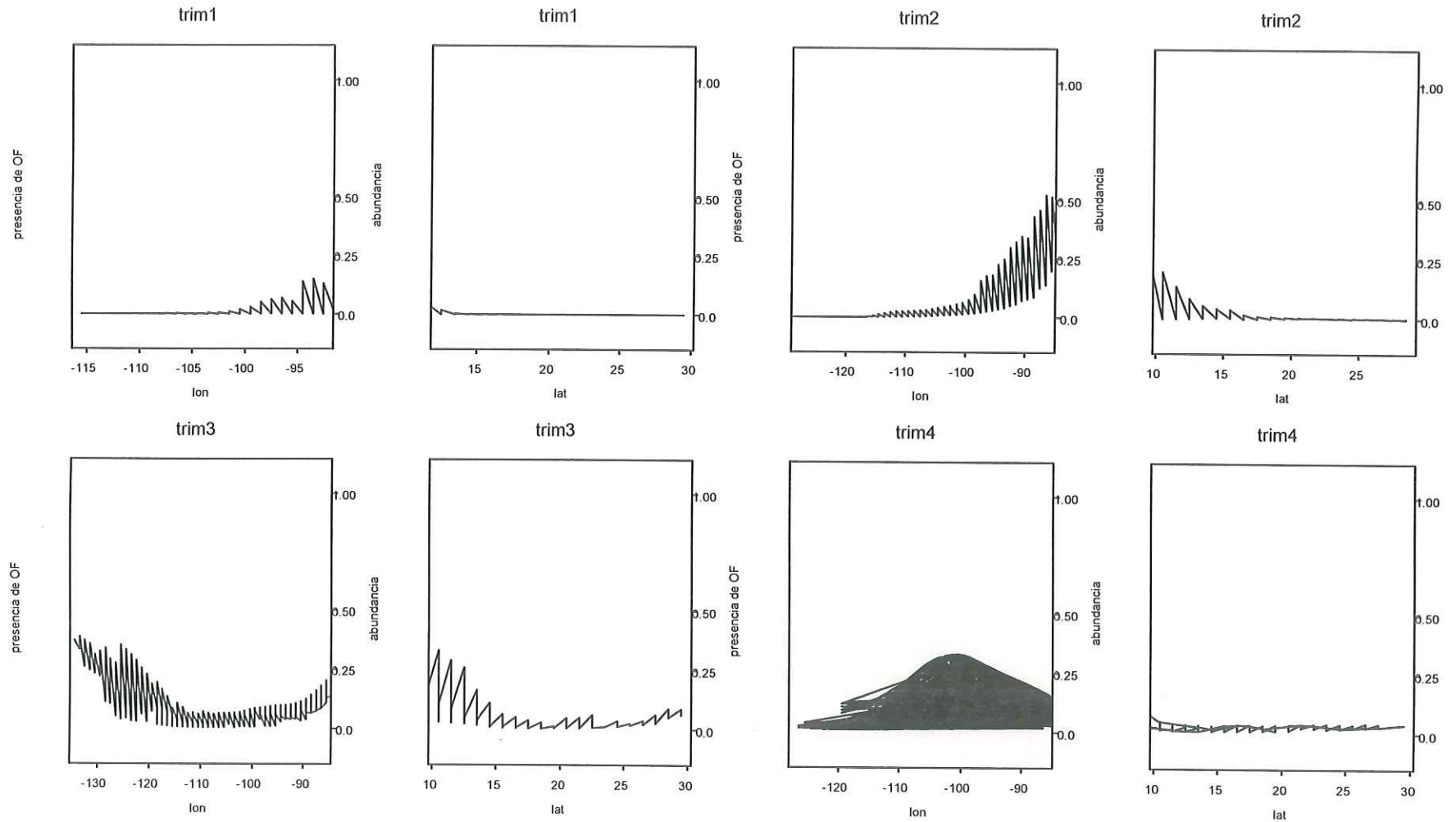


Fig 15.12. Comportamiento de la presencia de Objetos Flotantes por latitud, longitud y trimestre del año (1994)

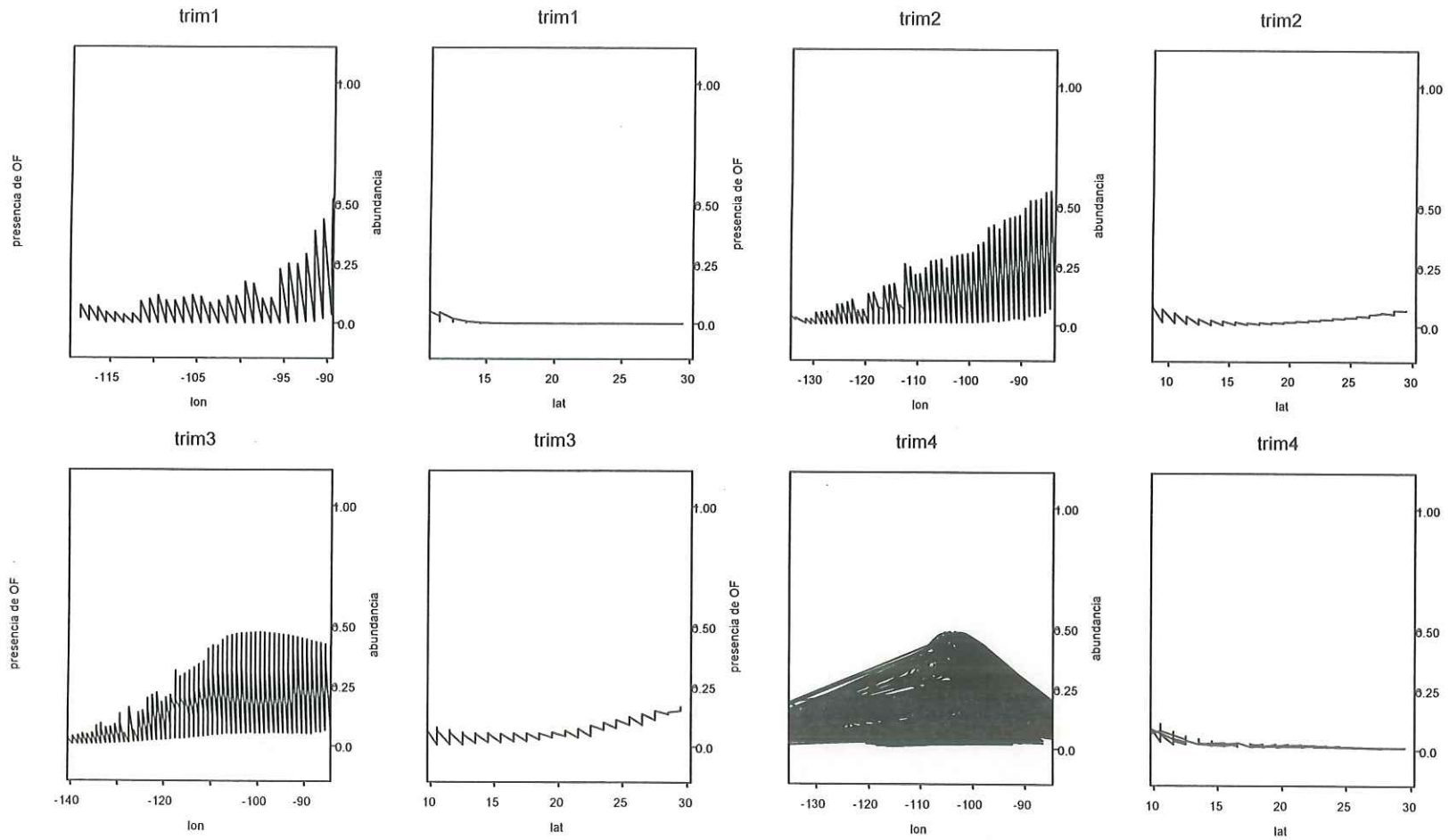


Fig 16.1. Estimación de la distribución y abundancia de los objetos flotantes por trimestre (1983). a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

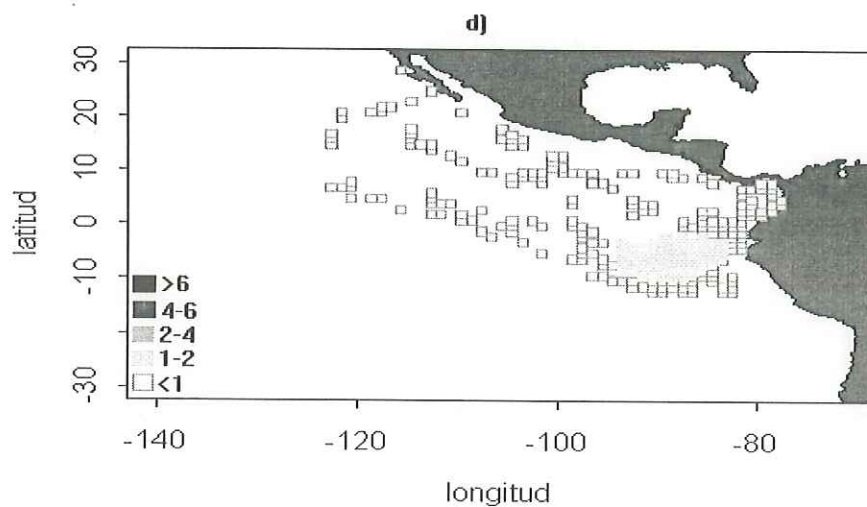
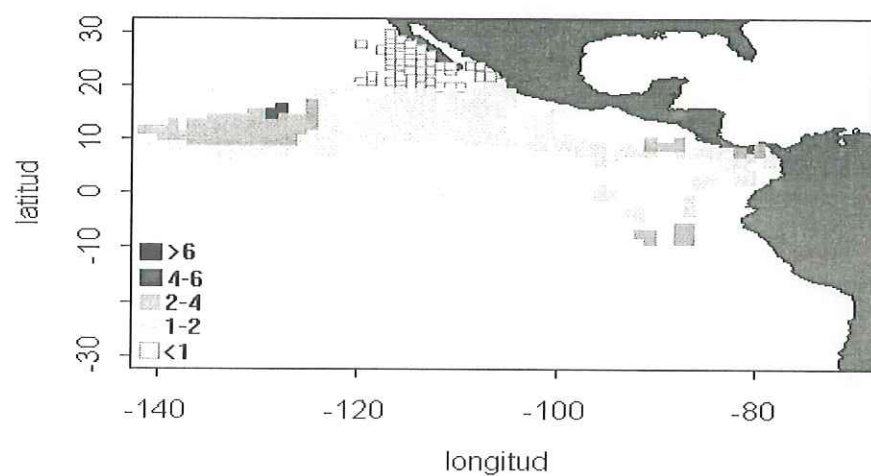
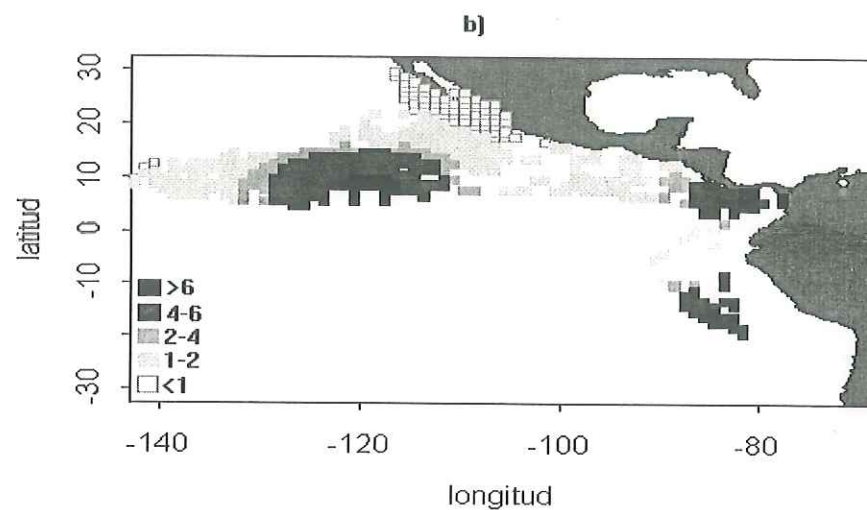
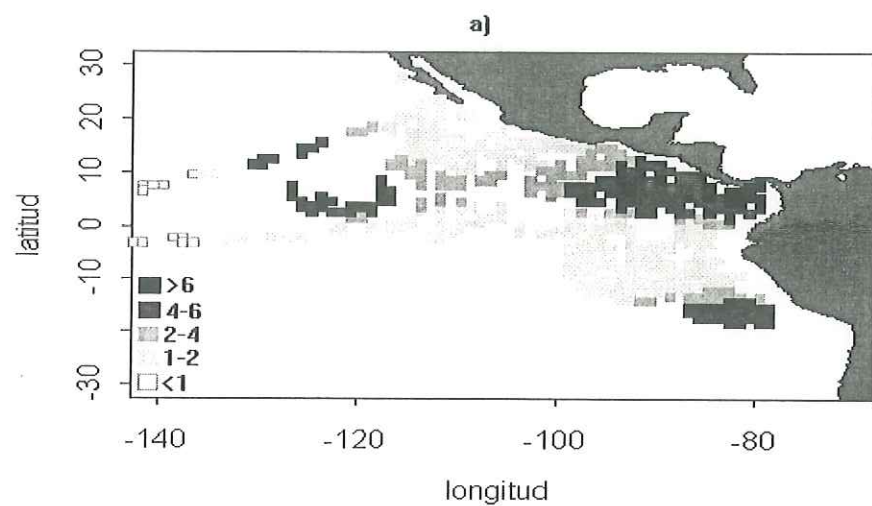


Fig 16.2. Estimación de la distribución y abundancia de los objetos flotantes por trimestre (1984). a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

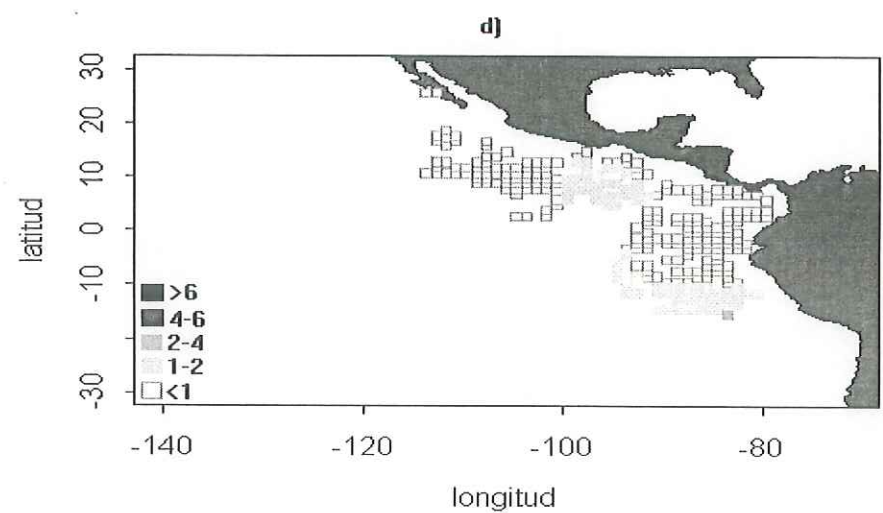
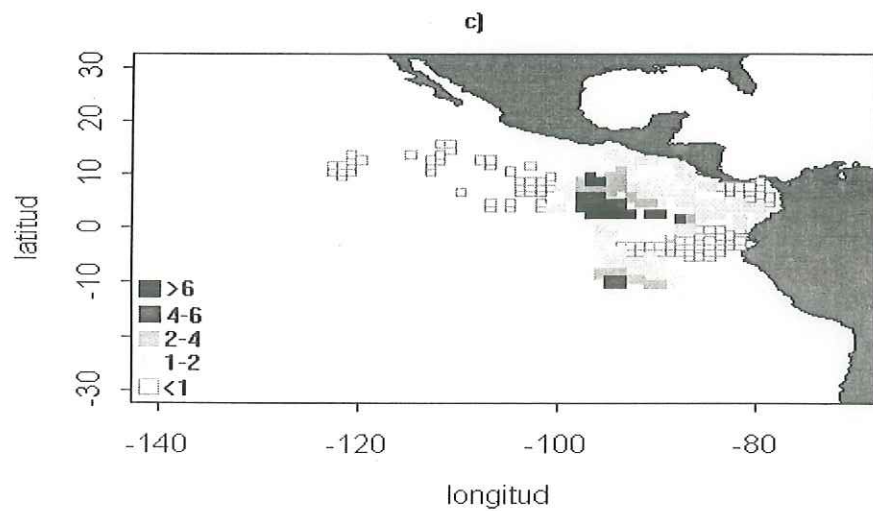
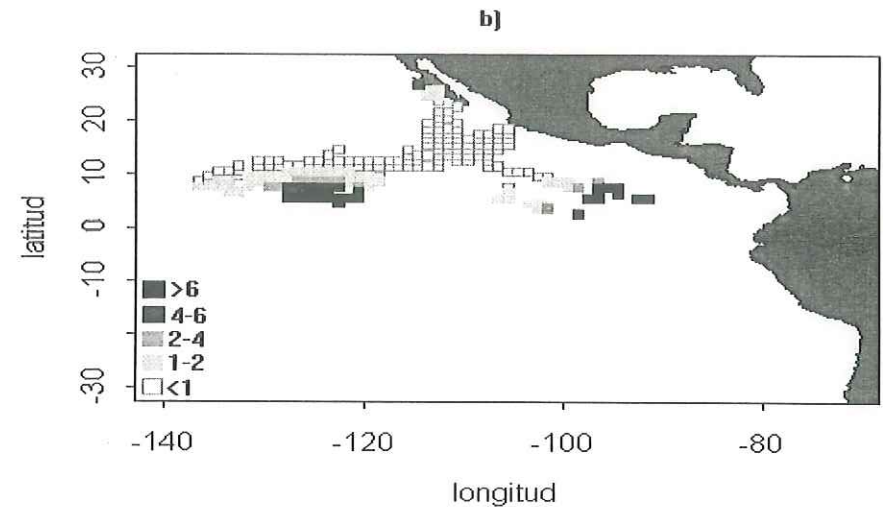
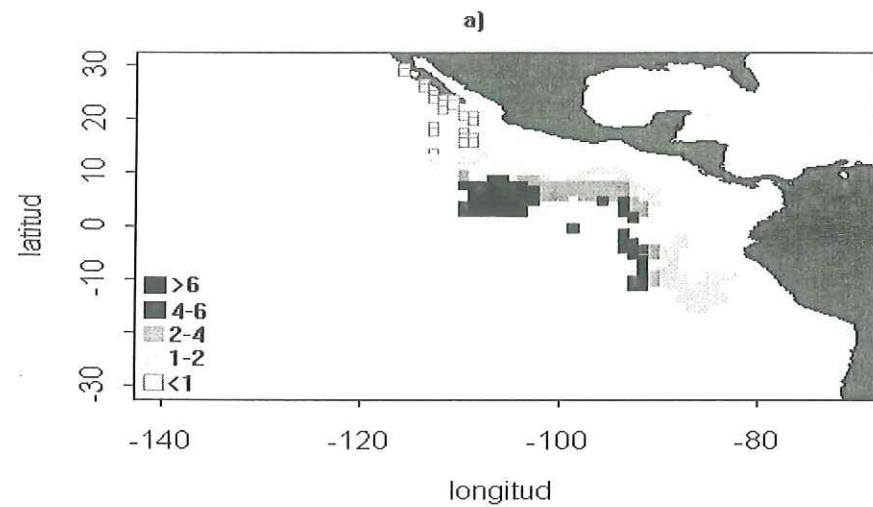


Fig 16.3. Estimación de la distribución y abundancia de los objetos flotantes por trimestre (1985). a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

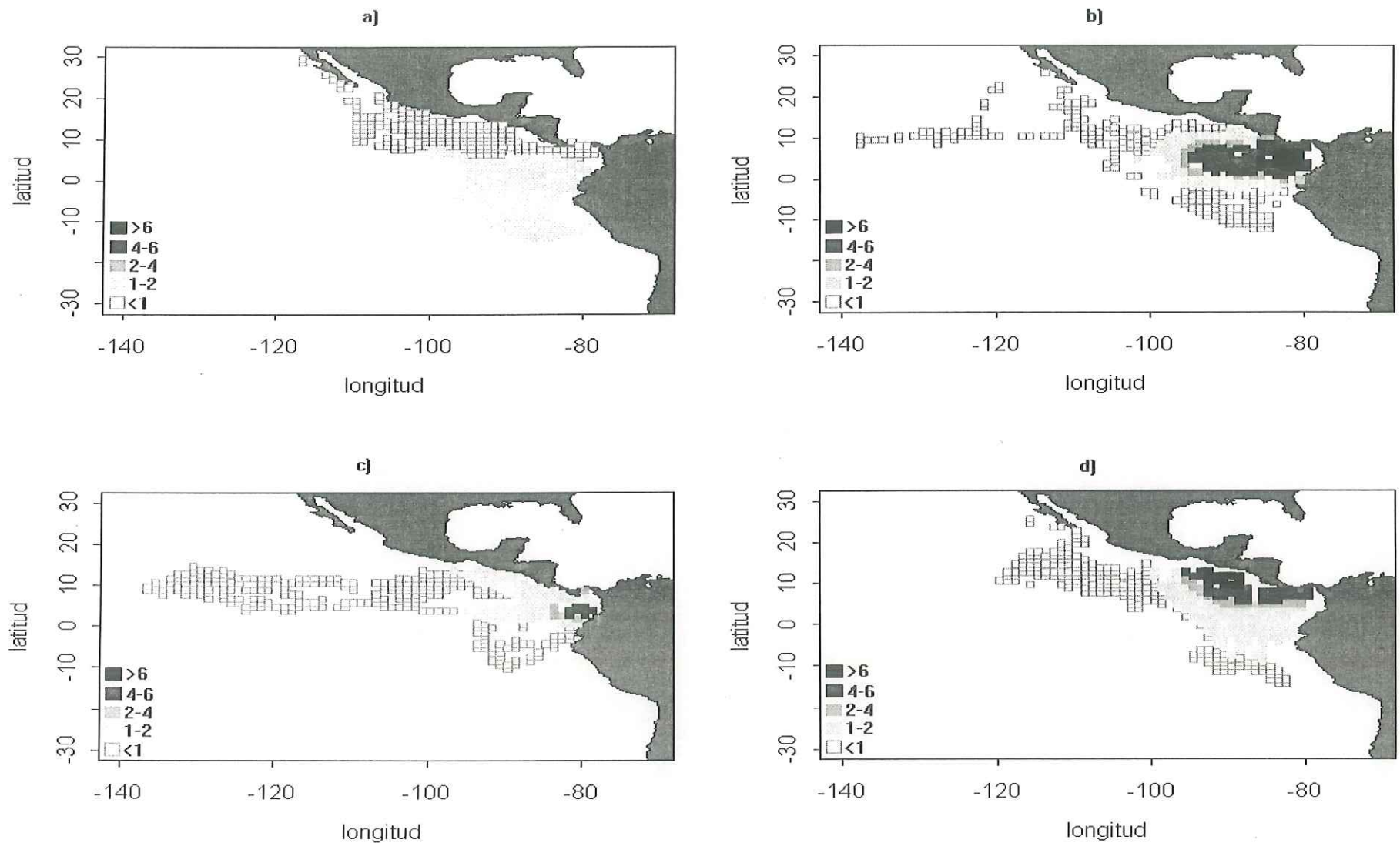


Fig 16.4. Estimación de la distribución y abundancia de los objetos flotantes por trimestre (1986). a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

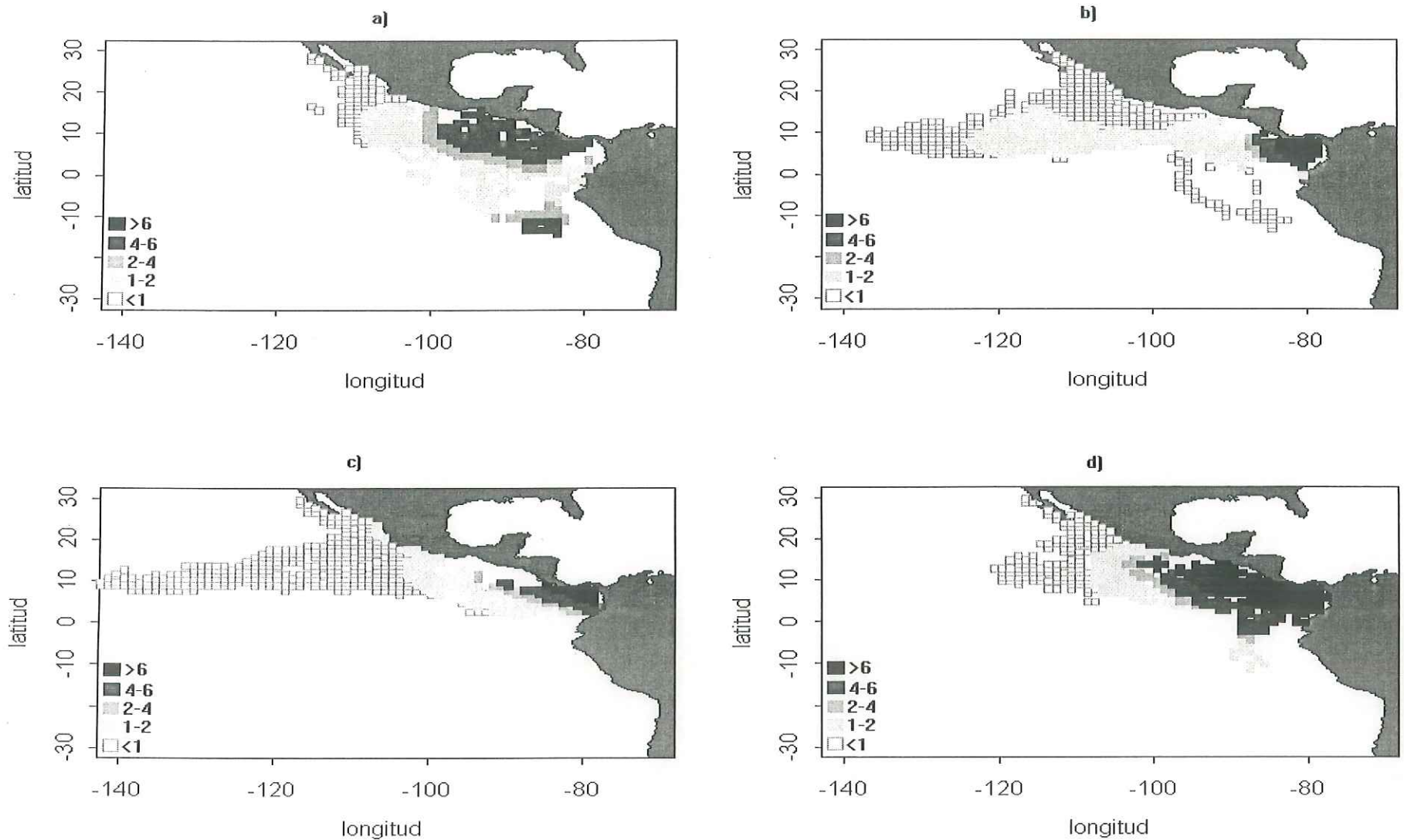


Fig 16.5. Estimación de la distribución y abundancia de los objetos flotantes por trimestre (1987). a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

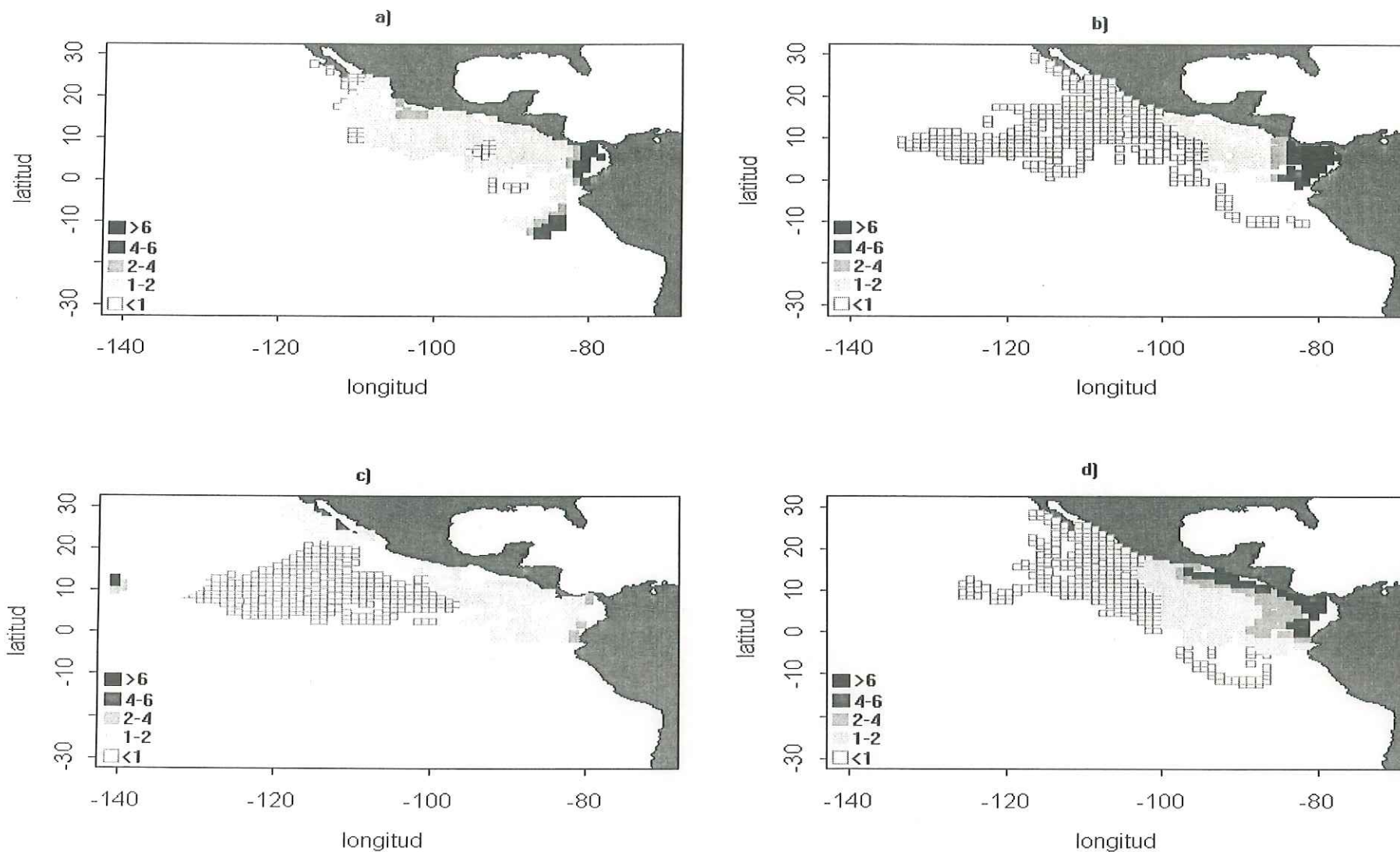


Fig 16.6. Estimación de la distribución y abundancia de los objetos flotantes por trimestre (1988). a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

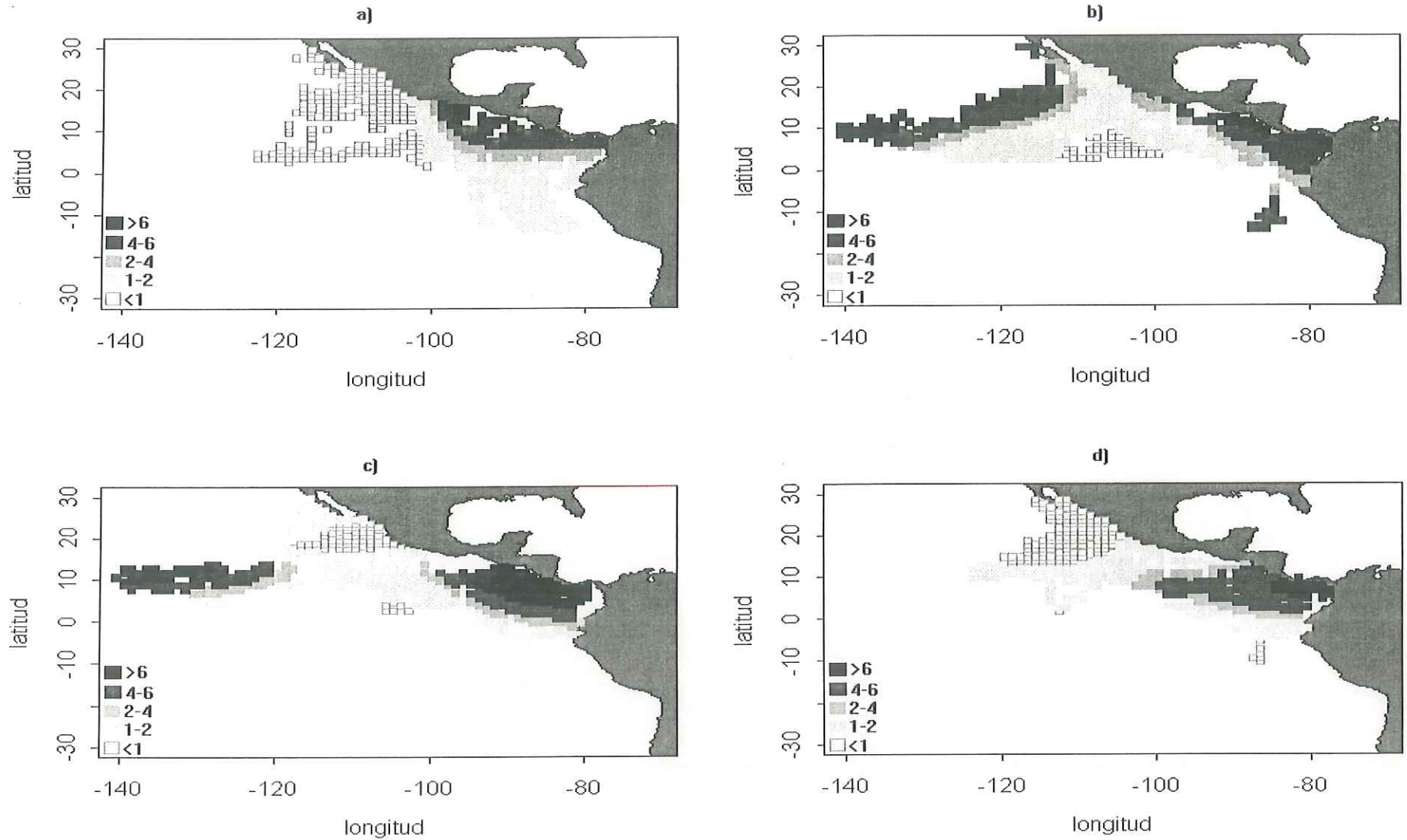


Fig 16.7. Estimación de la distribución y abundancia de los objetos flotantes por trimestre (1989). a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

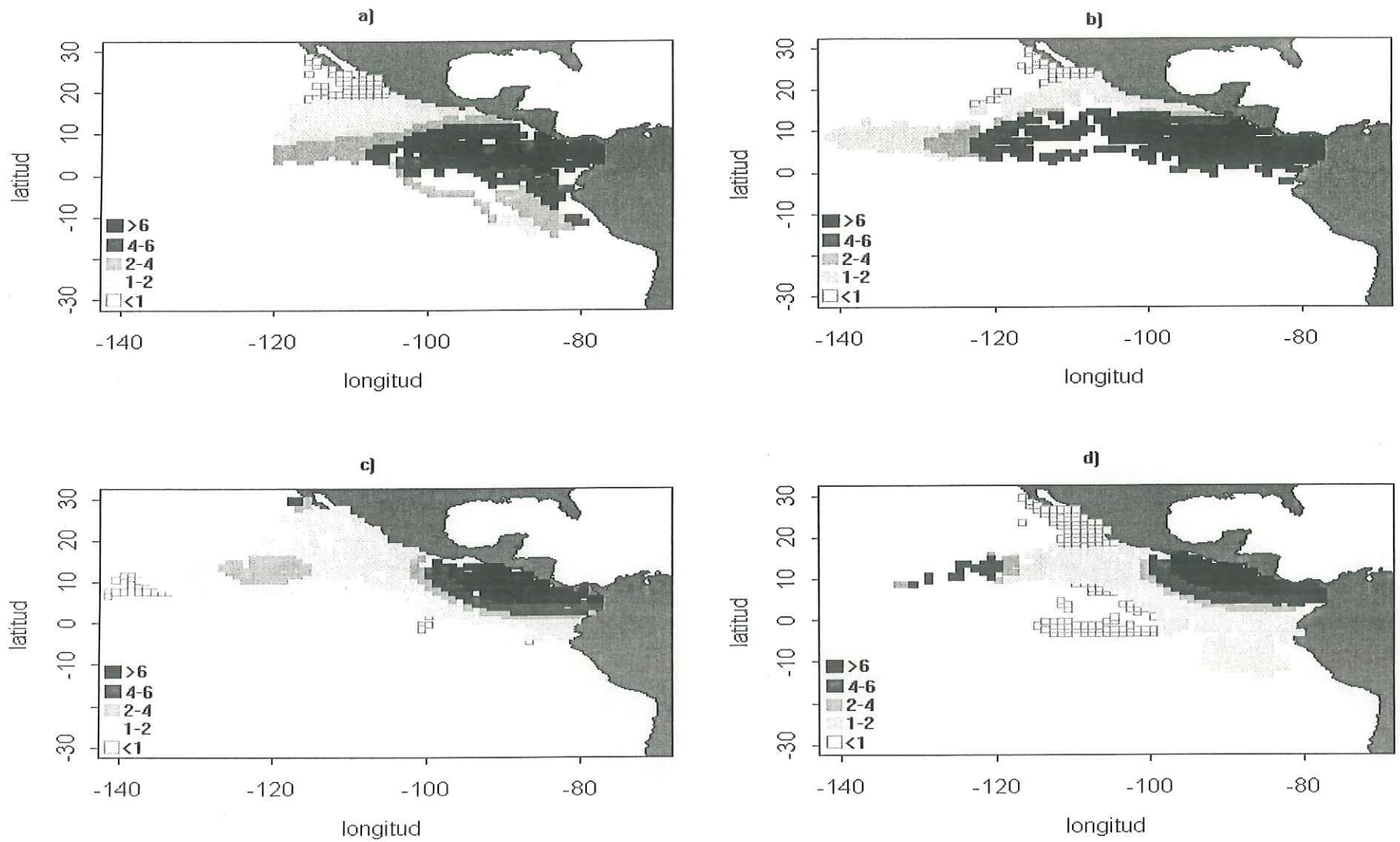


Fig 16.8. Estimación de la distribución y abundancia de los objetos flotantes por trimestre (1990). a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

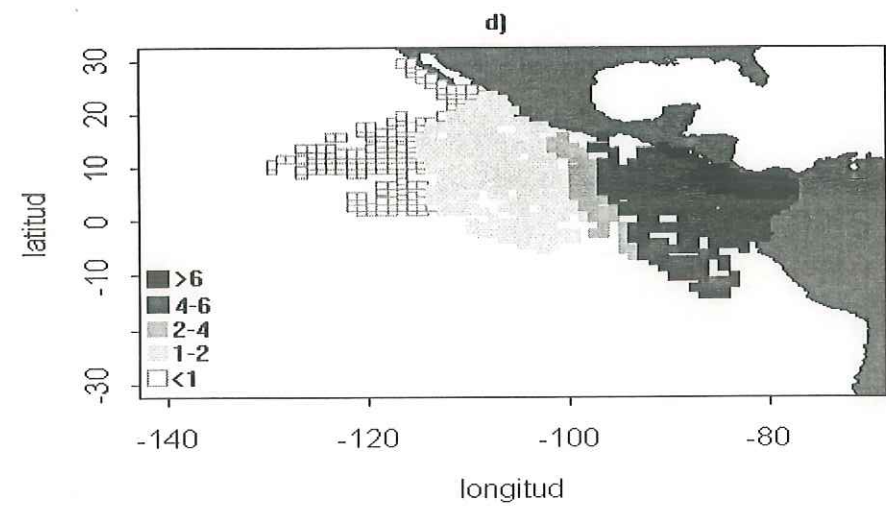
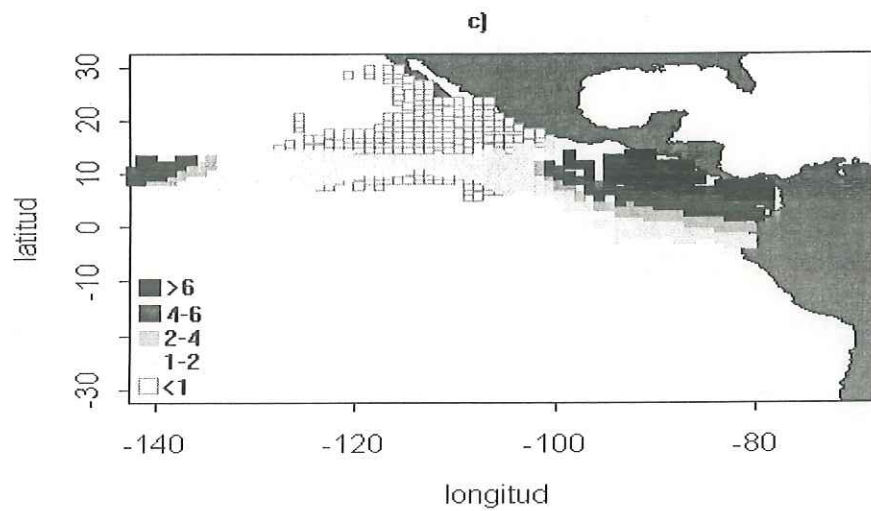
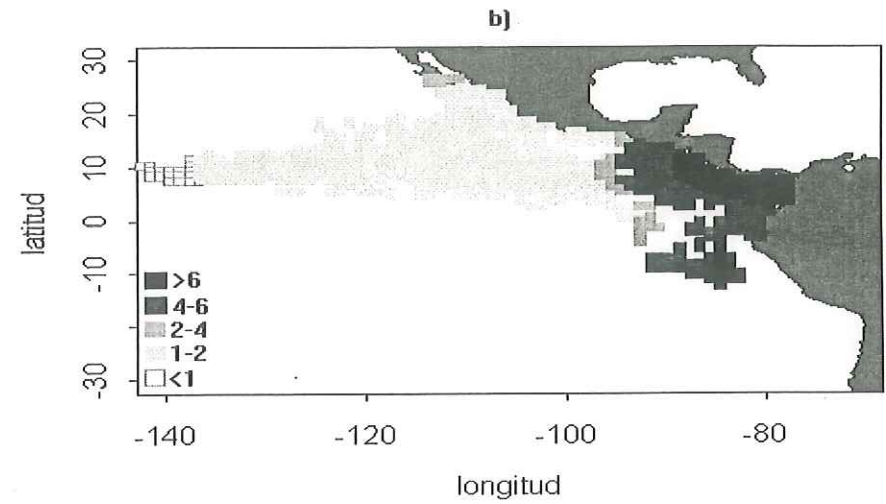
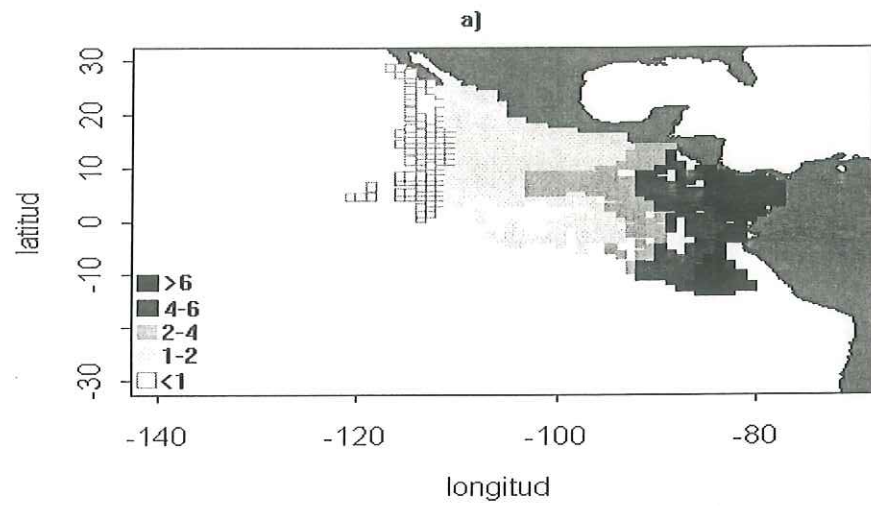


Fig 16.9. Estimación de la distribución y abundancia de los objetos flotantes por trimestre (1991). a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

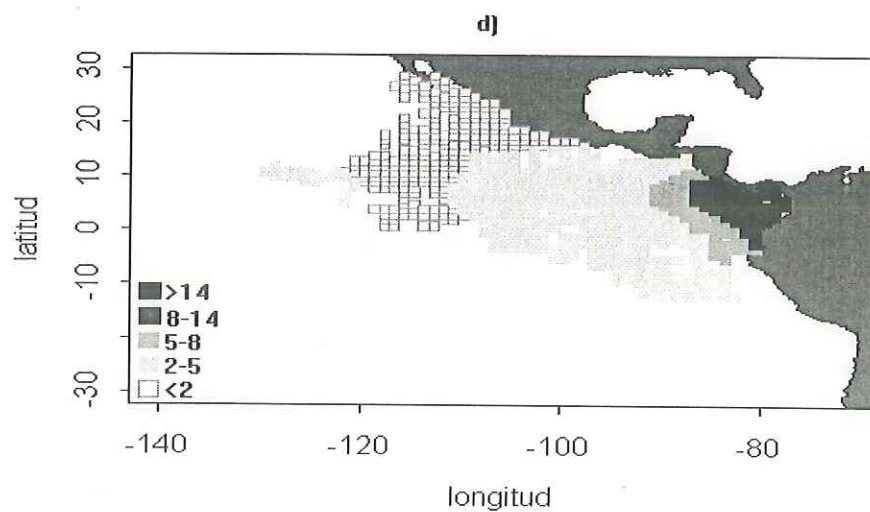
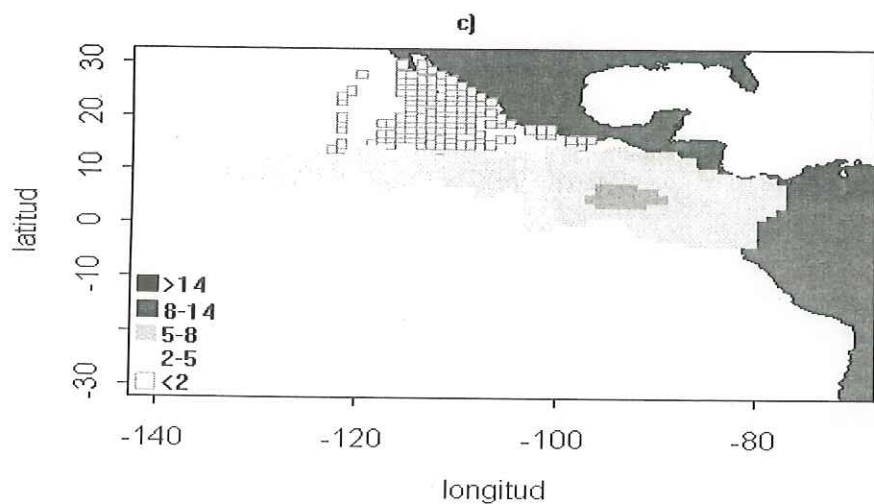
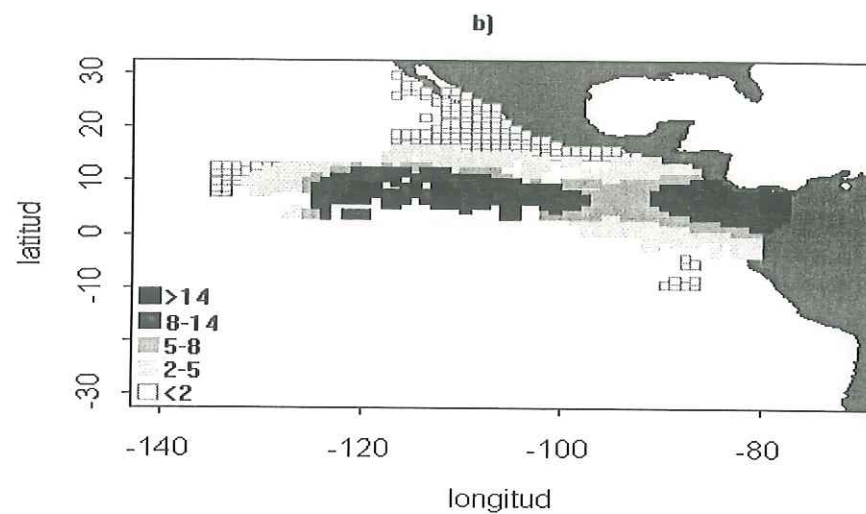
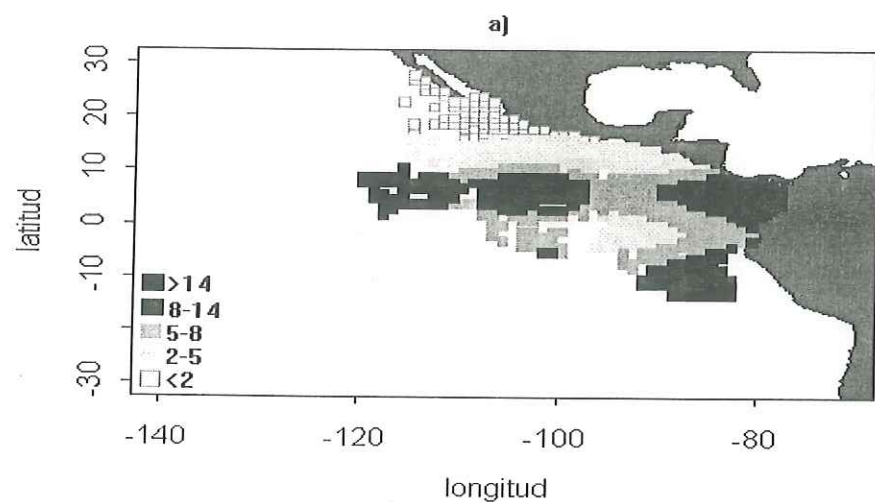


Fig 16.10. Estimación de la distribución y abundancia de los objetos flotantes por trimestre (1992). a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

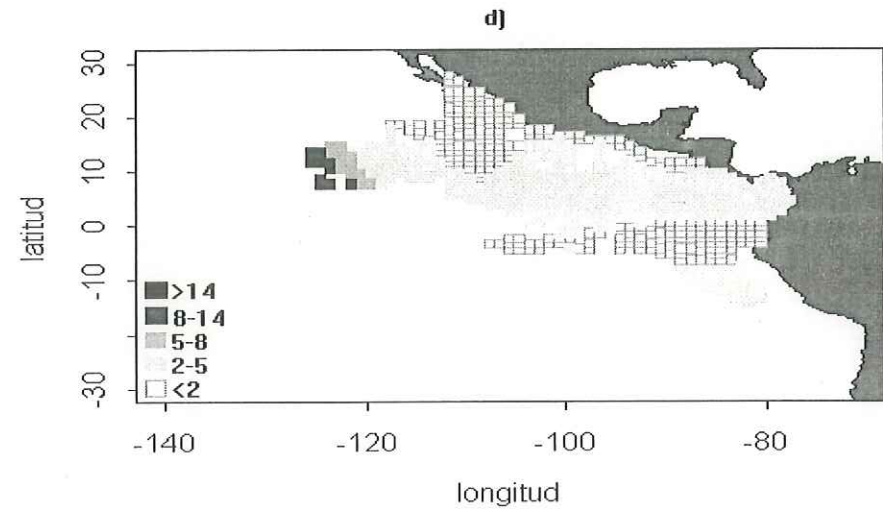
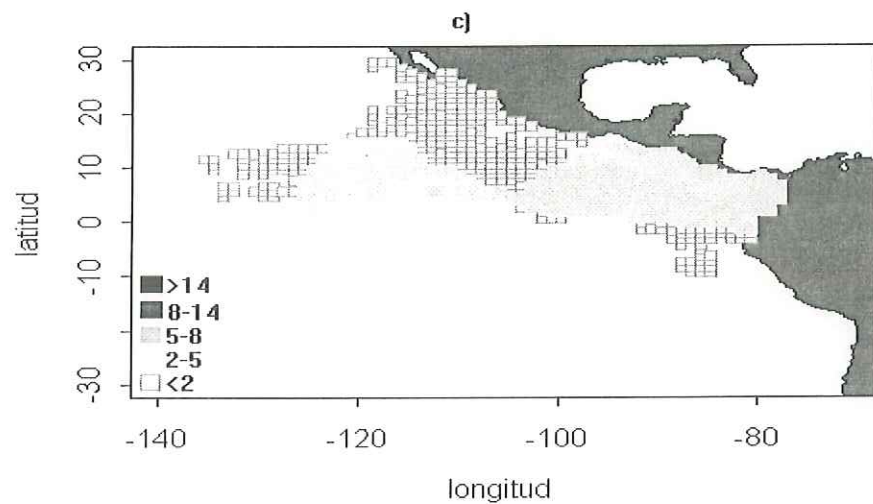
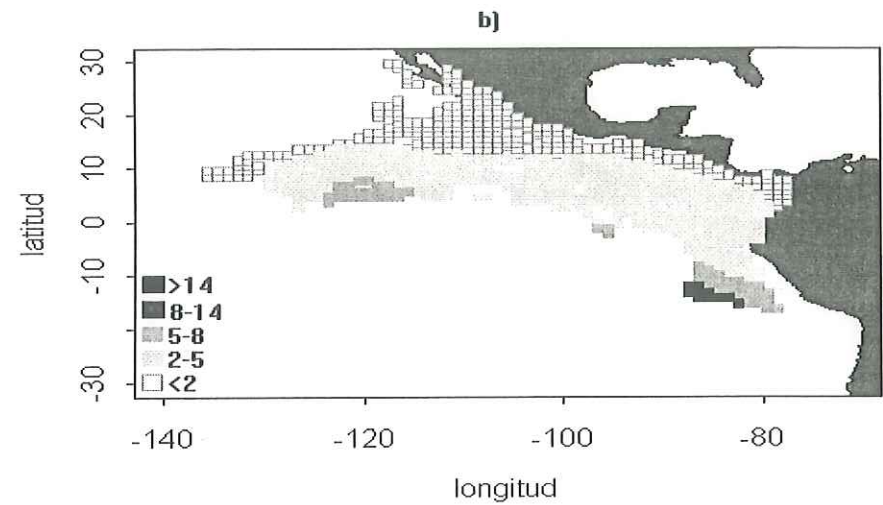
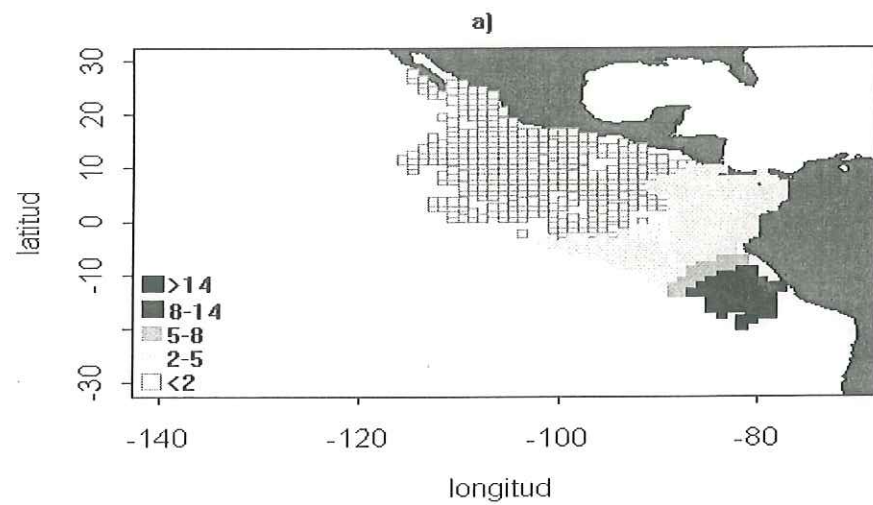


Fig 16.11. Estimación de la distribución y abundancia de los objetos flotantes por trimestre (1993). a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

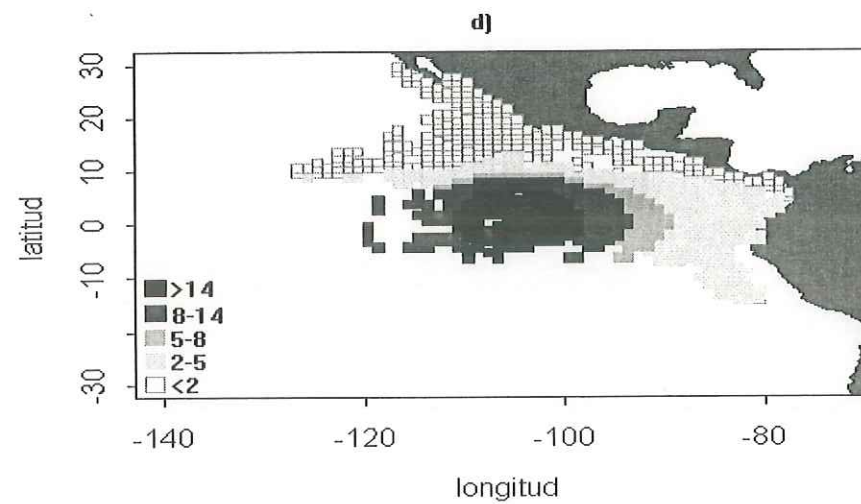
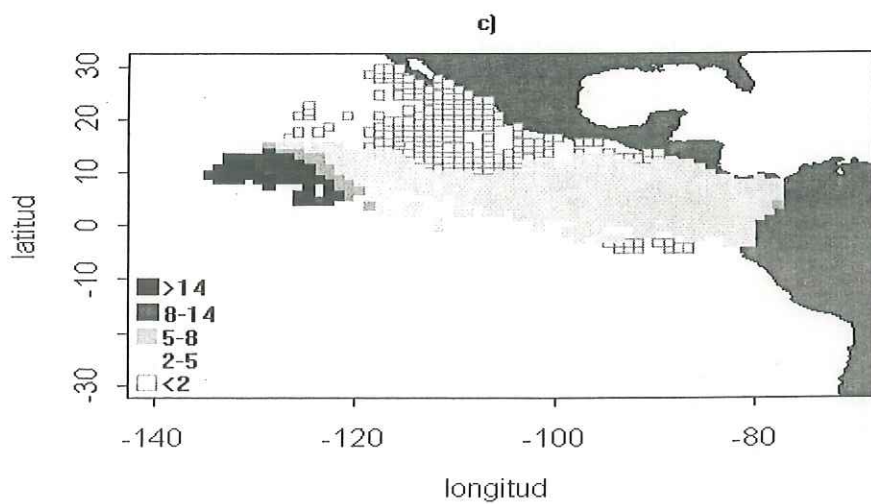
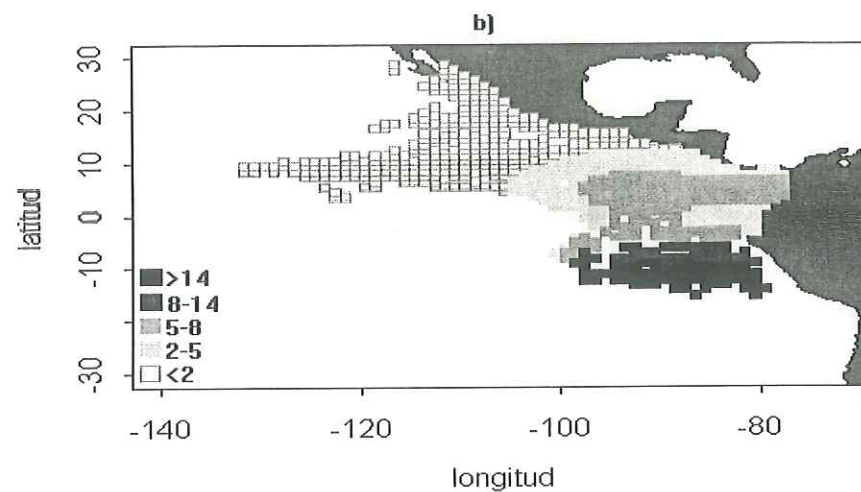
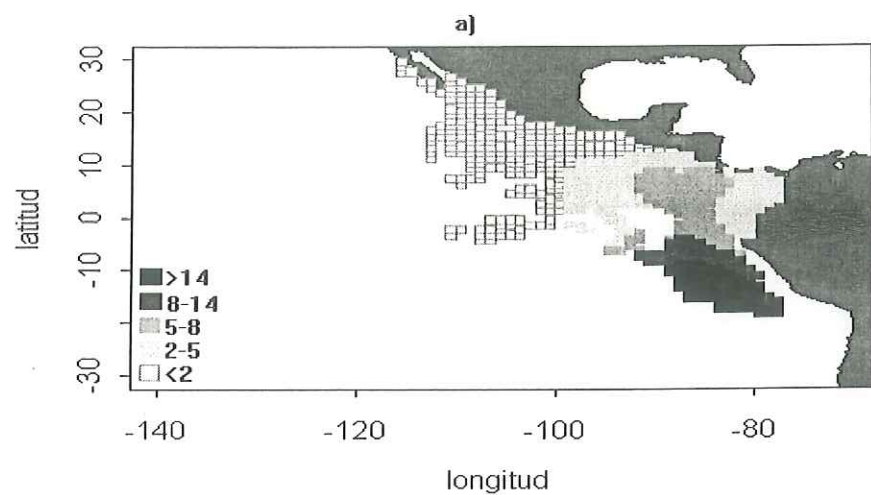


Fig 16.12. Estimación de la distribución y abundancia de los objetos flotantes por trimestre (1994). a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre

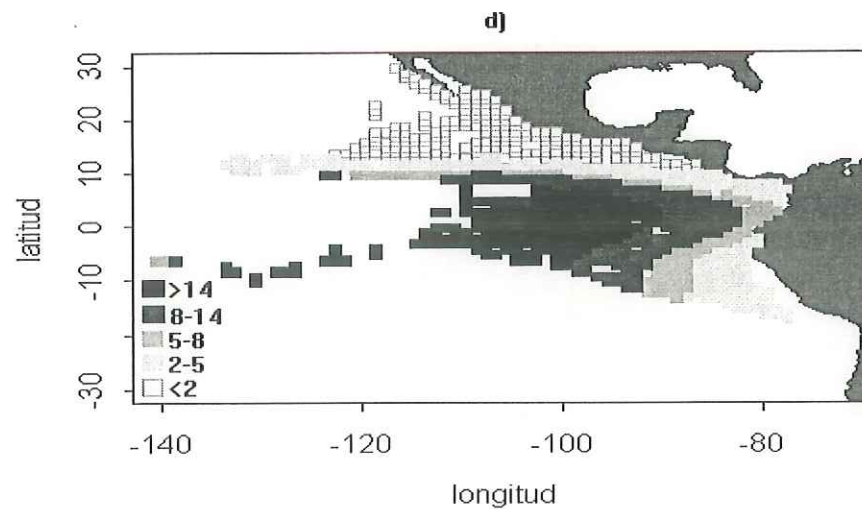
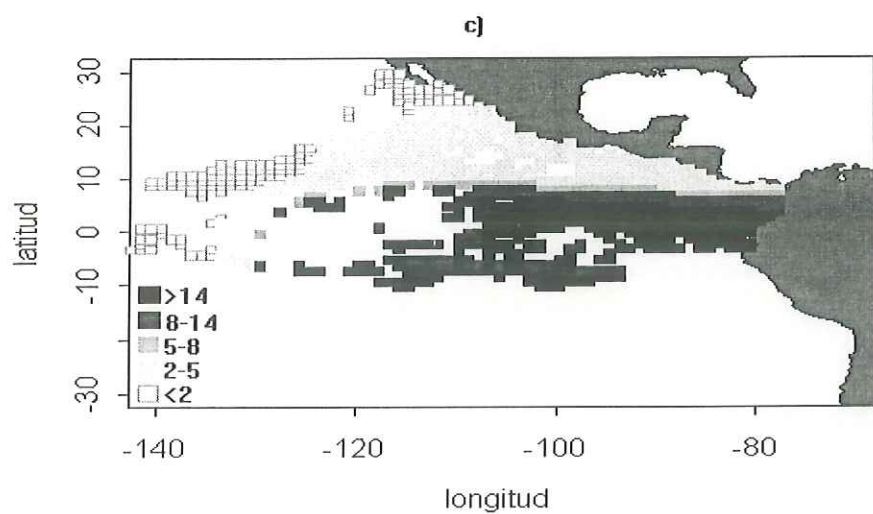
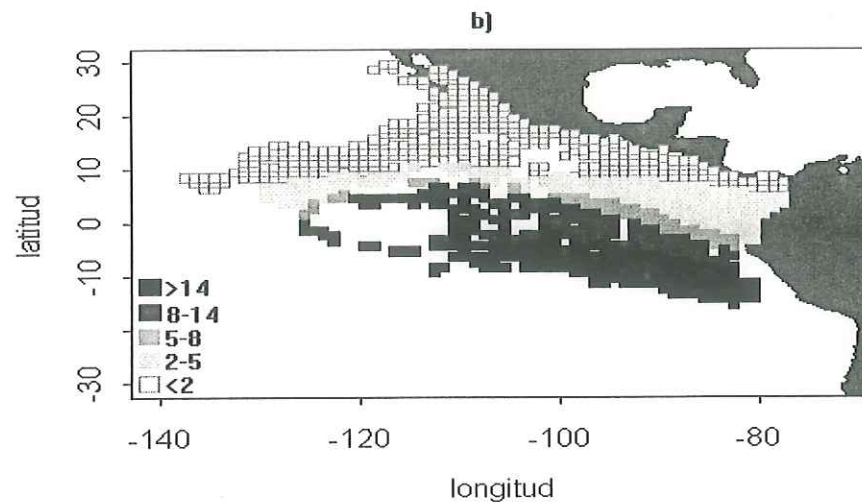
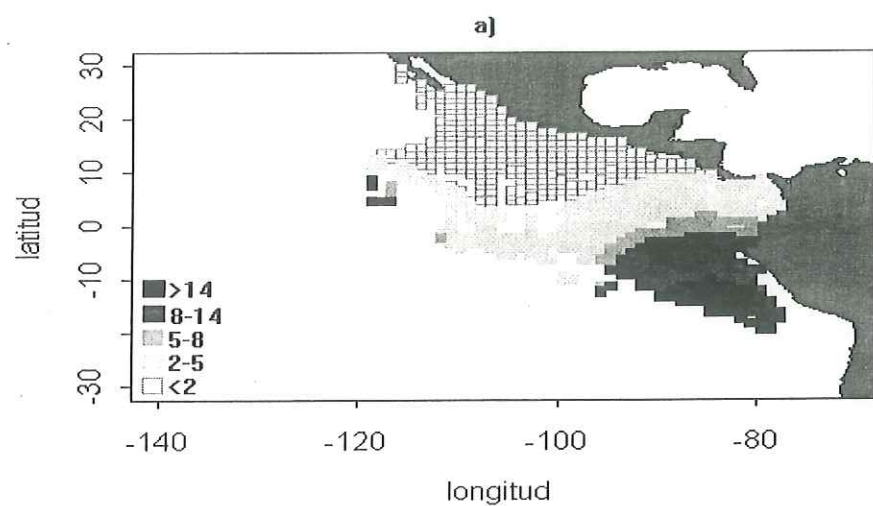


Fig 17. Series de Tiempo de abundancias de OF y anomalías de precipitación pluvial en la zona de reclutamiento de OF (1981-1994)

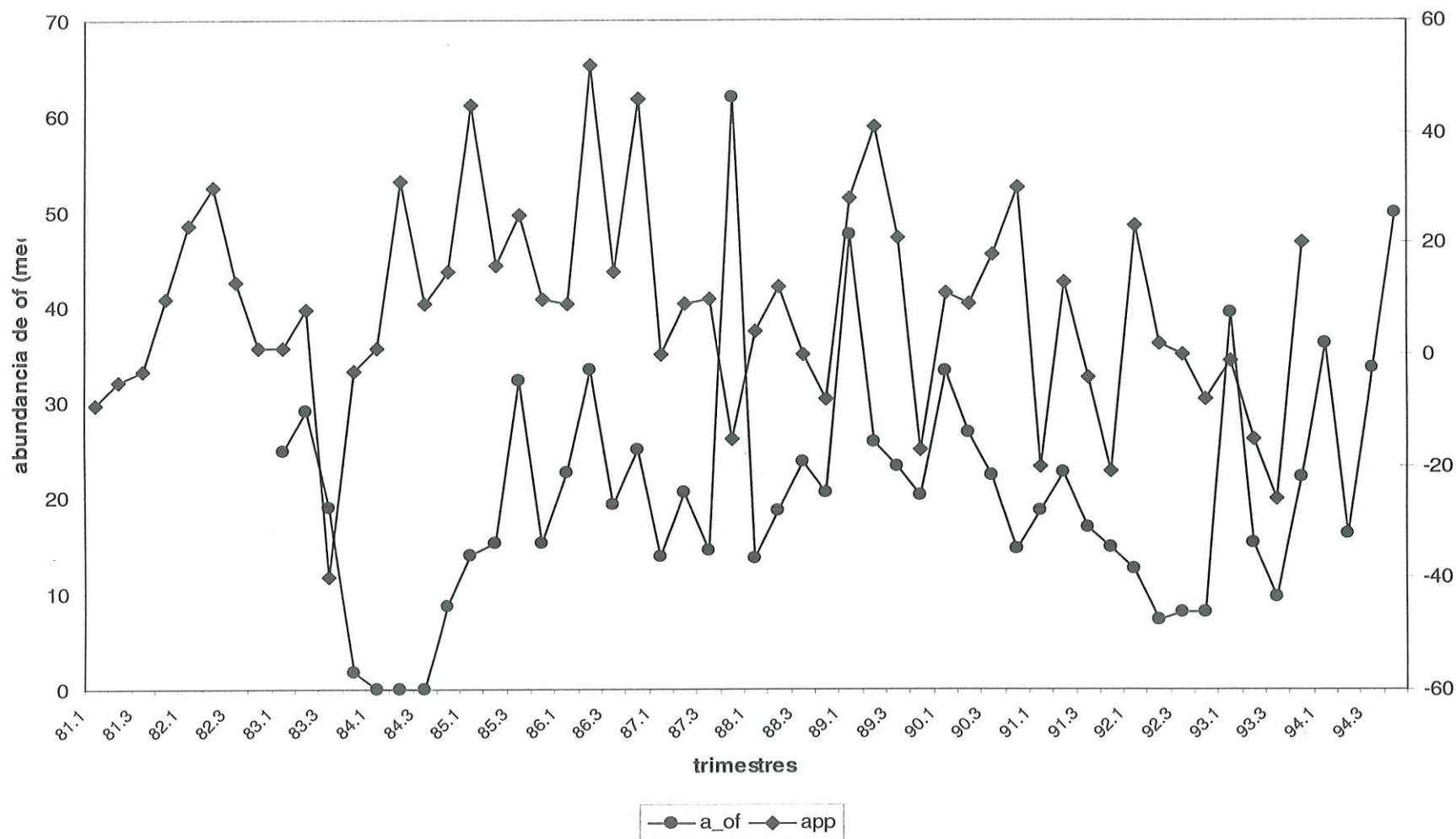
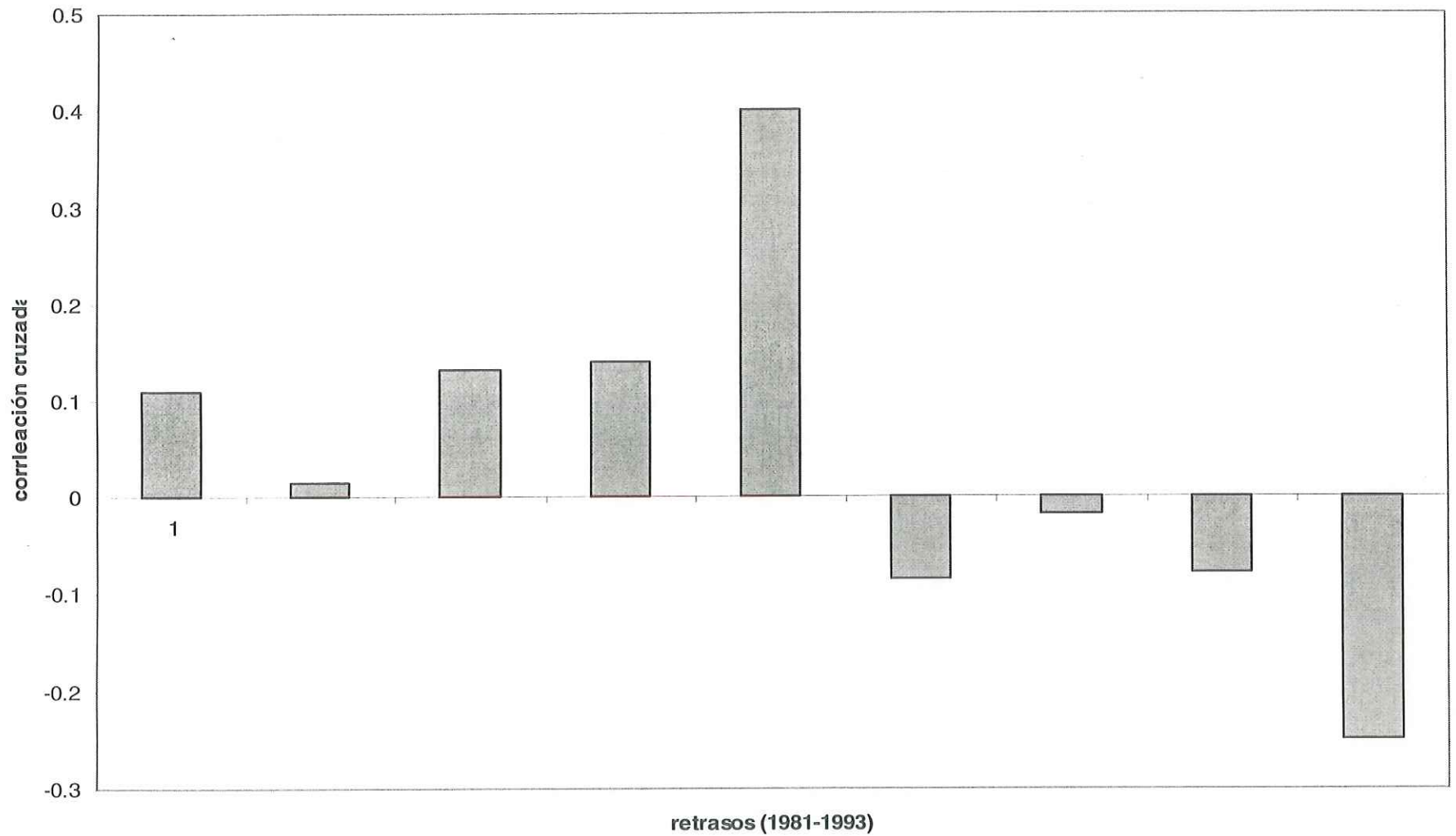


Fig 18. Correlación cruzada entre la abundancia de OF (mediana) y las anomalías de precipitación pluvial. 1983-1993.



CAPÍTULO 2 PATRONES ESPACIALES DE LOS OBJETOS FLOTANTES EN EL PACÍFICO ORIENTAL

RESUMEN

Se clasificó espacialmente a los lances pesqueros sobre objetos flotantes (OF) en el Pacífico Oriental, con base a dos características: las tasas de encuentro y el tipo de objeto flotante. La tasa de encuentro se define como el número de lances pesqueros realizados durante un trimestre en un cuadrante de un grado con respecto al esfuerzo pesquero (número total de millas navegadas en estado de búsqueda). Se observa que en los años de 1993 y anteriores a este, los valores de las tasas de encuentro son altos en lugares cercanos a la costa. Sin embargo, a partir de 1994 la región occidental de las Islas Galápagos tiene una importancia relativamente mayor en comparación con la zona costera. De 1987 a 1997 se observaron 34 tipos de OF que se clasificaron en cuatro grupos: 1) OF naturales terrestres; 2) OF naturales marinos; 3) OF de origen antropogénico; y 4) Dispositivos para agregar peces (DAP). Se observa una expansión espacial de las actividades pesqueras sobre estos objetos de 1987-1991 a 1996, de la costa americana hacia la parte occidental del Pacífico Oriental (OPO). Esta expansión se observa acompañada de un cambio en el porcentaje de tipos de OF; en los primeros años de la serie, el mayor número de lances pesqueros se realizaron sobre OF naturales terrestres, mientras que a partir de 1992 se observa un dominio de lances sobre objetos artificiales, principalmente DAP's. En su distribución espacial los OF naturales terrestres dominan en zonas costeras, principalmente en el golfo de Panamá y frente al golfo de Guayaquil, así como en una franja orientada de este a oeste centrada en los 10° N. Los

DAP's, por su parte, dominan la región al sur de los 5° N y al oeste de los 90° W. Los OF naturales marinos se observan en dos zonas: una al sur, frente a las costas de Ecuador y norte de Perú y otra al norte del OPO, frente a las costas de Baja California. En la primera zona predominan lances sobre animales marinos muertos, mientras que en la segunda se presentan en un 100% lances sobre vegetación marina a la deriva. Con estos resultados se definen tres zonas: 1) Zona Costera: golfo de Tehuantepec - golfo de Panamá - golfo de Guayaquil: desde la costa hasta aproximadamente los 90° W y entre los 5° S y los 15° N; 2) Zona oceánica sur, desde aprox. los 90° W hacia el oeste, al sur de los 5° N; y 3) Zona oceánica norte, a partir de los 5° N hacia el norte y al oeste de los 90° W.

INTRODUCCIÓN.

El océano Pacífico Oriental (OPO) recibe influencia de diferentes sistemas naturales o artificiales. Esta influencia puede ser de transferencia de materiales inorgánicos (por ejemplo: nutrimentos esenciales para la fotosíntesis, como fosfatos y nitratos) y orgánicos, tanto vivos como muertos. Por ejemplo, de los ecosistemas continentales, a través de desembocaduras de los ríos, llegan cada año una cantidad considerable de partes de la vegetación de la costa adyacente (Suzuki, 1999; Hall, *et al.* 1999a). Entre esta se pueden observar troncos de árboles de diversas especies, como el mangle (*Avisennia sp.*, *Rizophora mangle*), bambú, árboles frutales, etc. Asimismo, el hombre vierte desperdicios al océano desde el continente (domésticos, tablas de maderas, neumáticos, etc.) o desde embarcaciones que transitan en él (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. En muchas ocasiones estos objetos flotantes (conjuntamente con otros materiales o en forma individual) se observan formando líneas a lo largo de un tramo del océano, que en algunas ocasiones son de varios kilómetros de longitud. A estas formaciones se les conoce con el nombre genérico de “hileros” y son formados por la acción de dos corrientes convergentes. La convergencia se debe al movimiento circular de las partículas de agua que forman las denominadas células de Langmuir (Maser y Dixon, 1994: p. 102).

Aunado al tipo de material flotante descrito anteriormente, se pueden distinguir objetos flotantes que son originarios del mismo ecosistema marino. Se reconocen, por ejemplo,

formas de animales y vegetación marina. Parte de este grupo es formado por cadáveres de ballenas, leones marinos, focas, etc. Se distinguen también organismos de natación lenta como el tiburón ballena (*Rhincodon typus*), importantes en el mar Caribe (Gaertner *et al.*, 1996). Además de ello, se observan parches de vegetación marina que derivan por acción de las corrientes marinas. Estas últimas han sido reportadas como buenos agrupadores de peces (Nakata, Takeuchi e Hirano, 1988).

Por razones todavía desconocidas este tipo de objetos atraen a la fauna que transita por la zona epipelágica (Dagorn y Fréon, 1999; Masutí, *et al.*, 1999), muchas de ellas de valor comercial como las especies de atún (Scott *et al.*, 1999). Esto ha provocado que en los mares en donde existen este tipo de objetos (ver Caddy y Majkowsky, 1996), se hayan desarrollado pesquerías importantes alrededor de ellos (Hall, *et al.*, 1999; Hampton y Bailey, 1999; Kingsford, 1999; Ariz *et al.*, 1999; Hallier y Parajua, 1999). Para aumentar la capacidad de esta pesquería, a finales de los años 80's se empezó a utilizar objetos flotantes artificiales puestos expresamente en la superficie del mar para agregar peces. Estos objetos, por lo general, son de materiales específicos y cuentan con equipo de radiolocalización. Los objetos flotantes para agregar peces (FAD, por sus siglas en inglés), o también llamados Dispositivos para Agregar Peces (DAP), han sido utilizados exitosamente en diferentes océanos, como es el caso del Pacífico Occidental (Preston, 1982; Aprieto, 1987; Bailey *et al.*, 1996); océano Indico occidental (Roullot *et al.*, 1988; Soepanto, 1989; Venkatasami, 1995; Marsac *et al.*, 1995; Hallier, 1993) y en el este ecuatorial del océano Atlántico (Pallarés *et al.*, 1995). Recientemente, se ha observado un

interés por desarrollar una pesquería intensiva utilizando este tipo de objetos en la región sur del Pacífico Oriental (Armstrong y Oliver, 1995).

Dado la importancia que han representado estos objetos flotantes en la pesca del atún del OPO, desde el año de 1987 se inició un programa para el monitoreo de este tipo de pesca por parte de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, CIAT (Anónimo, 1992). Entre la información que se registra destaca el tipo de objeto flotante, que en su conjunto son un poco más de 20 formas, entre árboles, materiales diversos, cadáveres de animales marinos, etc. (ver tabla 2). Para fines de este trabajo, sin embargo, a los diferentes tipos de objetos flotantes se les agrupa en las siguiente cuatro clases de acuerdo a su origen:

- 1) Objetos flotantes de origen natural terrestre (OFNT): Este grupo contiene básicamente a todos los registros relacionados con vegetación terrestre, como ramas, troncos, etc.
- 2) Objetos flotantes de origen natural marino (OFNM): Esta clase agrupa a los materiales flotantes que tienen un origen dentro del propio OPO, como serían la vegetación marina a la deriva, animales de lenta natación o cadáveres de estos.
- 3) Objetos flotantes de origen antropogénico (OFA): En este grupo destacan materiales provenientes de la actividad del hombre dentro y fuera del OPO, como serían balsas, equipo de pesca descartados, sogas, tambores metálicos, etc.
- 4) Dispositivos para agregar peces (DAP): la diferencia con cualquiera de los grupos anteriores, es que estos cuentan con equipo de localización como radioboyas y son puestos ("sembrados") específicamente para agregar peces.

Algunas preguntas sobre la dinámica de los objetos flotantes en los océanos se relacionan con sus patrones espaciales (Scott *et al.*, 1999). Esta depende de varios factores. Por ejemplo, los de origen terrestre muestran sus patrones espaciales fuertemente relacionados con la presencia de desembocaduras de ríos y la cantidad de agua que vierten (Caddy y Majkowski, 1996). A su vez, los flujos de agua dulce al océano dependen del volumen de precipitación pluvial de la región donde se encuentra (Hall *et al.*, 1992) y de los movimientos costeros del agua marina (García *et al.* 1999). Los OF de origen marino seguramente tienen una distribución semejante a los patrones espaciales de los grupos de animales, como las manadas de mamíferos marinos grandes (*Physeter macrocephalus*, *Ballenoptera spp.*) y de la presencia de vegetación marina como el sargazo gigante (*Macrocystis pyrifera*) (Solana-Sansores, 1999). En lo referente a la distribución de OF de origen antropogénico o de DAP's, depende más bien del tránsito de las embarcaciones o de la propia actividad pesquera para capturar diferentes especies de atún, así como de las corrientes marinas dominantes.

En el presente capítulo se analizan los patrones espaciales de los objetos flotantes (OF) por grupo y sus cambios temporales. Esto bajo dos criterios: la densidad relativa del tipo de objeto flotante y el porcentaje de presencia de OF de cada grupo.

MÉTODOS.

1. Fuentes de Información y tamaño de muestra.

La información analizada proviene de dos registros de la base de datos del programa de observadores científicos (BDO) de la CIAT: el informe diario (ID) y el registro de objetos flotantes (ROF). Del ID se obtiene información sobre la actividad de las embarcaciones (particularmente el estado de búsqueda de OF) y el número de avistamientos de OF. La información analizada cubre los años de 1987 a 1996. Esta información genera dos variables: una referida a la observación directa de OF y lances pesqueros (avistamientos); y otra que sirve para calcular el esfuerzo pesquero. Para la primera, se obtuvo una muestra de todos los lances pesqueros hechos sobre objetos flotantes y variables relacionadas como son: la ubicación geográfica en décimas de grado de latitud y longitud, fecha del avistamiento o lance, año y algunas variables ambientales, como la condición del mar y la temperatura superficial del agua. La ubicación geográfica fue convertida a cuadrantes de un grado por lado. Asimismo, la información de la fecha del lance fue convertida a valores trimestrales. Por último, esta información también fue referenciada con respecto al año. La tabla 1 muestra el tamaño de muestra por año resultante de la consulta a la BDO.

El esfuerzo pesquero es calculado por el personal de la CIAT. Para ello, se toma la información del estado de búsqueda de la embarcación, el cual es un valor registrado dentro de la variable evento, en el formato ID. Este esfuerzo pesquero es presentado en

una resolución de cuadrantes de un grado por mes y referido al número de millas navegadas en estado de búsqueda. El estado de búsqueda culmina, con alta probabilidad (Lara-Tejeda y Solana-Sansores, 1997), con la observación de señales que llevan a un lance pesquero. Estas pueden ser: avistamientos de pájaros, de manadas de delfines, palos sobre la superficie, brisas, etc. Estas señales se detectan a través del uso de binoculares de diferente potencia, radares de pájaro, avistamientos aéreos, etc.

El registro de objetos flotantes (ROF) cubre el período de 1987 hasta 1997. Sin embargo, dado que para los primeros años de la serie (1987-1991) se registró un número relativamente pequeño de avistamientos y lances pesqueros de OF, en comparación con los siguientes años, se decidió tratarlos como un solo periodo. De este formato se obtuvo información sobre el tipo y categoría de objeto flotante, ubicación geográfica y características ambientales al momento del avistamiento. Los tipos de OF por categoría por año, y el tamaño de la muestra anual, se muestran en la tabla 2.

2. Tasas de encuentro (densidad promedio).

Se define como tasa de encuentro al número de avistamientos de objetos flotantes registrados por unidad de esfuerzo pesquero en un cuadrante de un grado por lado. Para efectos de este trabajo, los avistamientos se definieron como las señales registradas como lances sobre OF (avistamientos positivos). La tasa de encuentro (ponderada) se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación:

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

donde:

wenc_i = valor de la tasa de encuentro ponderada en el i-ésimo cuadrante.

Avis_i = número de avistamientos positivos en el i-ésimo cuadrante.

Esf_i = esfuerzo pesquero en millas navegadas en estado de búsqueda para el i-ésimo cuadrante.

Las tasas de encuentro por cuadrante, para cada año y por trimestre, se analizaron a través de regresiones de árbol de clasificación (Venables y Ripley, 1994: p. 334). Esto permitió encontrar zonas con valores similares de presencia de alguna clase de objetos flotantes. Este método consiste en obtener agrupaciones de objetos al reducir la variabilidad interna de los grupos. Aunque es una técnica exploratoria, permite definir conglomerados utilizando criterios estadísticos (Venables y Ripley, 1994: p. 329). Son una alternativa de los modelos lineales y los modelos aditivos para problemas de regresión. Estos modelos se ajustan por particiones recursivas binarias, donde un conjunto de datos es partido sucesivamente dentro de subgrupos que muestran un incremento en su homogeneidad a medida que avanza el análisis (Clark y Pregibon, 1993)

La construcción del árbol toma la reducción máxima en la desviación de todas las separaciones producidas. A estas separaciones se les denomina hojas y son entidades homogéneas de los valores de la variable de interés registrados en las unidades muestrales. En principio se tiene un solo grupo; la primera separación se produce cuando se encuentra la máxima reducción de la desviación. La separación de los grupos continúa hasta alcanzar hojas pequeñas ($n_i < 5$) o cuando estas presenten una gran homogeneidad (por ejemplo: 1% de la desviación). La desviación en cada hoja (D_i), se define como el valor negativo del doble de la suma del producto del número de objetos pertenecientes a la hoja (n_{ik}) por el logaritmo de su porcentaje (p_{ik}). La desviación total será la suma de todas las desviaciones de los nodos terminales (las hojas). Esto se representa de la siguiente manera (Venables y Ripley, 1994: p. 333):

$$D = \sum_i D_i$$

$$D_i = -2 \sum_k n_{ik} \log p_{ik} \quad \dots(2)$$

Con este criterio es posible observar las separaciones que minimizan a la desviación total. En términos muestrales, la desviación se define como la diferencia al cuadrado entre un valor observado y el valor promedio del grupo:

$$D = \sum_{\text{casos}_i} (w_{enc_i} - \mu_{[i]})^2 \quad \dots(3)$$

Donde μ_{ij} = valor promedio en el grupo de cuadrantes homogéneos

Con los valores de la desviación parcial de los nodos terminales, se calculó el estimador de la desviación promedio del residual, definido a través de la siguiente ecuación:

$$D_T = \frac{\sum_k D_k}{gl} \quad \dots(4)$$

donde:

D_T = desviación promedio de los residuales del modelo

D_k = desviación parcial en el nodo (hoja) terminal k

gl = grados de libertad = n - K

K = número total de nodos (hojas) terminales en el modelo final.

Este valor permitió calibrar las estimaciones obtenidas de las tasas de encuentro ponderadas.

El modelo probabilístico que se utilizó como función liga para el análisis de las tasas de encuentro fue la fdp normal dentro de cada hoja. Así D es la desviación escalada usual para un modelo lineal generalizado Gaussiano. Es importante aclarar, sin embargo, que la distribución probabilística en los nodos (hojas) internos del árbol es una mezcla de distribuciones normales y así D_i es solo apropiado para la i-ésima hoja. Este proceso de

construcción del árbol es un refinamiento jerárquico de los modelos probabilísticos lineales, muy similar a la selección de variables hacia adelante en la regresión (Clark y Pregibon, 1993).

Para realizar la poda de árbol, con el fin de obtener un mínimo de separaciones que maximice la ganancia de información, se utilizó el método de poda (*prunning*) (Breiman *et al.*, 1984, citado en Venables y Ripley, 1994: p. 342), implementado en Splus (v. 4.5). Sea R_i una medida para evaluar la homogeneidad en una hoja, como sería la desviación o el número de errores y sea R la suma de las medidas de variación para todo el árbol. El tamaño del árbol se define como el número total de hojas. Se puede demostrar que el conjunto de subárboles de T que minimiza la medida de costo-complejidad es:

$$R_\alpha = R + \alpha_s \quad \dots(5)$$

donde α_s es una constante que representa la optimización del árbol. Si se utiliza el criterio de información de Akaike (AIC), como una medida para evaluar la disminución de error y se tienen k clases, α es igual a $2(k-1)$. Si por el contrario el criterio de evaluación es la C_p de Mallows el valor será $2\alpha^2$. R es anidado por si mismo. Esto es, si se incrementa α es posible encontrar el árbol óptimo por una secuencia de operaciones de corte sobre el árbol actual.

3. Porcentaje de tipos de objetos flotantes por cuadrante.

En cada unidad muestral i -ésima (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 del j -ésimo tipo de OF sobre el total de avistamientos en ese cuadrante:

$$P_{ij} = \frac{Avis_{ij}}{\sum_j Avis_{ij}} \quad \dots(6)$$

donde:

P_{ij} = Proporción de la j -ésima clase de OF en la unidad muestral i ($j = 1$. OFNT; 2. OFNM; 3. OFA; 4. DAP).

$Avis_{ij}$ = Total de avistamientos de OF del grupo j -ésimo en el i -ésima cuadrante.

Estas proporciones fueron obtenidas para cada año y por trimestre.

Los valores de porcentajes por tipos de objetos flotantes fueron a su vez sometidos a un análisis de regresiones de árbol para su clasificación. Los detalles del análisis se explican en la sección anterior. Para este caso las variable de respuesta fueron los porcentajes de avistamientos de tipos de OF y las variables explicativas su ubicación geográfica.

RESULTADOS.

1. Análisis de las Muestras.

En la tabla 1 se muestra las características generales de la muestra utilizada en este trabajo. Obsérvese que durante los últimos años se registra prácticamente el 100% de los lances sobre objetos flotantes realizados en el océano Pacífico Oriental, OPO. En años anteriores a 1991 el total de registros observados no fue superior al 50% del total. Esto permite suponer que la cobertura espacial durante este segundo periodo es mayor en comparación con los años anteriores a 1991.

En la tabla 2 se muestra el número total de lances pesqueros observados por clase de objeto flotante. En la base de datos de observadores de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (BDO) se registra un total de 39 tipos de objetos flotantes, OF, los cuales se les agrupo en cuatro clases: 1) OF de origen natural terrestre (OFNT); 2) OF de origen natural marino (OFNM); 3) OF de origen antropogénico; y 4) Dispositivos para agregar peces (DAP). De 1987 a 1991 el mayor número de lances sobre OF fue sobre OFNT; sin embargo, a partir de 1992 se observa un incremento en el uso de DAP's en la pesca de atún. Los lances efectuados sobre OFA son también de relativa importancia, aunque no muestran una tendencia en sus números a lo largo de los años. Por último, los OFNM son los que muestran un menor número en los lances observados en la muestra.

Los porcentajes de lances sobre las diferentes clases de OF se muestra en la figura 1. De 1987 a 1991 se observa que los OFNT representan entre el 40 y el 60% de los lances; conjuntamente con los OFA suman un total que va de un 80 a un 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 sobre este tipo de dispositivos constituye un poco más del 90% de los lances.

La captura objetivo en la pesca del atún sobre objetos flotantes esta constituida por tres especies, principalmente: barrilete (*Katsuwonus pelamis*), el atún aleta amarilla, AAA (*Thunnus albacares*) y el atún patudo (*T. obsesus*). La composición de la captura principal puede variar de acuerdo a diversos factores, como sería el tipo de objeto flotante, sus características, etc. En la tabla 3 y figura 2 se presentan los valores de la captura promedio (en toneladas) observadas en las muestra de 1992 a 1994. Se observa que la especie más importante, en cuanto a lo capturado, es el barrilete; le siguen el AAA y el patudo. Se puede observar que la captura promedio sobre objetos diferentes al DAP (palos) es ligeramente superior en esos años.

2. Patrones espaciales de las clases de objetos flotantes, por año .

2.1. Tasas de encuentro de Objetos Flotantes.

En las figuras 3.1 a 3.5 se presenta la distribución espacial de las tasas de encuentro de objetos flotantes de 1992 a 1996, para todos los tipos de objetos. La tasa de encuentro es

definida como el cociente entre el número de avistamientos positivos de OF (lances sobre OF, figuras a) por cada 1000 millas navegadas en estado de búsqueda (figuras b) dentro de un cuadrante de 1 grado por lado, por año. Durante 1992 y 1993 la mayor cantidad de avistamientos positivos se localizan cerca de la costa. Los valores promedio de tasas de encuentro más altos registrados se observan dentro del golfo de Panamá, para los años referidos. Hacia el oeste de los 90° W se estimó valores que van entre 0.4 y 2.0, observándose esta región muy homogénea. A partir de 1994, la estratificación obtenida por las regresiones de árbol cambia sustancialmente. En estos años el OPO se muestra más heterogéneo con respecto a las tasas de encuentro de OF, comparándolas con los años anteriores. En general, los valores más altos se localizan al oeste de los 90° W y entre el Ecuador y los 5° N. Sin embargo, estos valores son inferiores (ver tablas 4 a la 8), lo que puede indicar una expansión de la zona de pesca. Cabe destacar que en 1992 y 1995 se observa una zona heterogénea de tasas de encuentro frente a las costas de Perú.

2.2. Distribución espacial por tipo de Objeto Flotante.

Se realizó una análisis de la distribución espacial de las cuatro clases de tipos de OF por año. Para ello, se analizaron los valores porcentuales de los lances de cada clase, por cuadrante, para los años de 1987/91 a 1997. Los valores observados se muestran en las figuras 4.1 a la 4.7. Asimismo, los resultados de las regresiones de árbol se muestran en las figuras 5.1 a la 5.7 y la tabla 10.

Los porcentajes de lances sobre OFNT más altos se observan en dos zonas, para todos los años: una zona costera y una zona lejana a la costa. La primera se localiza frente a las costas de Centroamérica, centrada en el golfo de Panamá y extendiéndose hacia el noroeste. La segunda se observa al norte de los 5° N, en una banda más o menos definida alrededor de los 10° N.

En cuanto a los lances sobre OFNM, estos se localizan específicamente en dos zonas más o menos bien delimitadas; las dos cerca de la costa: una al norte del Ecuador y la otra al sur. La zona del norte comprende los alrededores de la península de Baja California, en donde se observa que los escasos lances hechos son exclusivamente sobre este tipo de OF. La zona sur se delimita entre las costas de Ecuador y las Islas Galápagos, aunque en algunos años se extiende hacia el sur por la costa, hasta alcanzar el paralelo de los 10° S.

Los objetos flotantes de origen antropogénico (OFA) no presentan un patrón definido como en los casos anteriores. Sin embargo, a partir de 1995 los valores porcentuales de lances sobre OFA se observan más en las regiones descritas para los OFNT; es decir, en una franja desde la costa que se va extendiendo hacia el oeste, entre los 5 y 10° N.

Los dispositivos para agregar peces (DAP) muestran una expansión acelerada en su distribución espacial a través de los años analizados. De 1987 a 1991 no muestran un patrón definido. En 1992 se observa un núcleo, centrado en el ecuador y los 110° W. A partir de ese año, este núcleo empieza a expandirse de tal forma que, desde 1996, la zona

comprende desde los 15° S hasta los 5° N y desde prácticamente la zona costera de Sudamérica hacia el oeste, tal vez alcanzando longitudes de 15° W.

Se aplicaron regresiones de árbol a la información de los porcentajes de avistamientos positivos de cada clase de objeto flotante para clasificarlos por ubicación geográfica. Los resultados se presentan en las figuras 5.1 a 5.6. En las figuras (a) se observan los resultados de clasificación de porcentajes de los OFNT. En todos los años los valores porcentuales promedio por áreas más altos se observan en una franja orientada de este a oeste y que abarca desde los 5 a los 15° N. En la zona costera esta banda abarca el golfo de Panamá y las costas de Centroamérica. En este caso, el sentido latitudinal fue el que tuvo mayor peso en la clasificación, principalmente alrededor de los 5° N; la división sobre estas latitudes representó un porcentaje de casi el 80% de la medida del error utilizada (la desvianza).

En cuanto a la clasificación de los avistamientos positivos de los OFNM (figuras b), se observa que en todos los años aparece una pequeña zona frente al golfo de Guayaquil que presenta los valores más altos. Esta zona, sin embargo, en los primeros tres años de la serie se extiende hacia el oeste, hasta abarcar aproximadamente los 110° W. En cuanto al sentido de la clasificación, este no presenta un dominio de una u otra posición (latitud o longitud), o en alguna ubicación principal. Esto puede indicar dos cosas: 1) la zona entre el golfo de Guayaquil y las Islas Galápagos es donde se realiza una mayor cantidad de lances sobre este tipo de objetos y 2) Estos lances, sin embargo, no muestran un número

suficientemente grande, en comparación, por ejemplo a lances sobre OFNT, y por tanto la clasificación no es muy confiable.

En cuanto a los porcentajes de avistamientos positivos de OFA (figuras c), estos no presentan ningún patrón o gradiente a lo largo de los diferentes años. Sin embargo, de acuerdo con los árboles de clasificación de cada año, se observa que estos tienen una conformación semejante a los de los OFNT, con excepción de 1992 y 1994. Esto permite suponer que los sitios de avistamientos positivos de este tipo de objetos son parecidos a los de los OFNT.

La clasificación espacial de los dispositivos para agregar peces (DAP) se observa principalmente en un sentido longitudinal. Se observa una primera clasificación alrededor de los 95° W, en todos los años de la serie. Asimismo, los porcentajes promedio de los avistamientos positivos más elevados se muestran principalmente al sur de los 5° N (ver inciso c de las fig. 5).

3. Patrones espaciales de las clases de objetos flotantes, por año .

3.1. Tasas de encuentro de Objetos Flotantes.

Las figuras 6.1 a 6.4 presentan la distribución y clasificación espacial de los avistamientos positivos de objetos flotantes por trimestre (figuras c). Durante el primer

trimestre (fig. 6.1) los valores más altos de tasas de encuentro (x mil) 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. Fuera de esta área los valores de avistamientos positivos permanecen bajos: 1) un área al oeste de los 90° W y 2) otra área que incluye el golfo de Guayaquil, el golfo de Panamá y parte de las costas de Centroamérica (aproximadamente hasta las costas de Nicaragua).

En el trimestre 2 (fig. 6.2) se observan dos áreas con valores altos de tasas de encuentro. La primer área corresponde a la observada durante el primer trimestre, aunque sus valores son inferiores. La segunda corresponde al golfo de Panamá, donde los valores de tasas de encuentro son ligeramente superiores a la primera (entre 0.1 y 0.3 por cuadrante).

Durante el trimestre 3 (fig. 6.3) las áreas con valores promedio más altos de tasas de encuentro se extienden hacia el oeste en una franja en sentido este-oeste entre los 4° S y 4° N. En esta franja se reconocen dos áreas: una entre las costas de Ecuador y Colombia, hasta aproximadamente los 85° W; la otra, al oeste de esta longitud hasta los 110° W. En la primera, se observan tasas de encuentro promedio de alrededor de 0.3 por cuadrante, siendo estos valores los más altos. En el último trimestre (cuarto) del año (fig. 6.4) la situación es similar al trimestre anterior, aunque los valores se muestran más bajos.

3.2. Distribución espacial por tipo de Objeto Flotante.

Las figuras 7.1 a 7.4 muestran los patrones espaciales de los porcentajes de avistamientos positivos por cuadrante, por clase de objeto flotante: OFNT, OFNM, OFA y DAP. En las figuras (a) se muestra los correspondientes para OFNT. En la 7.1.a se observa que durante el primer trimestre los porcentajes de avistamientos positivos superiores al 75% en cada cuadrante se localizan dentro del golfo de Panamá. En los siguientes trimestres la zona con porcentajes promedio altos se desplaza en una dirección al norte (sobre la costa) y al oeste, entre los 5 y 10° N.

Los avistamientos positivos de OFNM (letra b de las fig. 5) se observan, en todos los trimestres, en dos zonas: 1) frente al golfo de Guayaquil, en dirección hacia las islas Galápagos y 2) alrededor de la península de Baja California. La primera zona es la que muestra un mayor número de cuadrantes con presencia de avistamientos positivos de OFNM.

La distribución espacial, por trimestre del año, de los avistamientos positivos de los OFA se muestran en las figuras 7.1.c a 7.4.c. Estos objetos no muestran una clara tendencia espacial; sin embargo, durante algunos trimestres muestran un patrón espacial semejante al observado en los avistamientos positivos de OFNT. Por ejemplo, durante los cuatro trimestres se observa un grupo de cuadrantes con valores de porcentaje altos, en una franja orientada de este a oeste centrada en los 10° N. Sin embargo, en los trimestres uno

y cuatro es evidente un grupo de cuadrantes con un porcentaje alto de avistamientos positivos frente a las costas de Ecuador alrededor de los 90° W.

Los avistamientos positivos de objetos flotantes para agregar peces, o dispositivos para agregar peces (DAP), muestran en todos los trimestres una ubicación al sur de los 5° N y en una zona más bien lejana a la costa, a partir de los 90° W. La gran zona observada corresponde principalmente a la influencia de los últimos años de la serie (aprox. desde 1994), cuando esta pesquería estaba en una expansión espacial constante. En esta zona se pueden observar tres grupos de cuadrantes:

- 1) Frente a las costas de norte de Perú, entre los 80 y 95° W, de relevancia durante el primero y segundo trimestre del año, pero prácticamente inexistente durante el cuarto trimestre.
- 2) Una subzona norte, entre el Ecuador y los 5° N, orientada de este a oeste (entre los 95 y 120° W). Esta región se hace más evidente durante los últimos dos trimestres del año e incluso abarca poco más allá de los 120° W.
- 3) Una región lejana a la costa entre el ecuador y los 15° S, también orientada de este a oeste a partir de los 100° W. Esta subzona es importante durante todo el año.

Se aplicó una regresión de árbol a cada juego de datos porcentuales por trimestre, con el fin de obtener una clasificación espacial de los cuadrantes, en cada uno de las cuatro clases de objetos flotantes. Los resultados se muestran en las figuras 8.1 a 8.4.

Aplicando una regresión de árbol a los valores porcentuales de avistamientos positivos de OFNT (figs. 8.1.a - 8.14.a) se observa que la zona costera de Centroamérica (que abarca desde el golfo de Panamá hasta Nicaragua) y una franja orientada de este a oeste sobre los 10° N, son donde se obtienen los valores promedio más elevados. Durante el primer trimestre destacan las costas de Colombia y el golfo de Panamá. Durante el segundo trimestre del año es la zona norte del golfo de Panamá y las costas de Costa Rica donde se observan 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. Durante el tercer y cuarto trimestre del año, sin embargo, en donde aparecen los valores porcentuales de avistamientos positivos por cuadrante más elevado es la zona lejana a la costa sobre la franja mencionada arriba. En todos los trimestres la orientación latitudinal es la que mostró una mayor desviación, por lo que fue la variable más importante en la clasificación. En promedio, la latitud de 4.5° W fue la que demostró una disminución de los valores de dispersión, por lo que fue esta latitud donde se dio la primera partición, para este trimestre en particular.

Los resultados de las regresiones de árbol aplicados a los porcentajes avistamientos positivos de OFNM por trimestre se presentan en las figuras 8.1.b a 8.4.b. Los valores altos se presentan en la región norte del OPO, frente a las costas de Baja California, en

todos los trimestres de año. Es importante observar, sin embargo, que en esta zona se observa muy poca actividad de la flota pesquera que realiza lances sobre OF 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 dan estos lances, es frente al golfo de Guayaquil; esta zona se revela más importante en los últimos dos trimestres del año. En estos períodos 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, tal vez debido a la influencia de los avistamientos positivos observados en las costas de Baja California

Las figuras 8.1.c a 8.4.c. muestran los resultados de la aplicación de las regresiones de árbol para cada trimestre del año a los valores porcentuales de avistamientos positivos de OFA. Se observan dos zonas con valores altos: una entre los 5° y los 15° N, en una franja orientada de este a oeste; la otra, frente al golfo de Guayaquil. La primera tiene relativa 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, esta se da en un sentido latitudinal, alrededor de los 7° N, en todos los trimestres.

Por su parte, los resultados de las regresiones aplicadas a los porcentajes de avistamientos positivos de los DAP muestran que al sur de los 10° N es donde se observa los valores promedio más altos, en todos los trimestres del año (figs. 8.1.d - 8.4.d). Con excepción

del trimestre 2, 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 trimestre 2, la principal partición se da en un sentido latitudinal, en una ubicación cercana al Ecuador.

DISCUSIÓN

1. Influencia de la actividad pesquera en las estimaciones de las tasas de encuentro y en los patrones espaciales de los dispositivos para agregar peces, DAP.

En la última década se ha observado una expansión en la pesca de atún sobre objetos flotantes (OF) en el mundo, y específicamente, en el Océano Pacífico Oriental (OPO). Esta expansión ha sido en tres diferentes caminos: 1. un aumento en el número de lances sobre OF; 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 OF. Hasta antes de 1990 los lances sobre OF constituían solo una pequeña fracción de la pesquería de atún. Por ejemplo, en el Atlántico oriental durante 1988 a 1990 los lances sobre OF representaban menos del 9% del total (Ariz *et al.*, 1993); mientras que en el OPO, hasta 1989, solo representaban una pequeña proporción (Anónimo, 1989: p. 210). Sin embargo, durante la década de los 90's se ha observado un incremento de esta maniobra para pescar atún en todos los mares tropicales del mundo (Hampton y Bailey, 1999; Sakagawa, 1999; Hallier y Parajua, 1999).

En el OPO, el incremento en el número de lances sobre OF ha sido resultado del aumento del uso de los dispositivos para agregar peces, DAP (ver fig. 1; 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 (Hall, 1992), actualmente abarca la mayor parte de las latitudes del sur de este océano. Esto se

observa en los mapas obtenidos de las tasas de encuentro (ver. Figs. 3.1 a 3.5), en donde para 1992 y 1993 en la zona costera, frente a las costas de Ecuador y el golfo de Panamá, se obtuvieron valores altos y fuera de esta zona fueron siempre bajos y homogéneos. 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's también ha sido reportado en el Atlántico oriental, en donde se descubren nuevas áreas de pesca, que en años anteriores eran críticas para la captura de atún (Ariz *et al.*, 1998). En el caso del OPO la expansión espacial de la pesca trae como consecuencia una repartición en los valores de las tasas de encuentro en una mayor área, pero también un incremento potencial en la interacción con otras pesquerías. Además el traslado de una gran parte del esfuerzo pesquero a otras zonas.

El uso de DAP en la pesca de atún aumenta el poder de pesca al utilizar dispositivos como radioboyas (u otros aparatos), que hacen más fácil su localización. El efecto que tiene en los resultados presentados aquí, puede resultar en distorsiones considerables en las mediciones, principalmente en lo referente a las tasas de encuentro. Por ejemplo, durante los primeros dos años de la serie estudiada, los mapas de lances sobre objetos flotantes (usados como avistamientos positivos, figuras a) y del esfuerzo pesquero (millas navegadas, figuras b) son coincidentes y costeros. A partir de 1994, los mapas muestran características espaciales diferentes, lo que puede traer como consecuencia sesgos en los valores de las tasas de encuentro. Este problema ha sido abordado por Hallier (1995), quien indica que, en presencia de lances sobre objetos flotantes que cuentan con aparatos de detección, la medida del esfuerzo más adecuada es el número de lances con captura

superior a 0.5 toneladas. En los resultados obtenidos aquí, los valores promedio de las tasas de encuentro de 1994 en adelante son menores a los obtenidos en los años anteriores, lo cual pudiera indicar una subestimación de estos valores, ya que se supone que un barco debe recorrer menos millas navegadas para realizar un lance cuando se cuenta con aparatos de localización.

Las zonas con valores altos de las tasas de encuentro coinciden con la región que presenta porcentajes altos de avistamientos positivos de DAP. Esta zona corresponde a la región al sur de los 5° S y de los 90° W hacia el oeste (ver figs. 4.1 a 4.7). El movimiento de los DAP no se pudo apreciar con claridad a lo largo de un ciclo anual (figs. 7.1 a 7.4). Sin embargo, durante el primer trimestre se observó una concentración de cuadrantes con valores porcentuales de avistamientos positivos altos entre los 85 y 90° W, frente a las costas de Perú, mismos que van disminuyendo a medida que transcurren los trimestres. Esto podría indicar que la "siembra" se realiza durante el último trimestre del año anterior o el primer trimestre del año, frente a las costas de Perú. Posteriormente estos DAP son arrastrados hacia el noroeste por la Corriente Oceánica de Perú (COP) y por la Corriente Ecuatorial Sur (CES). Esta última los deposita en una zona de retención entre los 110 y 120° W y el Ecuador y los 5° S, donde sería la principal zona de pesca sobre DAP. Este mismo esquema es observado en el Atlántico, en donde los DAP's se siembran cerca de las costas africanas (Ariz *et al.* 1993).

2. Patrones espaciales de objetos flotante naturales de origen terrestre, OFNT.

Los OFNT mostraron en todos los años una predominancia cerca del golfo de Panamá, en las costas de Centroamérica y alrededor de los 10° N. Las primeras dos zonas mencionadas cuentan con desembocaduras de ríos y son zonas con densidades altas de vegetación costera (De la Rosa, 1995). Esto es coincidente con lo mencionado por otros autores, en el sentido de que las pesquerías de atún sobre OF se desarrollan principalmente en regiones cercanas a selvas tropicales con drenajes de agua dulce importantes (Anónimo, 1992: p. 257; Ariz *et al.*, 1995; Hallier, 1995; Caddy y Majkowsky, 1996). Por ejemplo, se observa que 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 OF (ver figuras 5). Estos objetos flotantes, que en su mayoría son representantes de la vegetación costera (o parte de esta como troncos de árboles), son constantemente arrastrados por los ríos que desembocan en el OPO.

Se observa una variación estacional en el golfo de Panamá de OFNT. 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

OFNT observada aquí (ver figs. 8.1 a 8.4). Este efecto de "veranillo" también se observa en la región adyacente a las costas de Centroamérica, donde para el tercer trimestre se estimó un porcentaje del 20% de avistamientos de OFNT. Por su parte, el aumento en el porcentaje de OFNT 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 OFNT son atrapados por la corriente costera de Colombia y retenidos dentro del golfo en movimientos norte - sur, que pueden alcanzar incluso el golfo de Guayaquil.

Al norte del golfo de Panamá existen importantes ríos que aportan OF al OPO. Al entrar al mar, los OF 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 es un ramal de la Contracorriente Ecuatorial del norte que se desarrolla entre el domo de Costa Rica y la costa. La CCCR va de sur a norte, hasta aproximadamente el golfo de Tehuantepec y posteriormente se integra a la CEN (Wyrтки, 1965). En el primer trimestre, los porcentajes de avistamientos de OFNT 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 Tehuantepec 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 OFNT es estacional y coincide con lo observado por Hall *et al.*

(1992) para el OPO y lo mencionado por Ariz *et al.* (1993) en la pesquería del Atlántico oriental.

3. Patrones espaciales de OF origen marino, OFNM.

Los objetos flotantes de origen marino (OFNM), se presentan en dos zonas principales: 1. Entre el golfo de Guayaquil y el oeste de las Islas Galápagos y 2. Frente a las costas de Baja California. Cabe aclarar que los lances sobre este tipo de objetos no representan un porcentaje elevado durante los años estudiados (ver. Fig. 1; Anónimo, 1989: p210), por lo que sus patrones espaciales inferidos aquí no necesariamente son confiables. En otras pesquerías, como es el caso del Atlántico occidental y el mar Caribe, estos objetos representan un porcentaje alto en los lances (Gaertner *et al.*, 1996). En la primera zona, los OFNM son todos cadáveres de organismos marinos, como ballenas. Esto puede deberse a la presencia permanente de poblaciones de mamíferos marinos alrededor de esta zona, como en el caso de cachalotes *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 OFNM son arrastrados hacia el oeste, primeramente por la corriente oceánica de Perú (COP) y, posteriormente, por la corriente ecuatorial del sur (CES). La CCP y la COP son divididas por la denominada contracorriente de Perú (CCP).

La otra zona en donde se observa una predominancia de OFNM es frente a las costas de Baja California. Esta región, sin embargo, no muestra un número elevado de avistamientos sobre OF, por lo que los valores porcentuales estimados no son relevantes. Cabe destacar, sin embargo, que la mayoría de los avistamientos positivos hechos sobre este grupo en esta zona, correspondió a vegetación marina.

4. Patrones espaciales de OF de origen antropogénico, OFA.

En general no parece existir un patrón espacial definido para los OFA, de acuerdo con los resultados observados. Sin embargo, analizando la distribución porcentual de avistamientos positivos de estos OF (ver figs. 3.1 a 3.6) se pueden notar que los valores más altos se localizan, en su mayoría, al norte de los 5° N en la misma zona donde se observan OFNT. Esto puede indicar que, no importando el sitio preciso en donde fue originado, la acción de la corriente ecuatorial del norte (CEN), conjuntamente con la contracorriente ecuatorial (CCE) permite reunir a los OF en una franja orientada de este a oeste centrada en los 10° N, haciendo que exista una similitud entre las trayectorias de los OFA y los OFNT. Esta similitud parece existir en otros océanos de tal forma que muchos autores reúnen a estos dos tipos de OF en una sola clase (Fonteneau, 1992; Ariz *et al.* 1993; Caddy y Majkowsky, 1996). Ningún patrón anual es observado salvo en el caso de los últimos dos trimestres en donde se observa una mayor concentración de cuadrantes con porcentajes altos alrededor de la franja centrada en los 10° N mencionada arriba.

5. Clasificación espacial.

Los resultados de este estudio revelan que existen al menos tres diferentes zonas en donde predominan diferentes clases de objetos flotantes (OF) que son de interés en la pesca del atún. La predominancia de una clase en un lugar particular depende de varios factores. La primera del origen y tipo de objeto flotante (OFNT, OFNM, OFA y DAP). Asimismo, en cada zona varía la intensidad con que se observan los objetos flotantes, misma que depende de la estación del año (Ariz *et al.*, 1995); del período anual en el cual se esta midiendo la abundancia (Ariz *et al.*, 1993); de las corrientes marinas predominantes y su dirección (Anónimo, 1991, 1992, 1993); la cantidad de agua dulce vertida sobre el OPO (Caddy y Majkowsky, 1996) y la cantidad de OF derivados de la actividad humana transportados por los ríos (Anónimo, 1992). Estas zonas, sin embargo, muestran fronteras difusas que dependen de todos los factores mencionados y son: 1) una zona costera; 2) una zona lejana a la costa al norte de los 5° N y 2) una zona lejana a la costa al sur de los 5° N (fig. 9).

A. Zona Costera.

Esta zona se localiza frente a las costas de Centroamérica y parte de Sudamérica. Abarca desde el sur de el golfo de Guayaquil (sobre los 5° S) hasta los 15° N. Entre las características que prevalecen en la zona destaca la alta proporcionalidad de avistamientos positivos de objetos flotantes de origen terrestre (OFNT), principalmente

dentro del golfo de Panamá. Asimismo, en la región sur de esta zona se observa una alta presencia de avistamientos positivos de objetos flotantes naturales marinos (OFNM), aunque estos en menor cantidad a los OFNT, debido a que solamente son importantes en algunas épocas del año (Anónimo, 1989). Es decir, en esta zona predominan los objetos flotantes de origen natural. La zona esta influenciada por corrientes costeras que viajan de sur a norte: la más importante es la corriente costera de Costa Rica (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.

B. Zona Lejana Norte.

En esta zona tienen una fuerte presencia dos clases de objetos flotantes (OF): OF naturales terrestres (OFNT) y OF de origen antropogénico (OFA). Los primeros, sin embargo, presentan variaciones estacionales, observándose que durante el último semestre del año los OFNT son predominantes. Esta zona esta limitada al sur por la frontera norte de la contracorriente ecuatorial (CCE). Asimismo, es dominada por la corriente ecuatorial del norte (CEN).

C. Zona Lejana Sur.

Hasta antes de 1991, esta zona no era importante para la pesca de atún. A partir de ese año fue tomando mayor importancia, de tal forma que actualmente es la más importante

en la pesca de atún sobre objetos flotantes en el OPO. Se limita al norte por la frontera sur de la contracorriente ecuatorial, aproximadamente en los 4 a 5° N y abarca hasta los 15° S. En una dirección este-oeste, se delimita desde la frontera oriental de la corriente oceánica de Perú, en los 90° W, y se extiende hacia el oeste. Su centro principal varía estacionalmente: 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; otra sobre el Ecuador entre los 95 y 110° W. Las corrientes dominantes son las que constituyen el giro anticiclónico del sur: Corriente oceánica de Perú y la Corriente Ecuatorial del sur. La principal clase de objetos flotantes en esta zona son los dispositivos para agregar peces.

Tabla 1. Tamaños de muestra por año

Año	Número de cruce ros mue s tre a dos	Total de Lances N	Mue s tra de Lances n	Fra cc i ó n de mue s tra n/N
1987	26	1807	206	0.11
1988	98	2272	681	0.30
1989	138	2305	801	0.35
1990	155	2526	1038	0.41
1991	182	2167	1576	0.73
1992	202	1754	1468	0.84
1993	220	2063	1935	0.94
1994	257	2770	2549	0.92
1995	297	3568	3250	0.91
1996	348	4160	4038	0.97
1997	417	5828	5574	0.96

Tabla 2. Número de lances observados por tipo de objeto flotante.

Año	Número total de lances en la muestra	Núm de lances s/OF de origen terrestre (OFNT)	Núm de lances s/OF de origen marino (OFNM)	Núm de lances s/OF de origen antropogénico (OFA)	Núm de lances s/OF agregadores de peces (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

Tabla 4. Estadísticas básicas del análisis de regresión de árbol de tasas de encuentro (1992)

Nodo Terminal	Número de cuadros (n)	Desviación (dev)	dev/n	raíz(dev/n)	Estimación del núm de OF por 1000 mi	Coef de Variación (CV)
1	571	32050	56.129597	7.49196885	1.639	4.5710609
2	10	2.505	0.2505	0.50049975	0.1668	3.000598
3	12	11010	917.5	30.2902625	41.02	0.7384267
4	6	35680	5946.6667	77.1146333	92.3	0.8354782
5	6	12160	2026.6667	45.0185147	79.27	0.5679136
6	12	4955	412.91667	20.320351	17.88	1.136485
7	33	23150	701.51515	26.4861313	13.4	1.976577
8	30	2429	80.966667	8.99814796	3.315	2.7143734
9	6	8684	1447.3333	38.0438344	57.46	0.6620925
10	9	737600	81955.556	286.278807	244.7	1.1699175
11	36	792.5	22.013889	4.69189609	2.967	1.5813603
Total*	720	868513.005	1206.2681	34.73137	50.37434545	0.6894654

*dividido con respecto a los gl

Tabla 5. Estadísticas básicas del análisis de regresión de árbol de tasas de encuentro (1993)

Nodo Terminal	Número de cuadros (n)	Desviación (dev)	dev/n	raíz(dev/n)	Estimación del núm de OF por 1000 mi	Coef de Variación (CV)
1	666	2310	3.4684685	1.86238247	0.426	4.3717898
2	21	0	0	0	0	***
3	5	3319	663.8	25.7643164	29.66	0.8686553
4	76	458.3	6.0302632	2.45565941	0.6367	3.8568547
5	10	205800	20580	143.457311	103.5	1.386061
6	14	7577	541.21429	23.2640127	22.68	1.0257501
Total*	786	219464.3	279.21667	16.7097776	26.15045	0.6389862

*dividido con respecto a los gl

Tabla 6. Estadísticas básicas del análisis de regresión de árbol de tasas de encuentro (1994)

Nodo Terminal	Número de cuadros (n)	Desviación (dev)	dev/n	raíz(dev/n)	Estimación del núm de OF por 1000 mi	Coef de Variación (CV)
1	460	2032	4.4173913	2.1017591	0.6071	3.4619652
2	63	2744	43.555556	6.59966329	2.438	2.7069989
3	6	1846	307.66667	17.5404295	20.46	0.8573035
4	10	5773	577.3	24.0270681	43.71	0.5496927
5	5	53.42	10.684	3.26863886	21.25	0.1538183
6	7	414.6	59.228571	7.6960101	11.62	0.6623072
7	8	536	67	8.18535277	5.817	1.4071433
8	8	1125	140.625	11.8585412	23.88	0.4965888
9	39	932.6	23.912821	4.89007367	2.507	1.9505679
10	157	512.7	3.2656051	1.80709853	0.5171	3.494679
Total*	753	15969.32	21.207596	4.6051706	13.28062	0.3467587

*dividido con respecto a los gl

Tabla 7. Estadísticas básicas del análisis de regresión de árbol de tasas de encuentro (1995)

Nodo Terminal	Número de cuadros (n)	Desviación (dev)	dev/n	raíz(dev/n)	Estimación del núm de OF por 1000 mi	Coef de Variación (CV)
1	313	411	1.313099	1.14590534	0.4178	2.7427126
2	362	5071	14.008287	3.74276466	2.29	1.634395
3	10	1040	104	10.198039	20.2	0.5048534
4	7	708.3	101.18571	10.059111	45.17	0.2226945
5	34	2517	74.029412	8.60403462	14.91	0.5770647
6	24	1726	71.916667	8.48036949	6.732	1.2597103
7	251	397.6	1.5840637	1.25859594	0.411	3.0622772
8	19	1.914	0.1007368	0.31739068	0.2162	1.468042
9	18	84.16	4.6755556	2.1623033	1.648	1.3120772
10	12	2704	225.33333	15.011107	22.66	0.6624496
11	6	74.45	12.408333	3.52254643	2.48	1.4203816
12	10	44.45	4.445	2.10831686	5.504	0.3830518
13	5	455.5	91.1	9.544632	19.11	0.4994575
14	5	5315	1063	32.6036808	90.92	0.3585975
15	5	197.3	39.46	6.28171951	32.21	0.1950239
16	5	301.7	60.34	7.76788259	15.55	0.4995423
17	7	9517	1359.5714	36.8723667	29.45	1.2520328
18	11	1547	140.63636	11.8590203	12.33	0.9618021
19	16	225.8	14.1125	3.75666075	2.131	1.7628629
20	173	2681	15.49711	3.93663687	1.738	2.2650385
Total*	1273	35020.174	27.509956	5.24499342	16.3039	0.3217018

*dividido con respecto a los gl

Tabla 8. Estadísticas básicas del análisis de regresión de árbol de tasas de encuentro (1996)

Nodo Terminal	Número de cuadros (n)	Desviación (dev)	dev/n	raíz(dev/n)	Estimación del número de OF por 1000 mi	Coef de Variación (CV)
1	207	707.6	3.4183575	1.84888006	0.9838	1.8793251
2	33	193.2	5.8545455	2.4196168	1.85	1.307901
3	40	1138	28.45	5.33385414	9.252	0.5765082
4	380	137.9	0.3628947	0.60240745	0.2441	2.4678716
5	84	335	3.9880952	1.99702159	1.422	1.4043752
6	11	562.2	51.109091	7.14906224	12.97	0.5511999
7	22	4532	206	14.3527001	34.37	0.4175938
8	18	242.4	13.466667	3.66969572	2.829	1.2971706
9	102	2000	19.607843	4.42807443	3.747	1.1817653
10	35	1359	38.828571	6.23125761	8.569	0.7271861
11	10	1135	113.5	10.6536379	19.14	0.5566164
12	10	1231	123.1	11.0950439	37.94	0.2924366
13	12	798	66.5	8.15475322	29.24	0.2788903
14	8	23.04	2.88	1.69705627	7.251	0.2340444
15	10	105	10.5	3.24037035	5.218	0.6209985
16	275	3702	13.461818	3.66903505	1.719	2.1344008
17	10	3167	316.7	17.796067	16.59	1.0726984
18	80	2551	31.8875	5.64690181	3.875	1.457265
19	233	615.5	2.6416309	1.62530948	0.3193	5.090227
20	7	22510	3215.7143	56.7072684	24	2.3628028
Total*	1567	47044.84	30.022234	5.47925484	11.07646	0.4946756

*dividido con respecto a los gl

**Tabla 9. Estadísticas básicas del análisis de regresión de árbol de porcentajes
(por año)**

Año	OFNT			OFNM			OFA			DAP		
	num gpos	promedio	desviación	num gpos	promedio	desviación	num gpos	promedio	desviación	num gpos	promedio	desviación
1992	10	0.59	0.05	10	0.49	0.04	20	0.70	0.04	10	0.50	0.04
1993	10	0.55	0.05	10	0.46	0.03	20	0.60	0.04	10	0.72	0.03
1994	10	0.55	0.04	10	0.49	0.03	20	0.56	0.04	10	0.67	0.04
1995	10	0.51	0.05	10	0.53	0.04	23	0.50	0.04	10	0.74	0.03
1996	10	0.53	0.06	10	0.58	0.05	20	0.49	0.04	10	0.72	0.02
1997	10	0.49	0.04	10	0.42	0.03	10	0.47	0.05	10	0.68	0.03

Tabla 10. Estadísticas básicas del análisis de regresión de árbol de porcentajes (por trimestre)

Trimestre	OFNT			OFNM			OFA			DAP		
	num gpos	promedio	desviación	num gpos	promedio	desviación	num gpos	promedio	desviación	num gpos	promedio	desviación
Trim1	25	0.53	0.04	10	0.41	0.04	20	0.56	0.06	10	0.63	0.03
Trim2	21	0.57	0.04	10	0.47	0.04	21	0.50	0.04	10	0.69	0.04
Trim3	20	0.44	0.03	10	0.59	0.04	23	0.48	0.05	10	0.70	0.02
Trim4	15	0.55	0.04	11	0.55	0.05	20	0.54	0.05	10	0.67	0.05

Fig 1. Porcentaje de lances observados por tipo de objeto flotante.

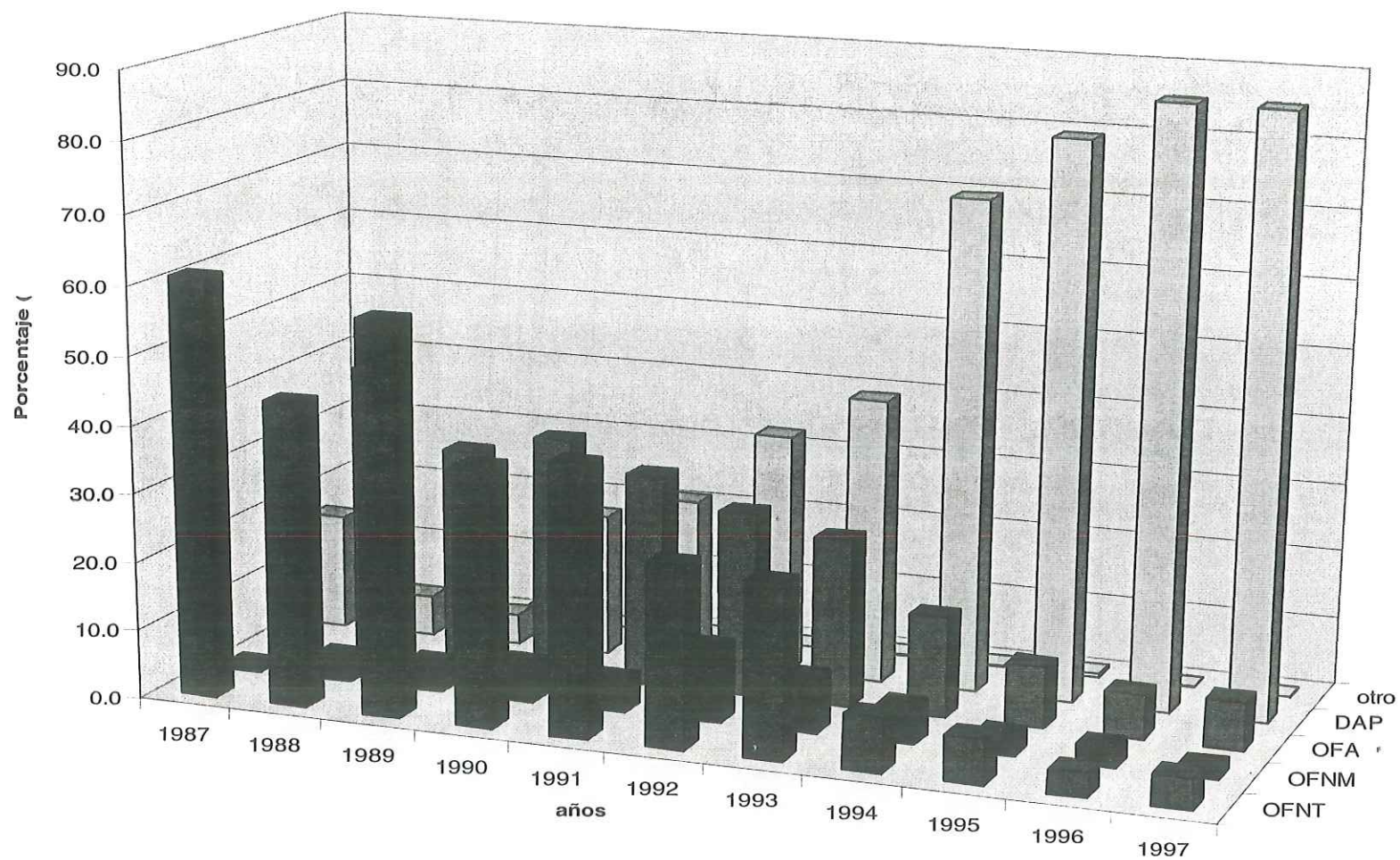


Fig 2. Estadísticas básicas de la captura promedio de especies de atún, por tipo de objeto flotante (1992/1994).

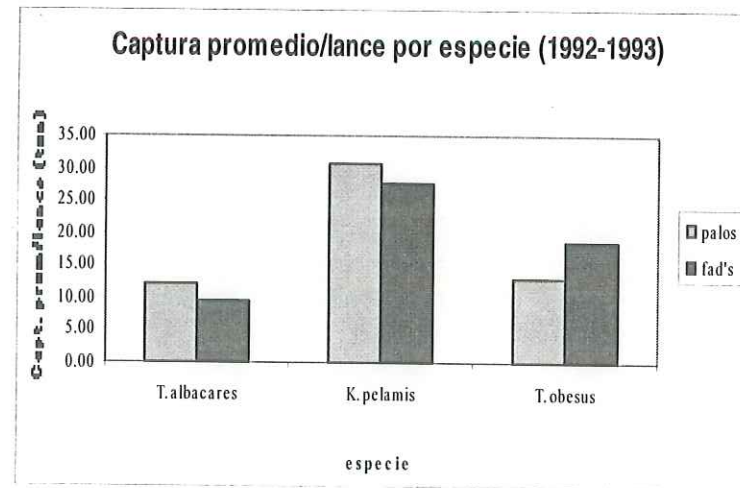
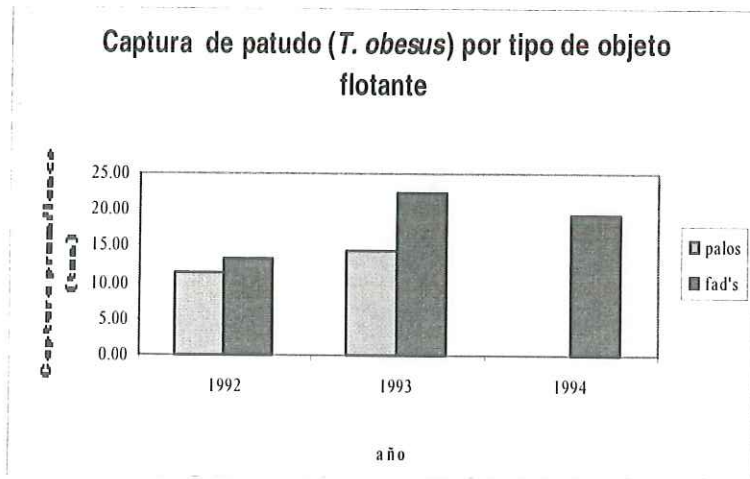
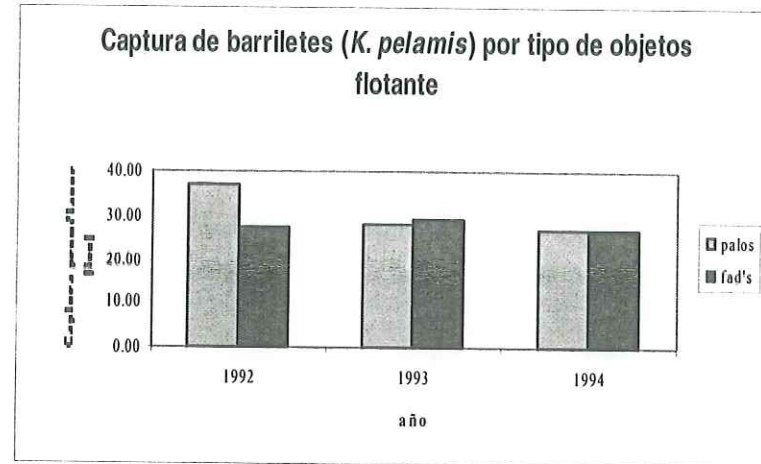
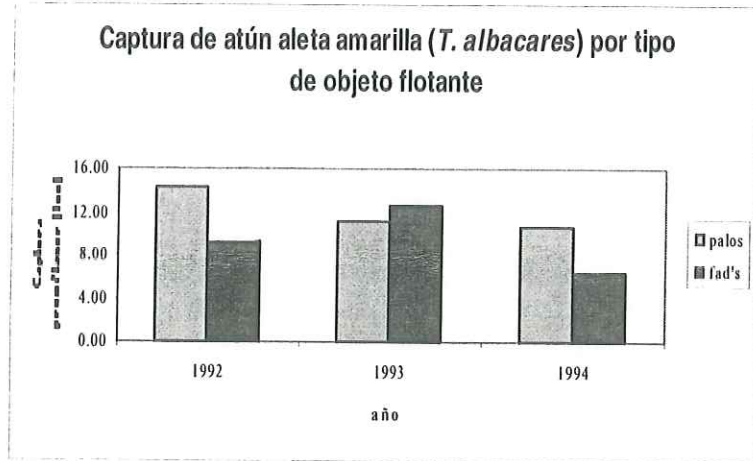


Fig 3.1. Distribución espacial de las tasas de encuentro de objetos flotantes (1992): a. avistamientos positivos; b. millas navegadas; c. tasas de encuentro (núm. de objetos flotantes/1000 millas navegadas en estado de búsqueda)

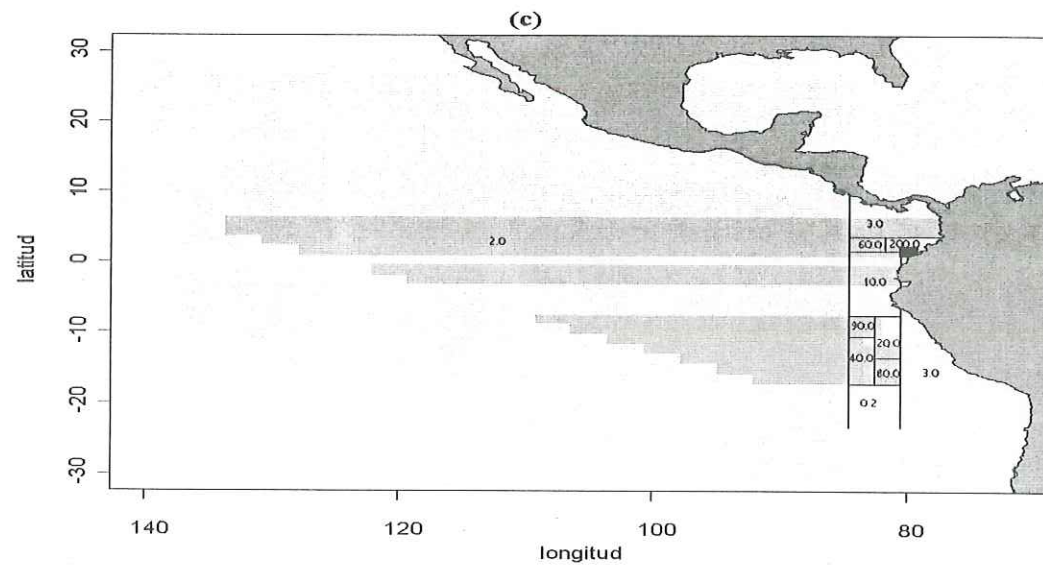
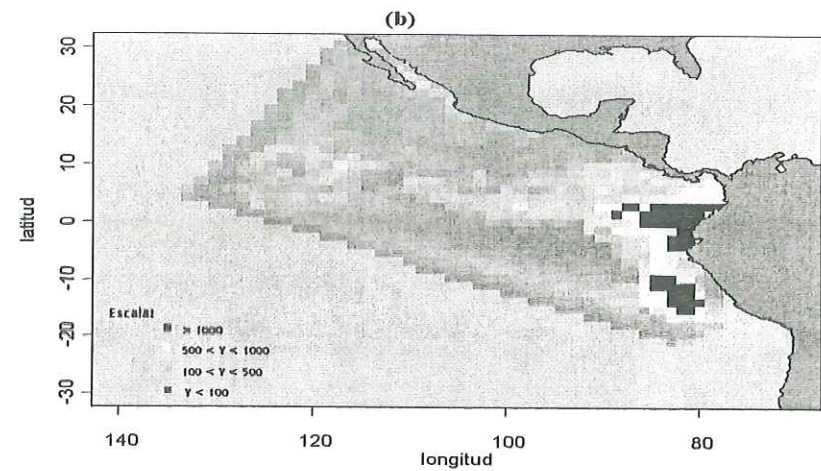
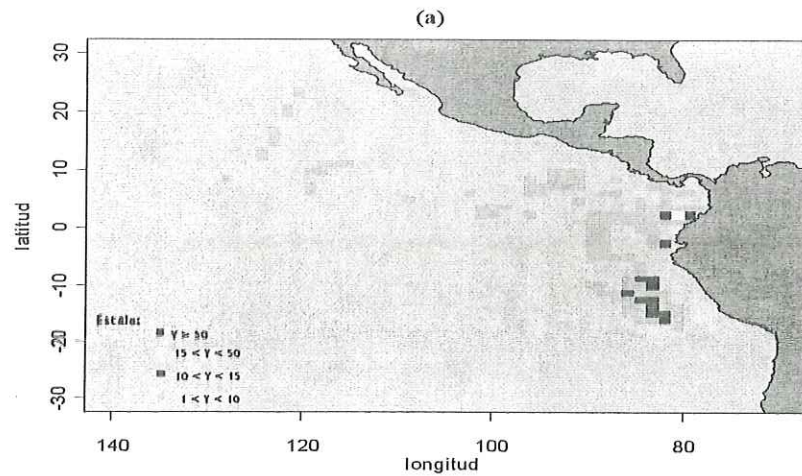


Fig 3.2. Distribución espacial de las tasas de encuentro de objetos flotantes (1993): a. avistamientos positivos; b. millas navegadas; c. tasas de encuentro (núm. de objetos flotantes/1000 millas navegadas en estado de búsqueda)

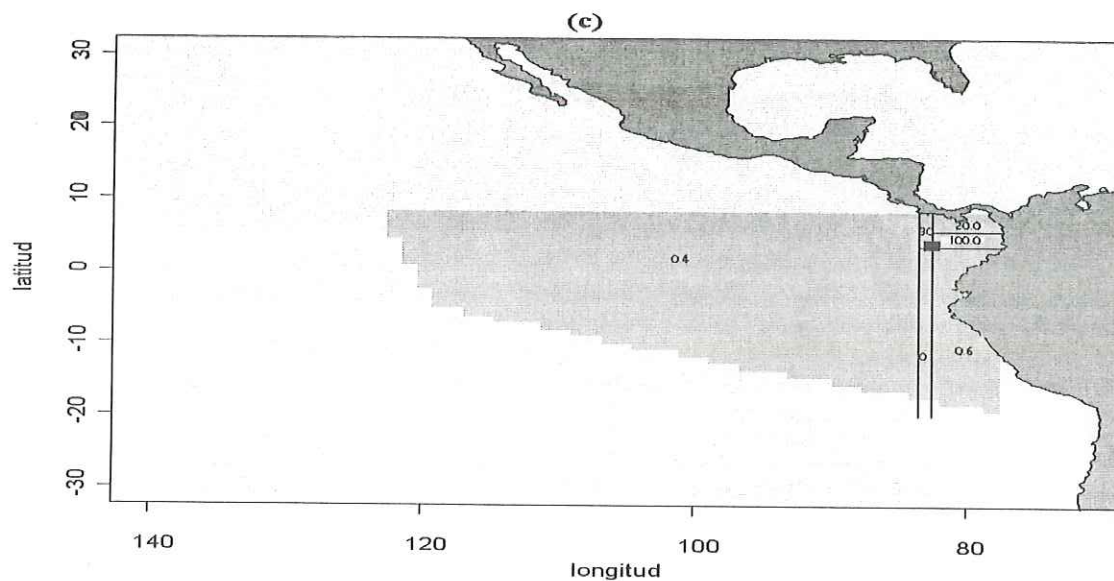
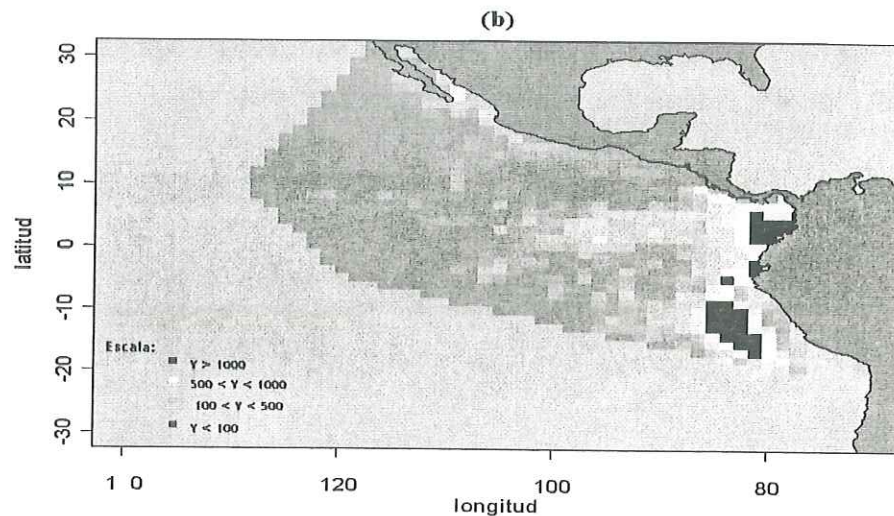
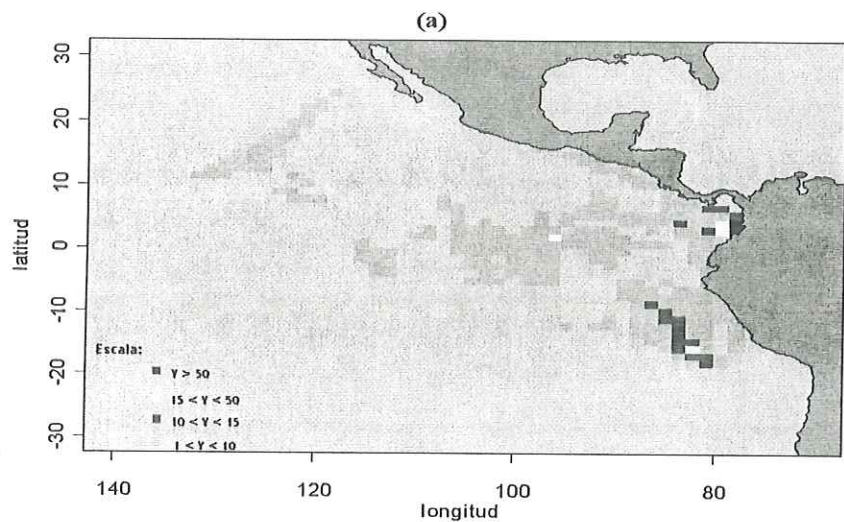


Fig 3.3. Distribución espacial de las tasas de encuentro de objetos flotantes (1994): a. avistamientos positivos; b. millas navegadas; c. tasas de encuentro (núm. de objetos flotantes/1000 millas navegadas en estado de búsqueda)

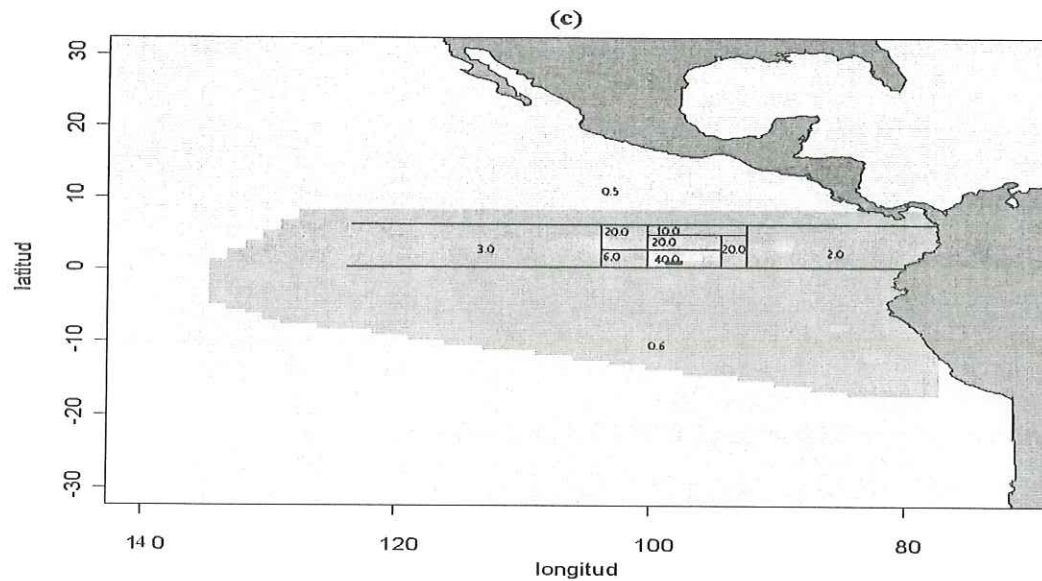
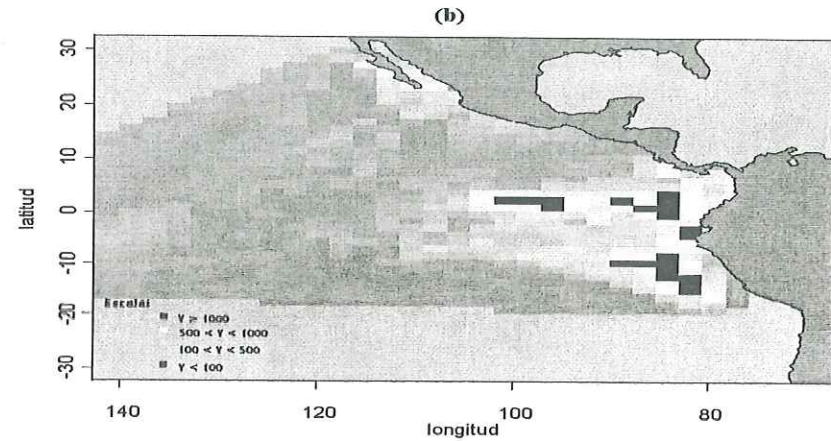
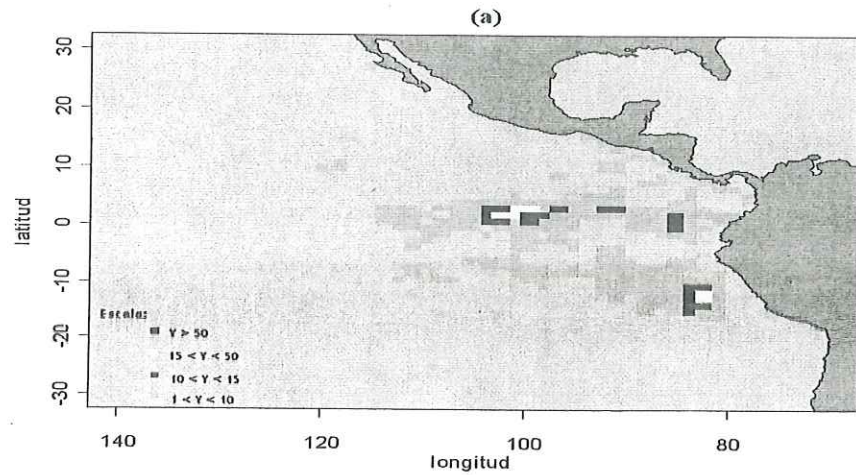


Fig 3.4. Distribución espacial de las tasas de encuentro de objetos flotantes (1995): a. avistamientos positivos; b. millas navegadas; c. tasas de encuentro (núm. de objetos flotantes/1000 millas navegadas en estado de búsqueda)

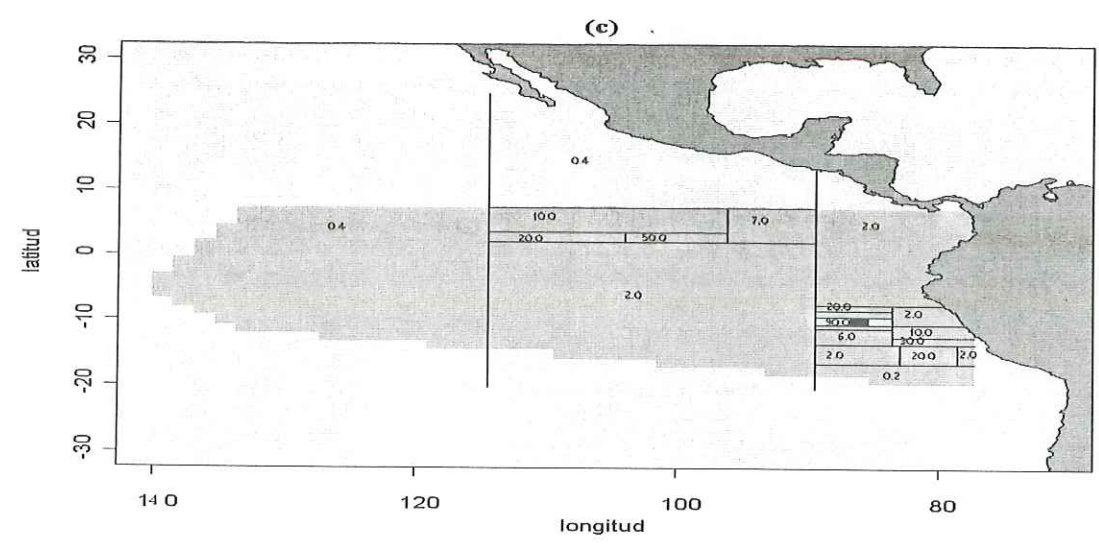
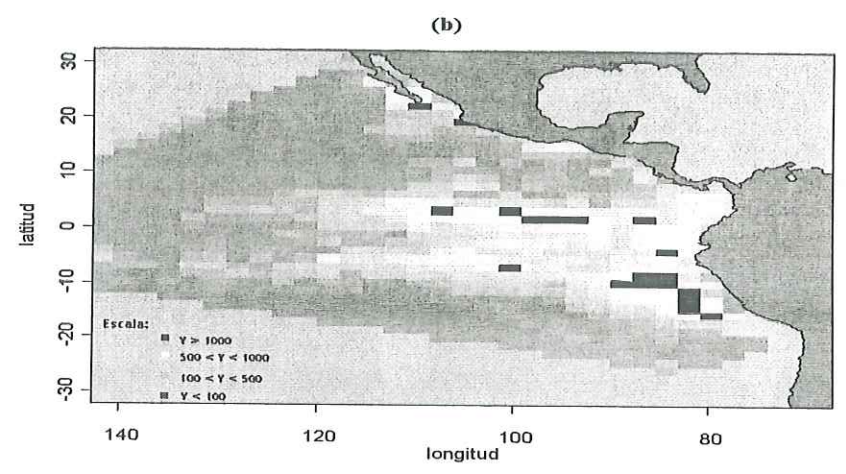
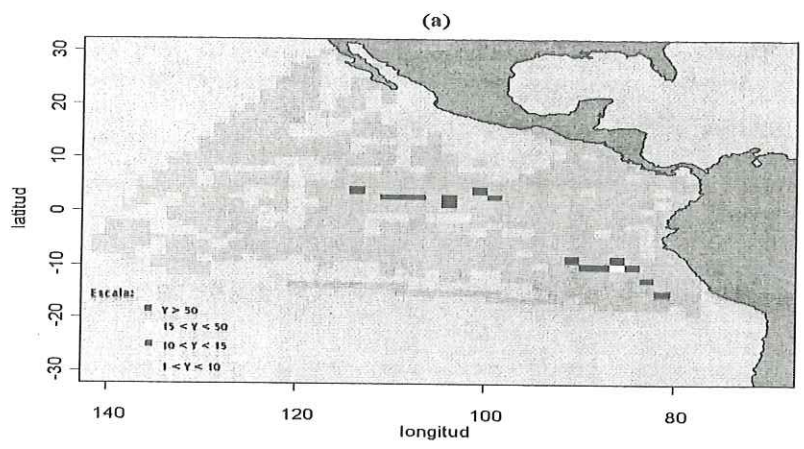


Fig 3.5. Distribución espacial de las tasas de encuentro de objetos flotantes (1996): a. avistamientos positivos; b. millas navegadas; c. tasas de encuentro (núm. de objetos flotantes/1000 millas navegadas en estado de búsqueda)

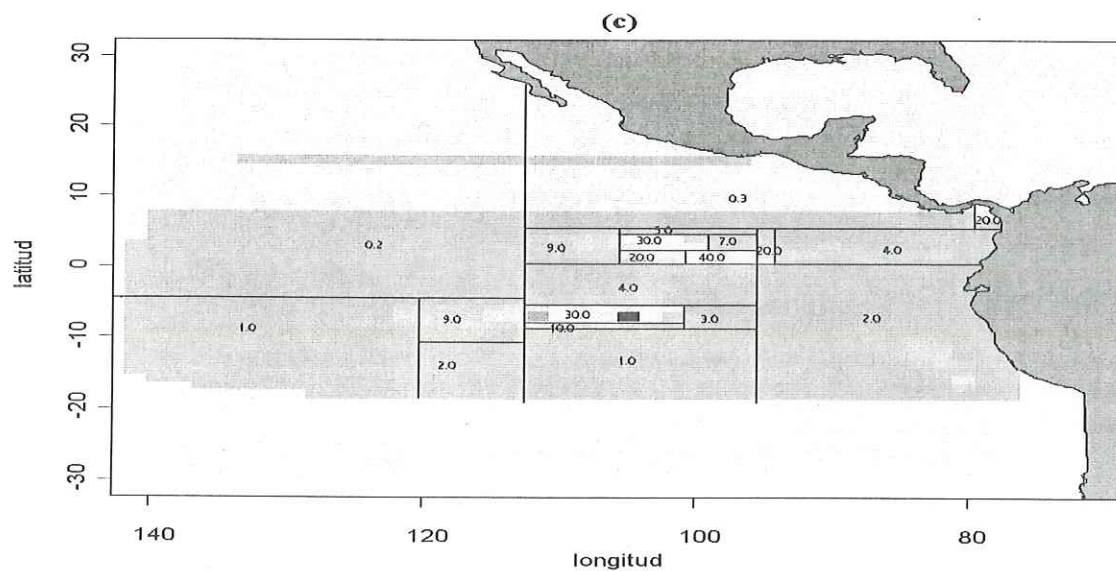
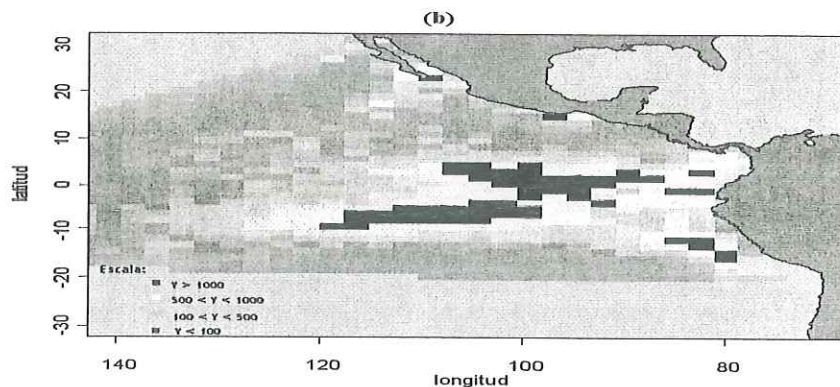
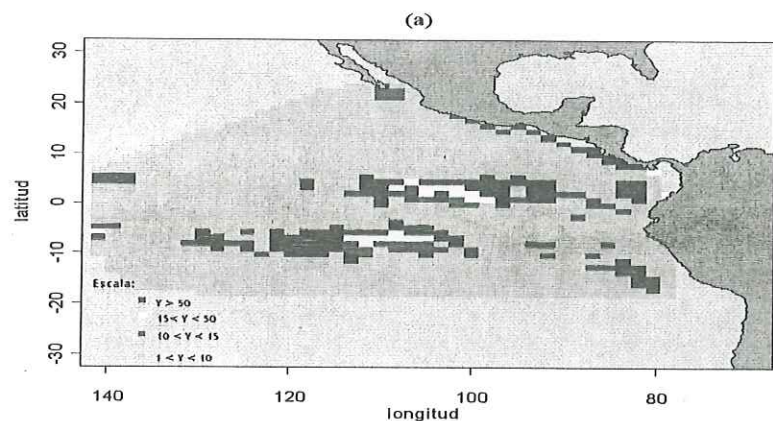


Fig. 4.1. Porcentaje de lances sobre objetos flotantes (1987/1991): a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP.

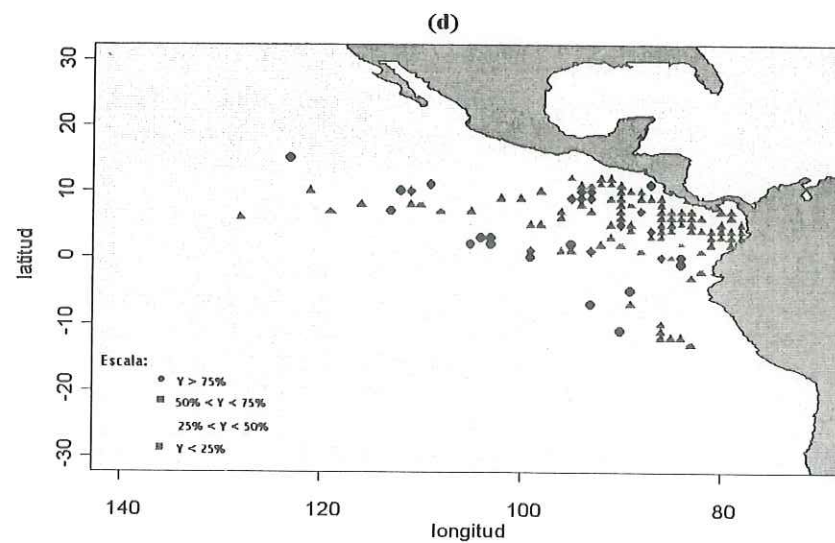
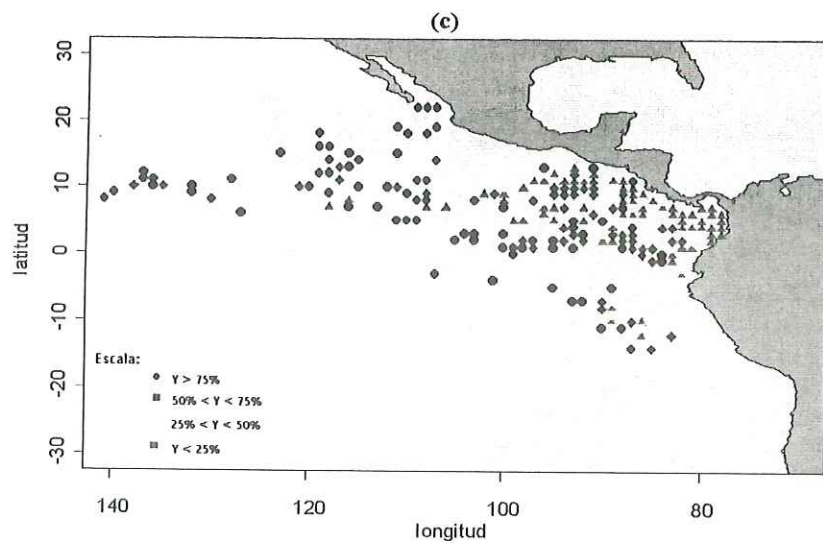
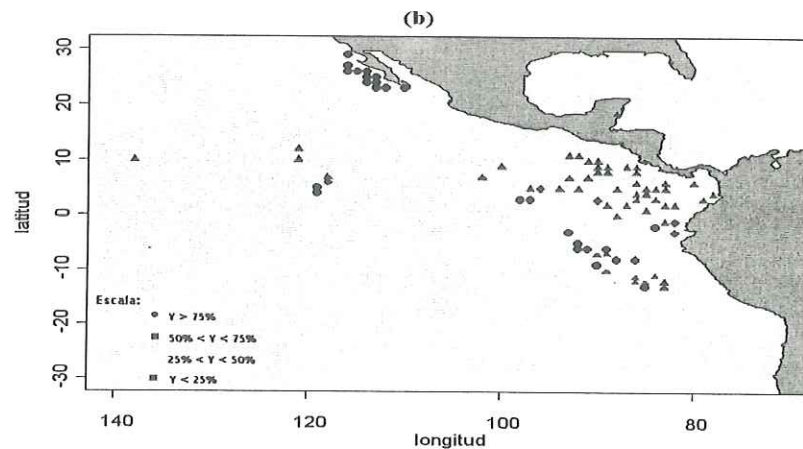
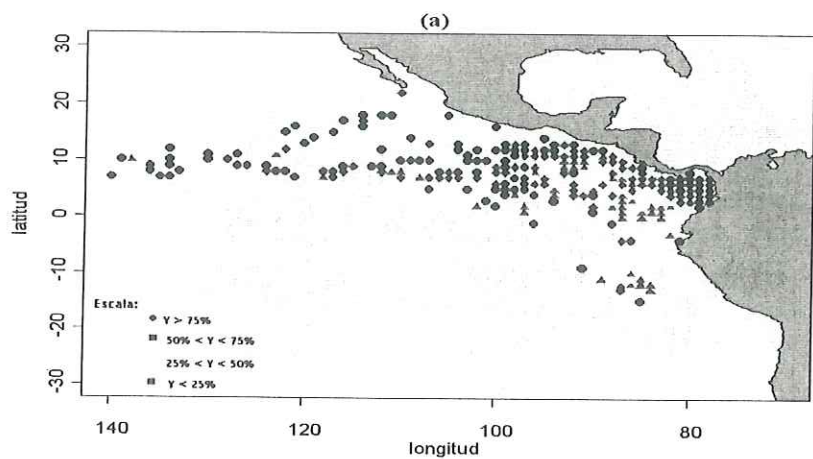


Fig. 4.2. Porcentaje de lances sobre objetos flotantes (1992): a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP.

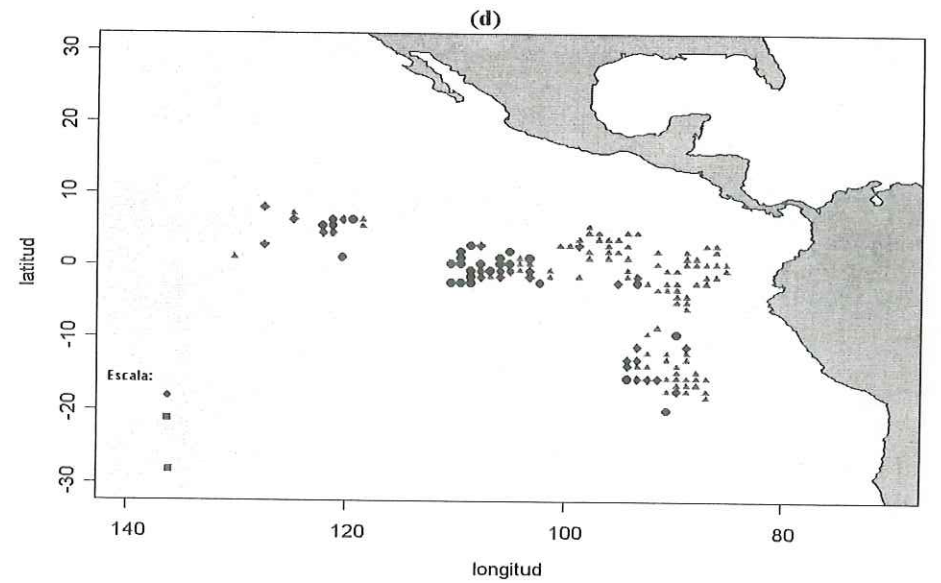
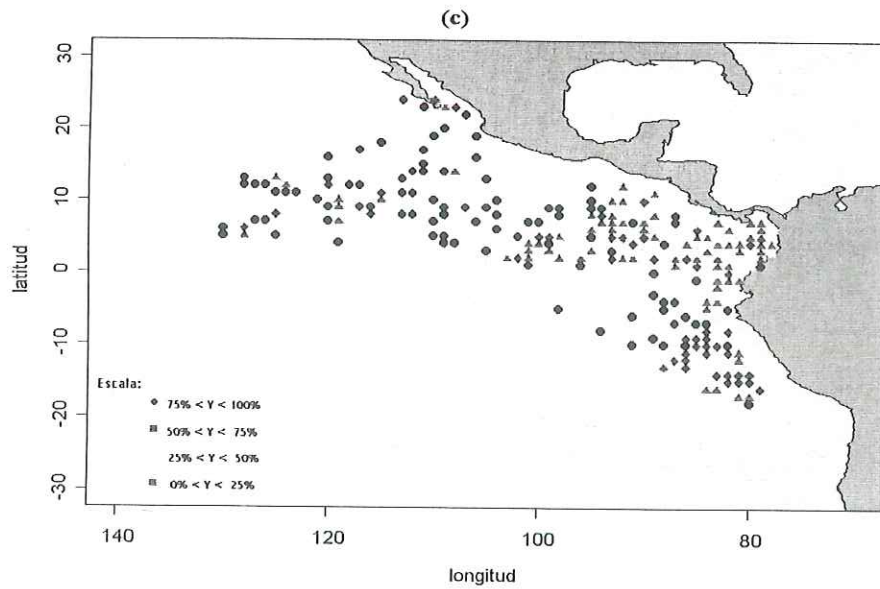
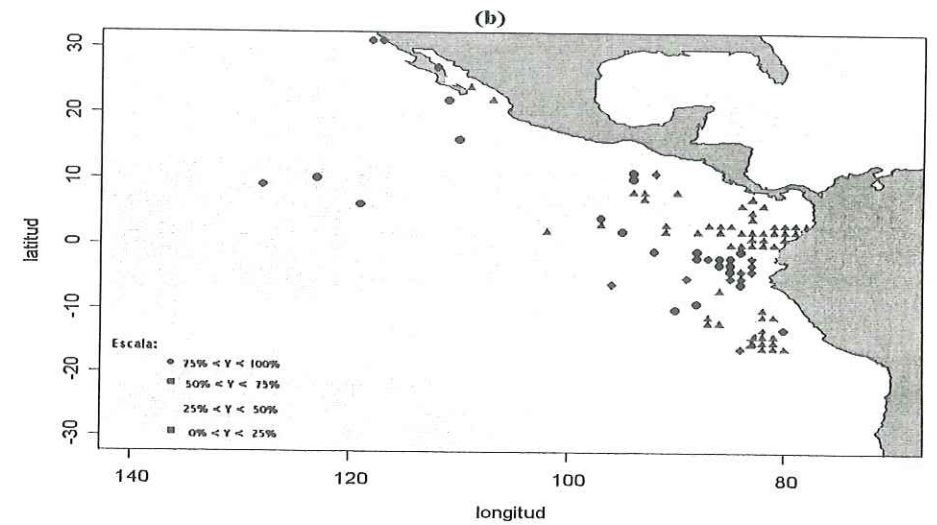
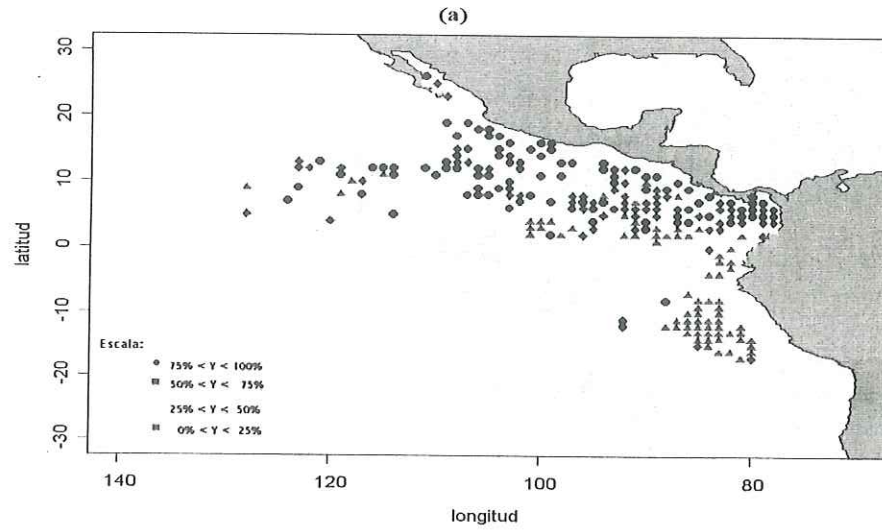


Fig. 4.3. Porcentaje de lances sobre objetos flotantes (1993): a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP.

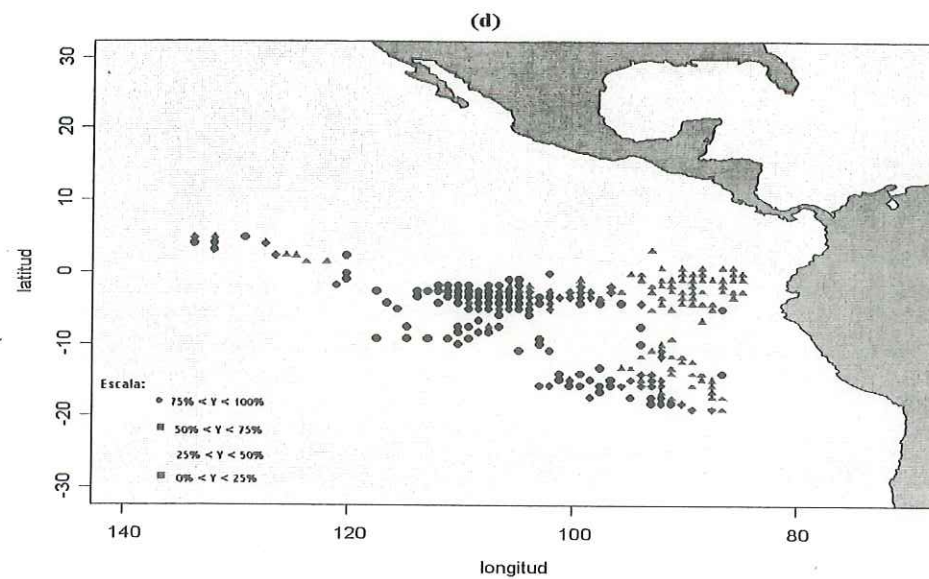
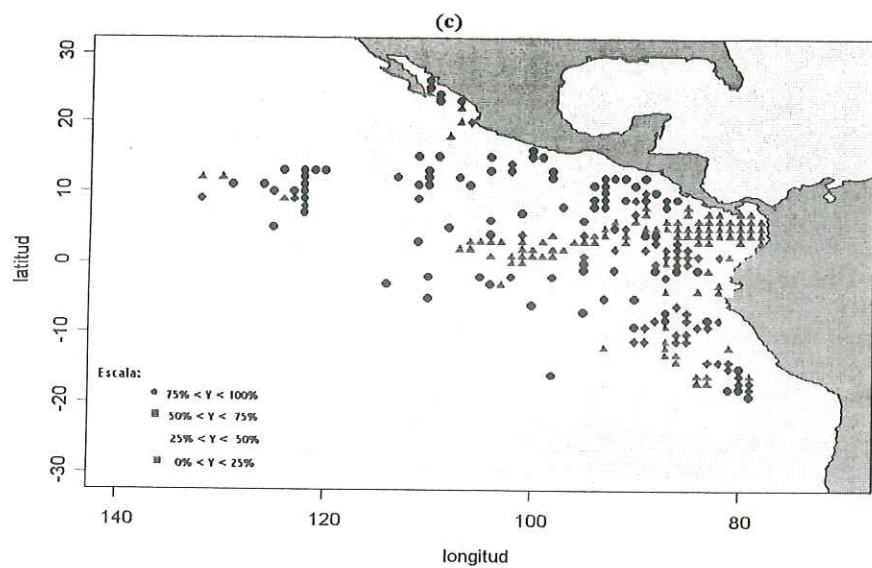
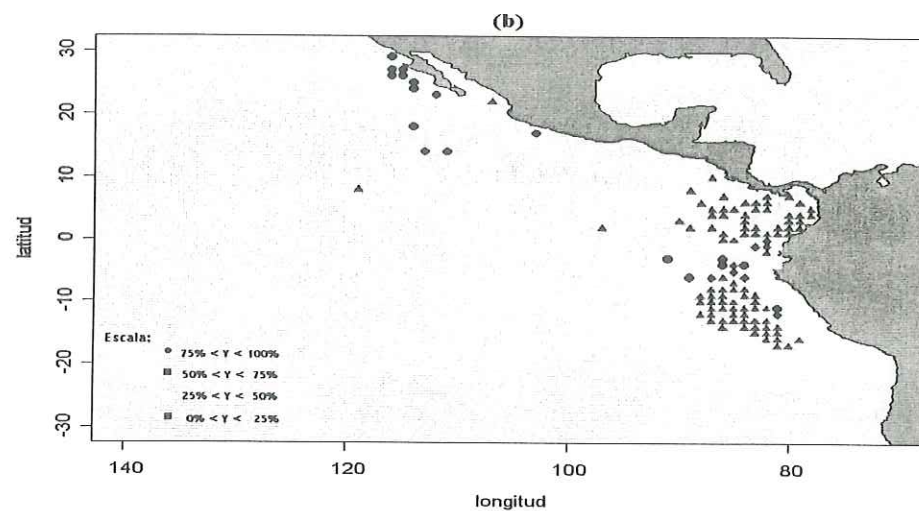
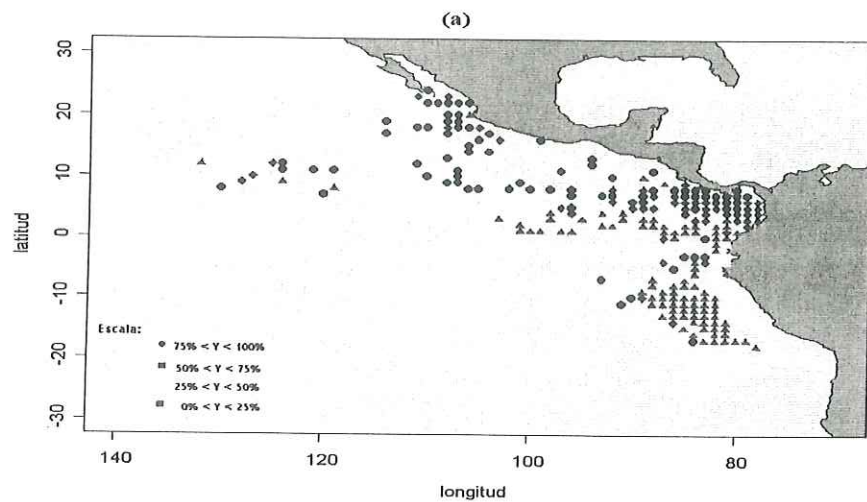


Fig. 4.4. Porcentaje de lances sobre objetos flotantes (1994): a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP.

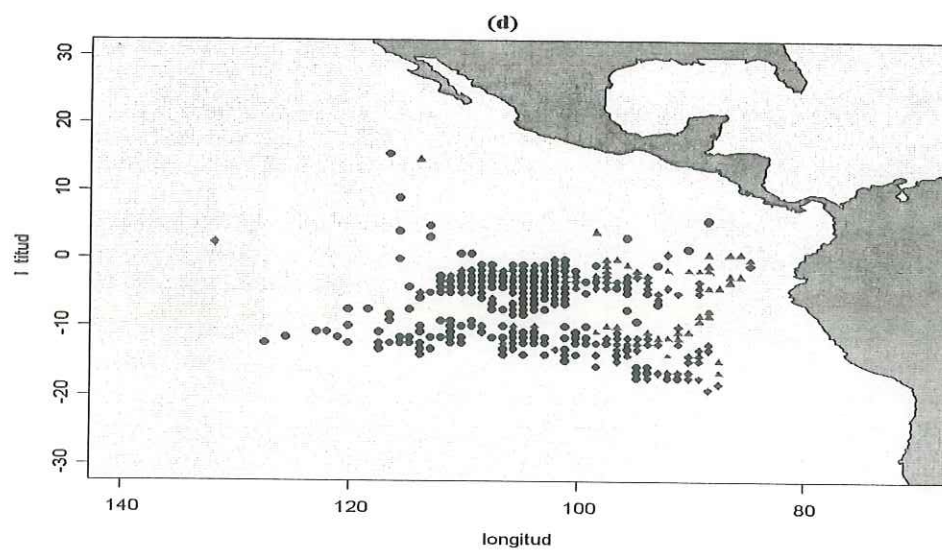
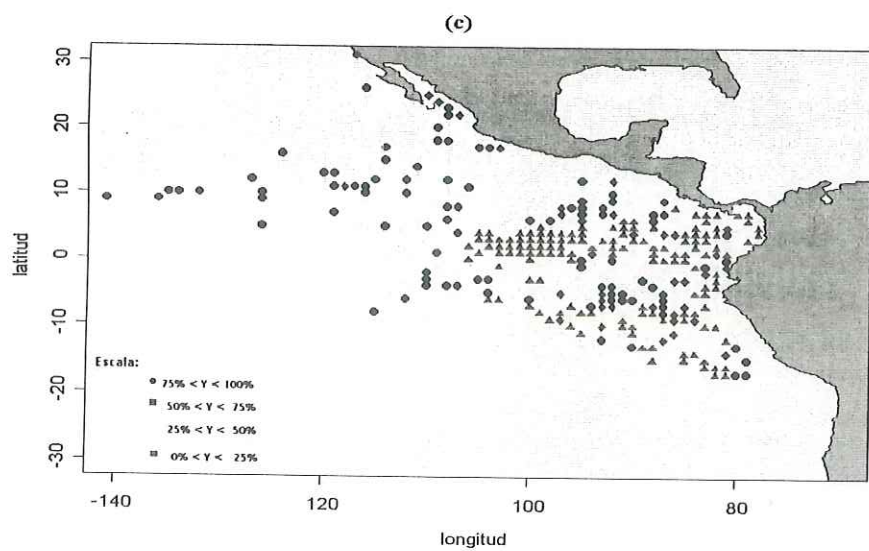
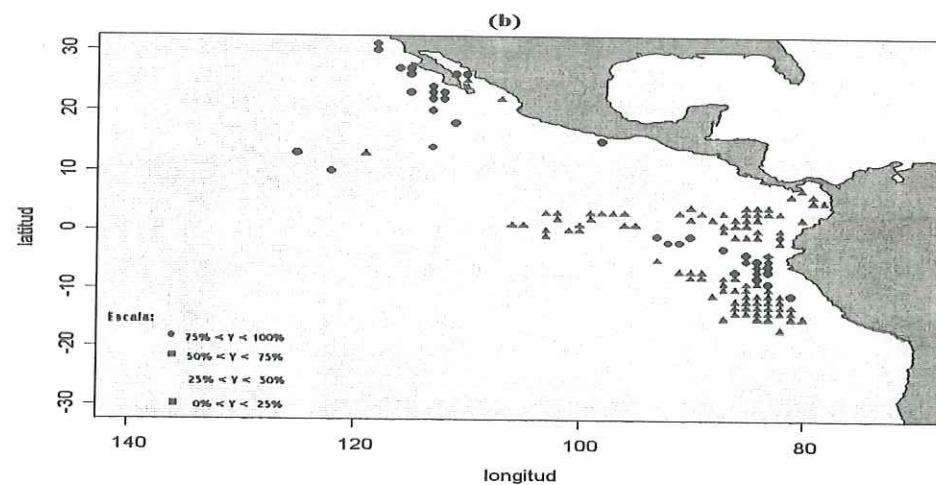
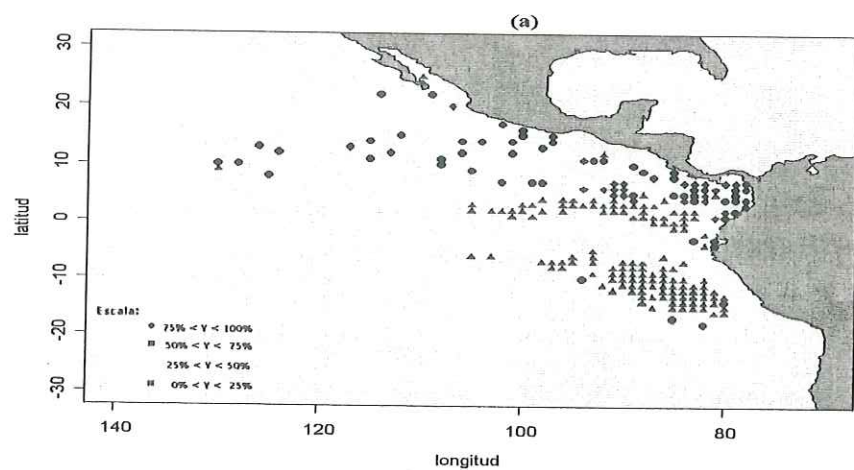


Fig. 4.5. Porcentaje de lances sobre objetos flotantes (1995): a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP.

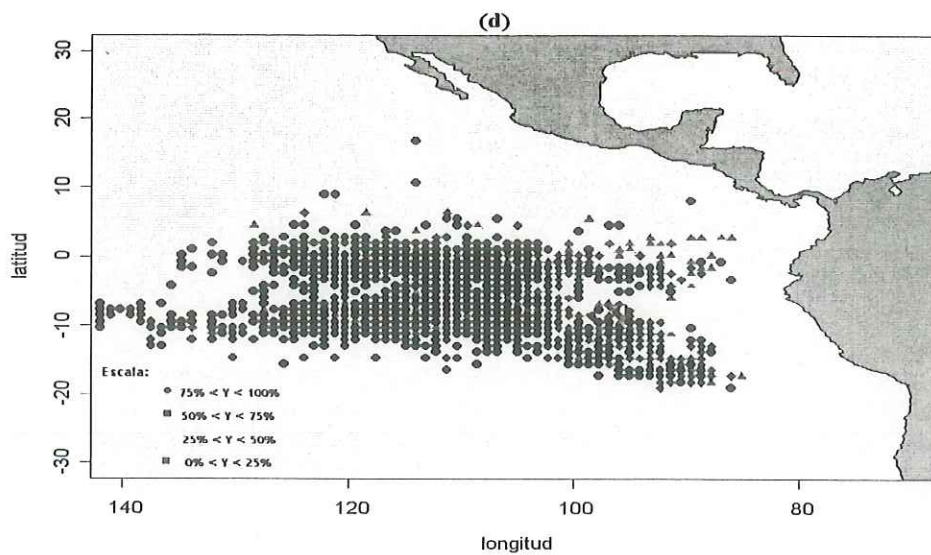
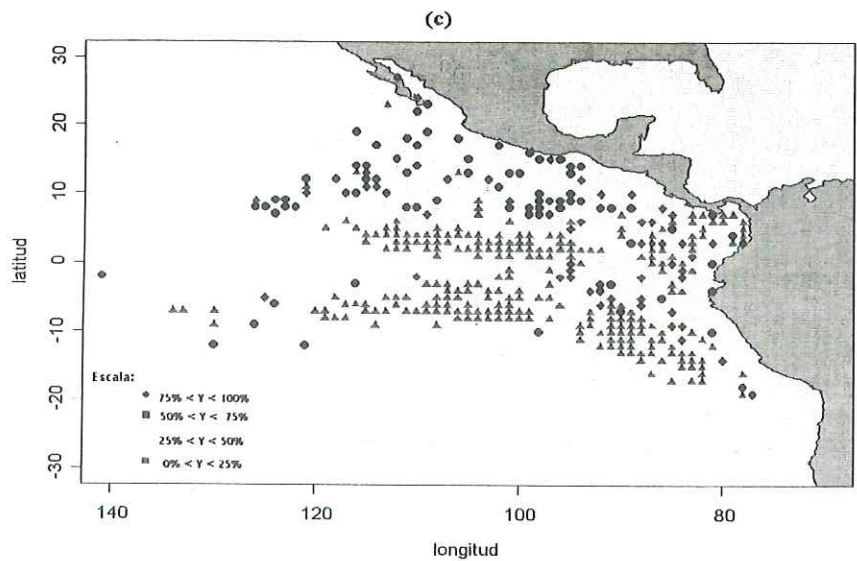
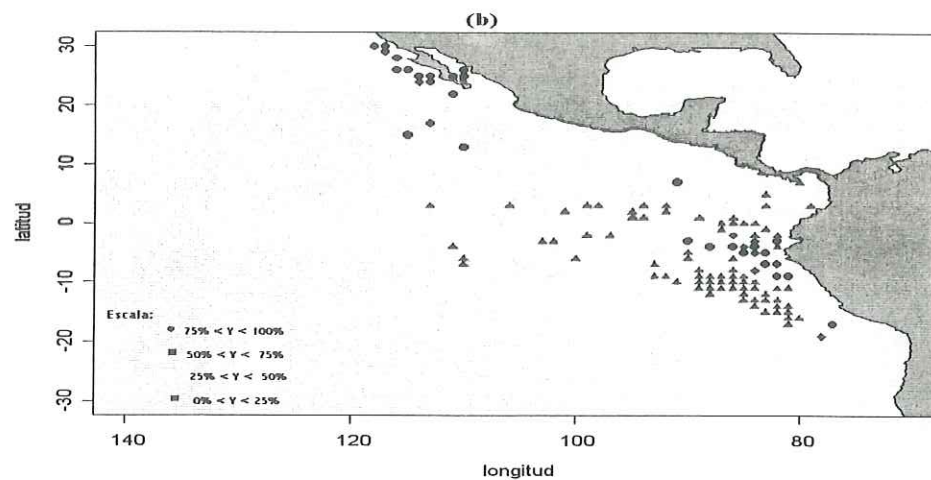
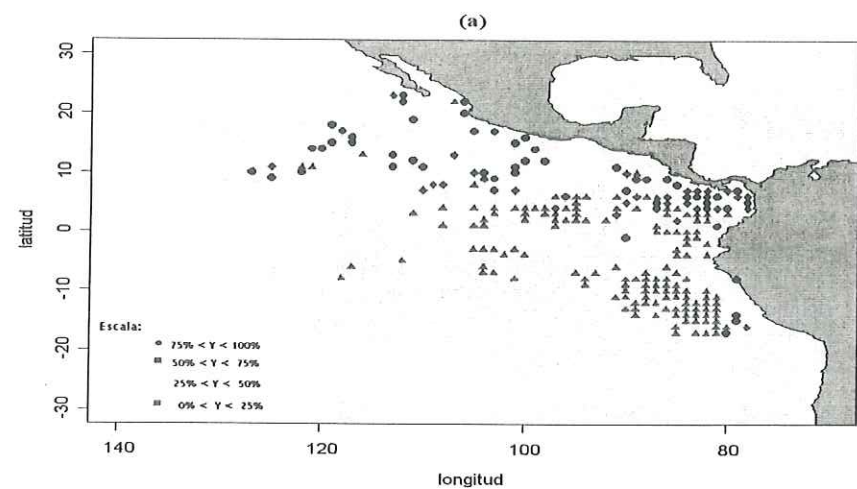


Fig. 4.6. Porcentaje de lances sobre objetos flotantes (1996): a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP.

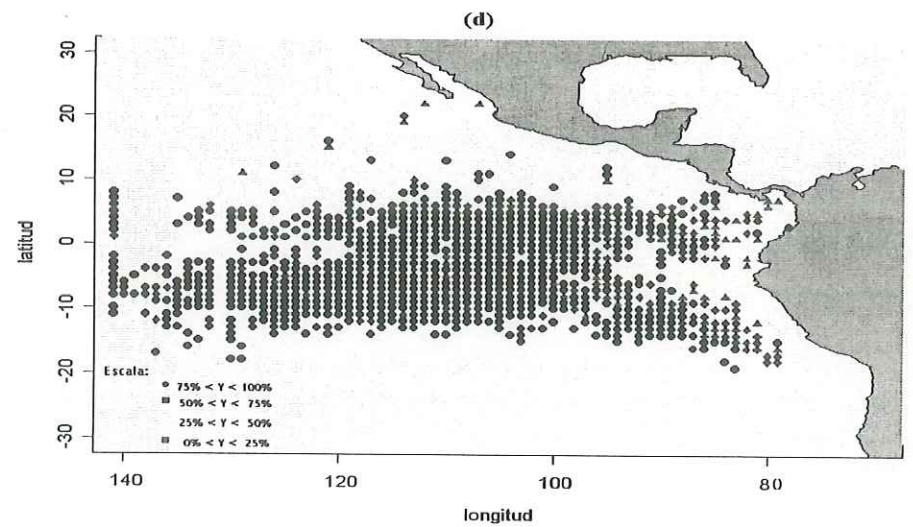
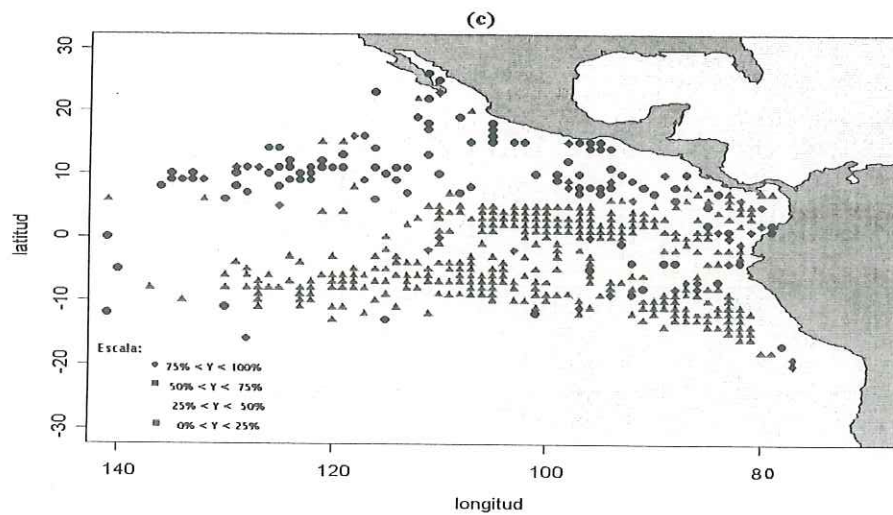
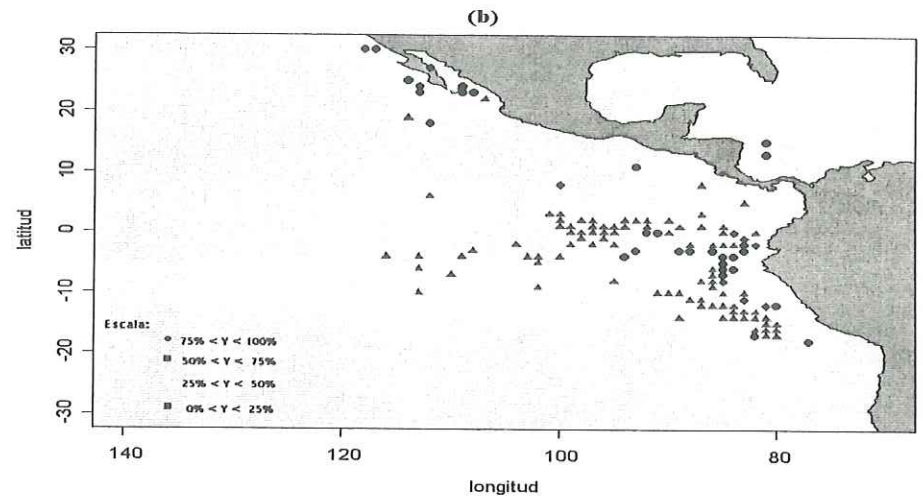
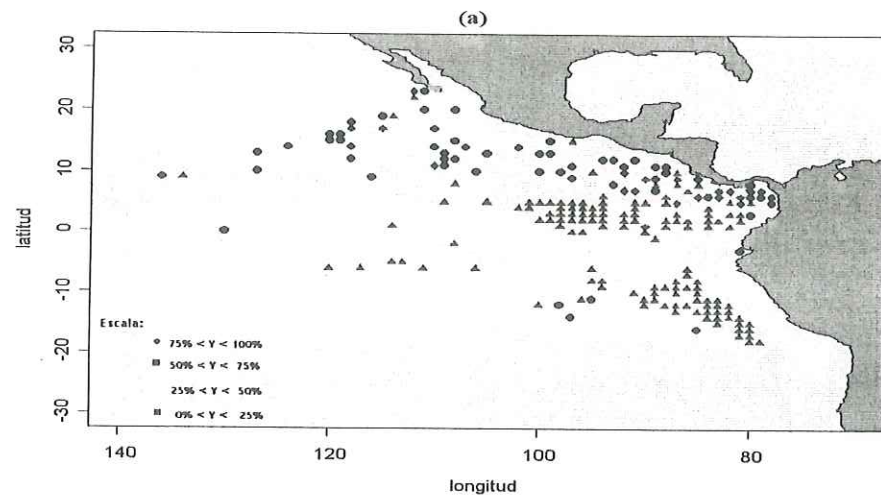


Fig. 4.7. Porcentaje de lances sobre objetos flotantes (1997): a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP.

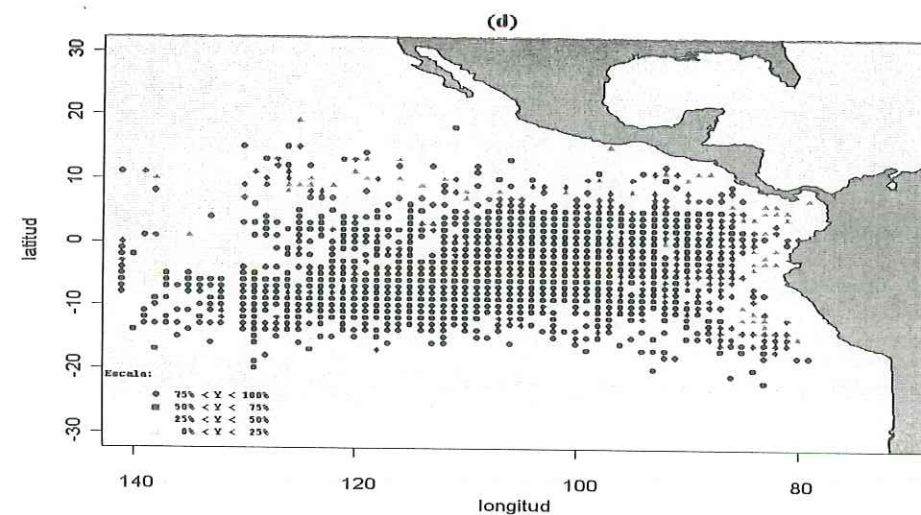
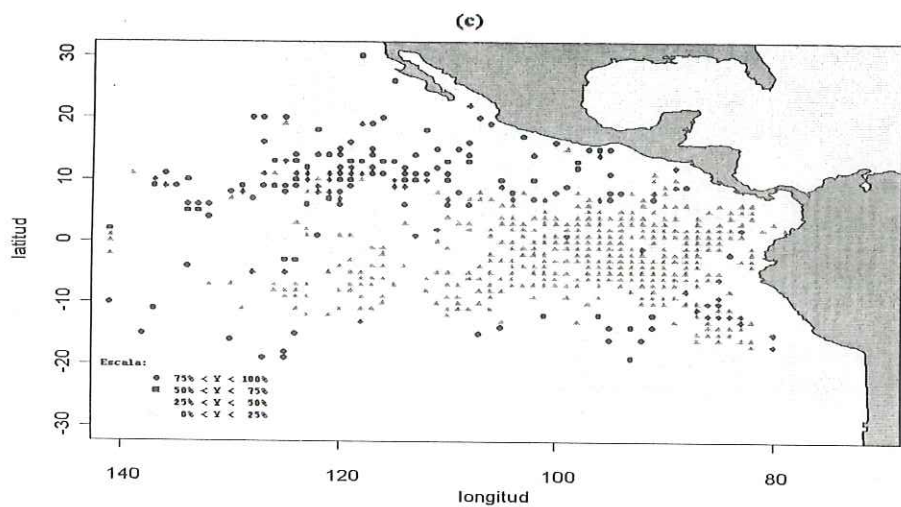
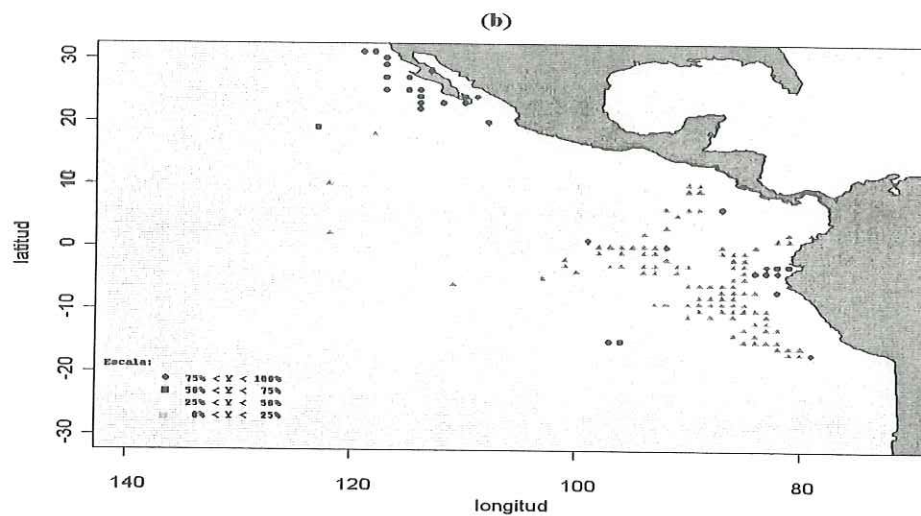
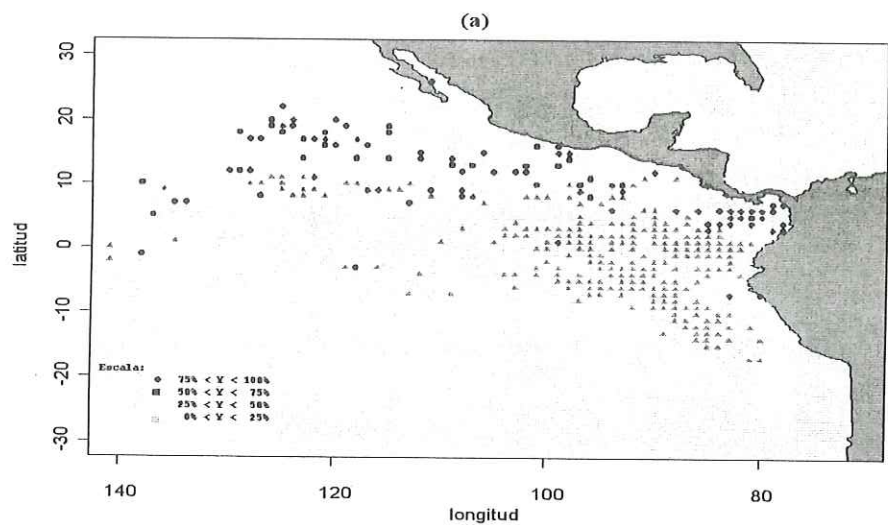


Fig 5.1. Árboles de clasificación espacial de lances sobre diferentes tipos de Objetos flotantes (1992): a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP.

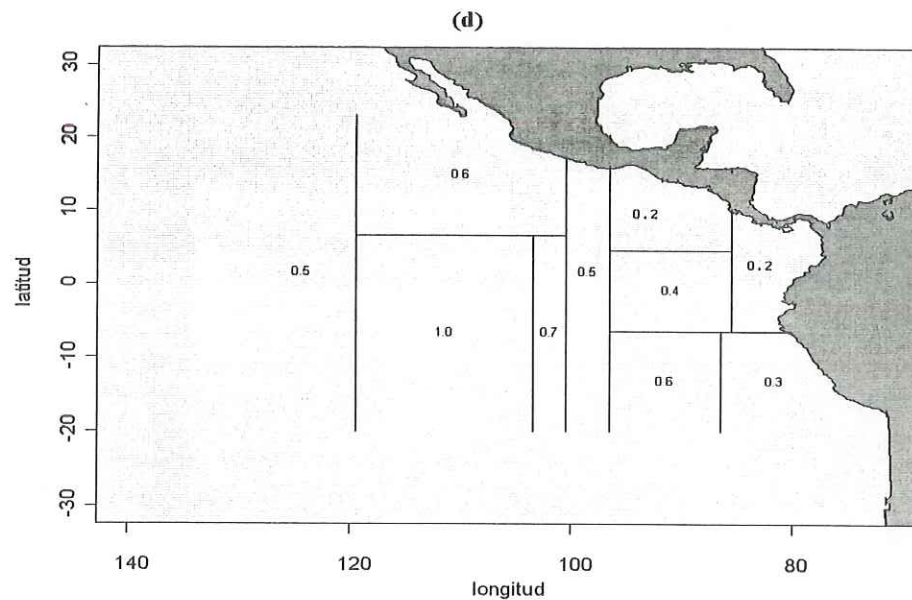
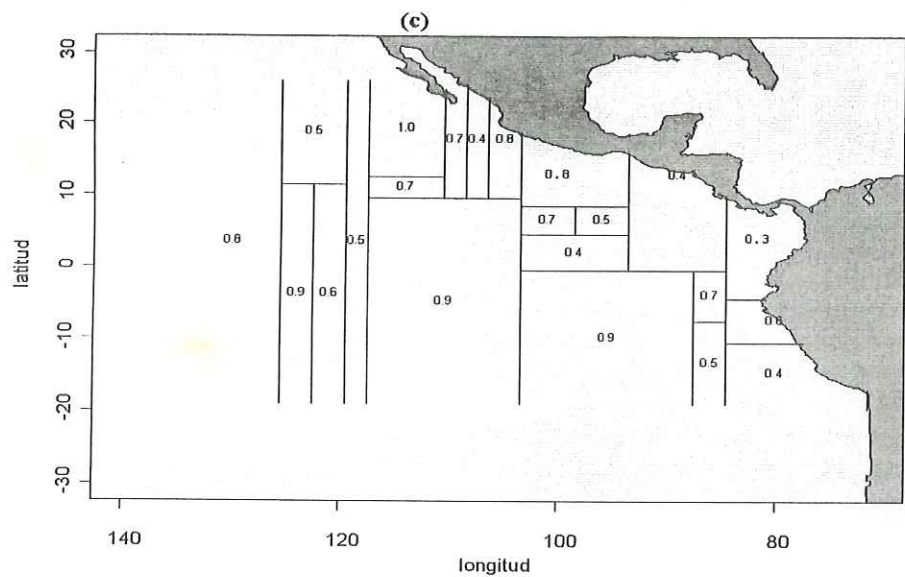
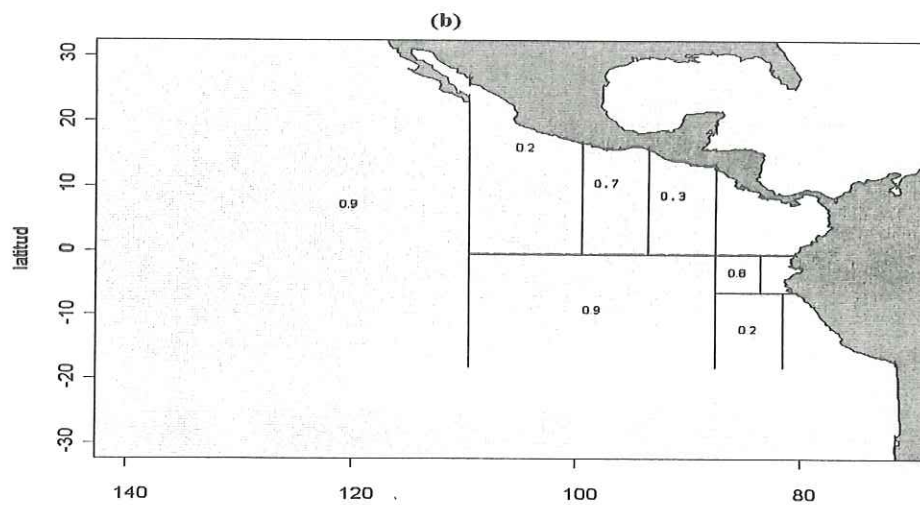
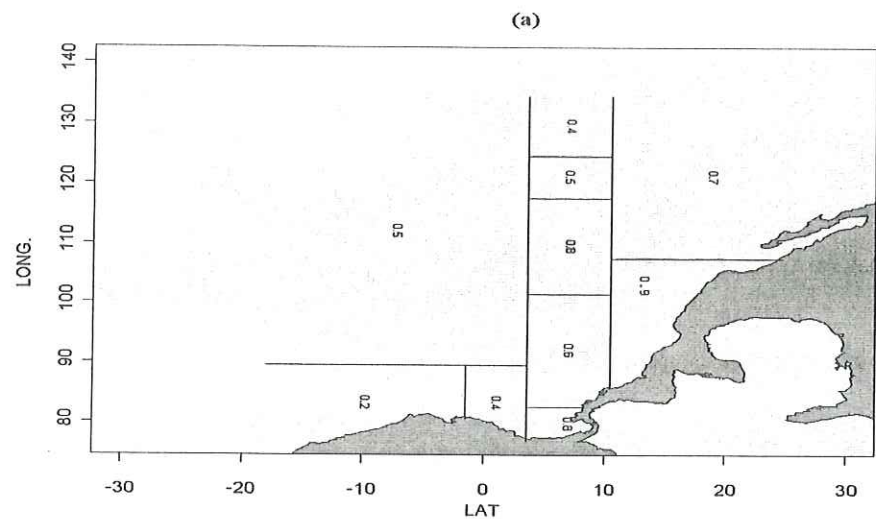


Fig 5.2. Arboles de clasificación espacial de lances sobre diferentes tipos de Objetos flotantes (1993): a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP.

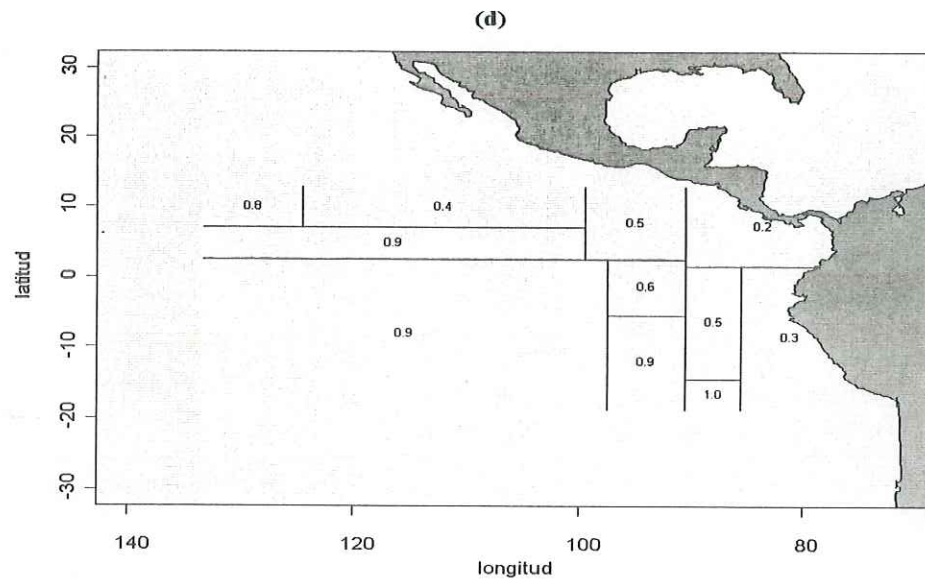
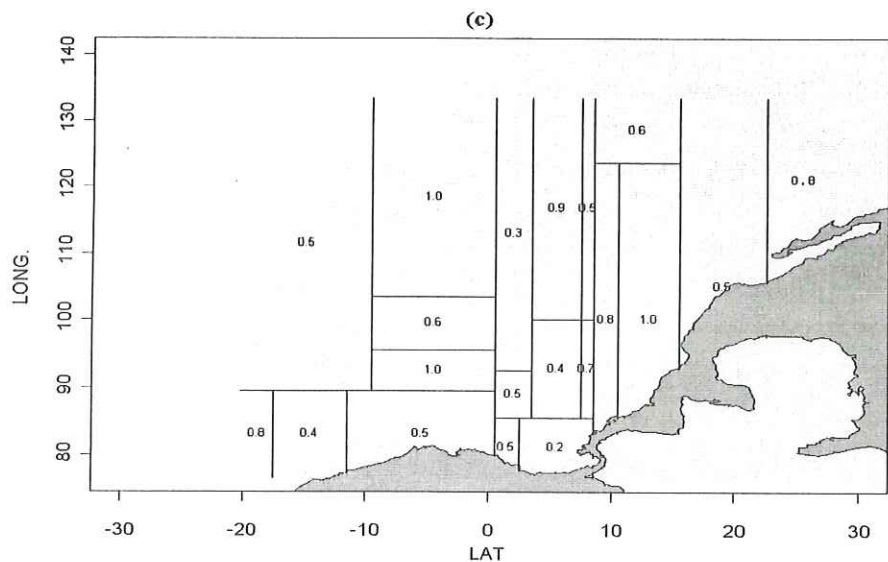
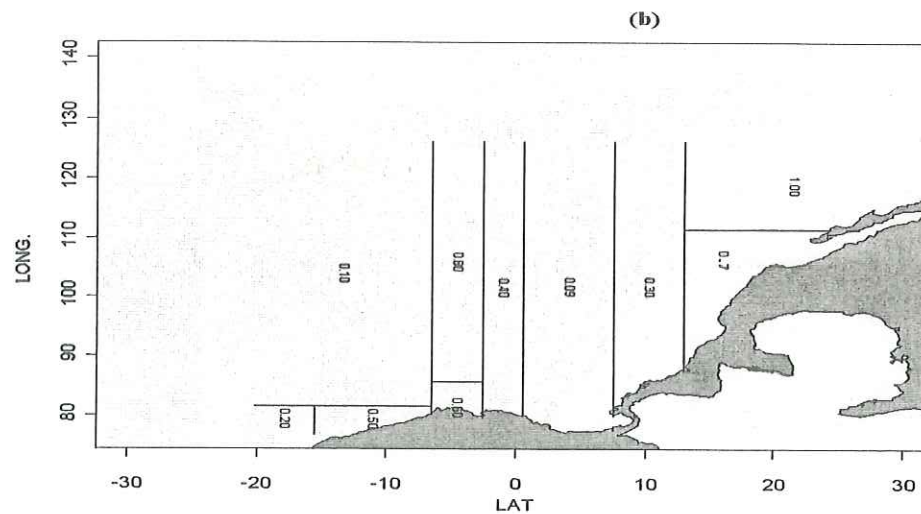
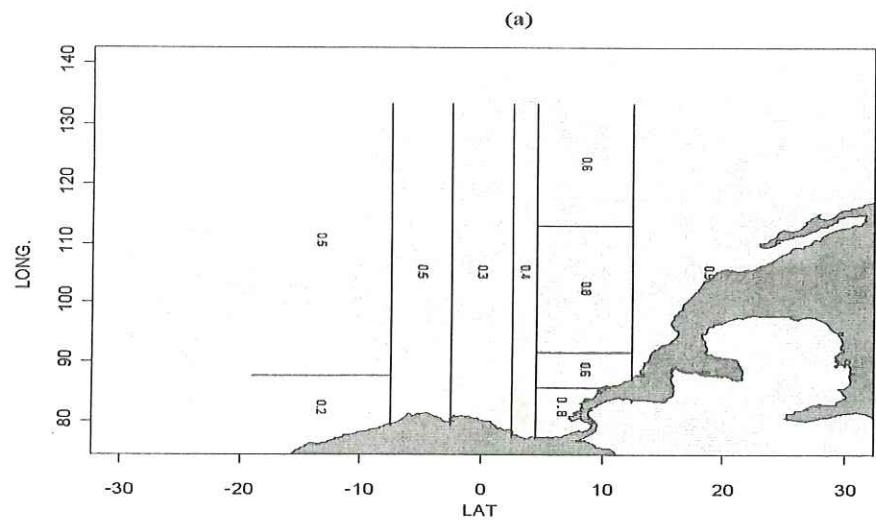


Fig 5.3. Árboles de clasificación espacial de lances sobre diferentes tipos de Objetos flotantes (1994): a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP.

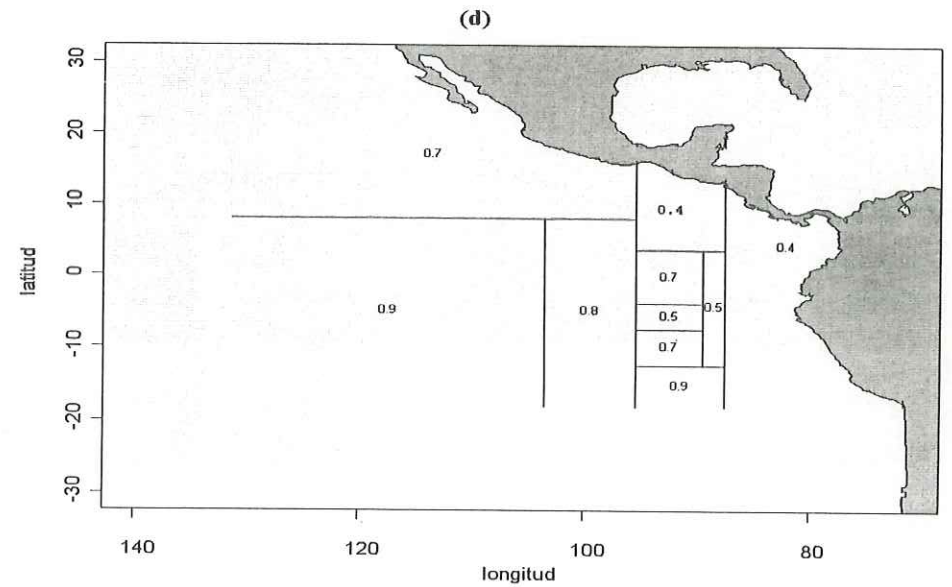
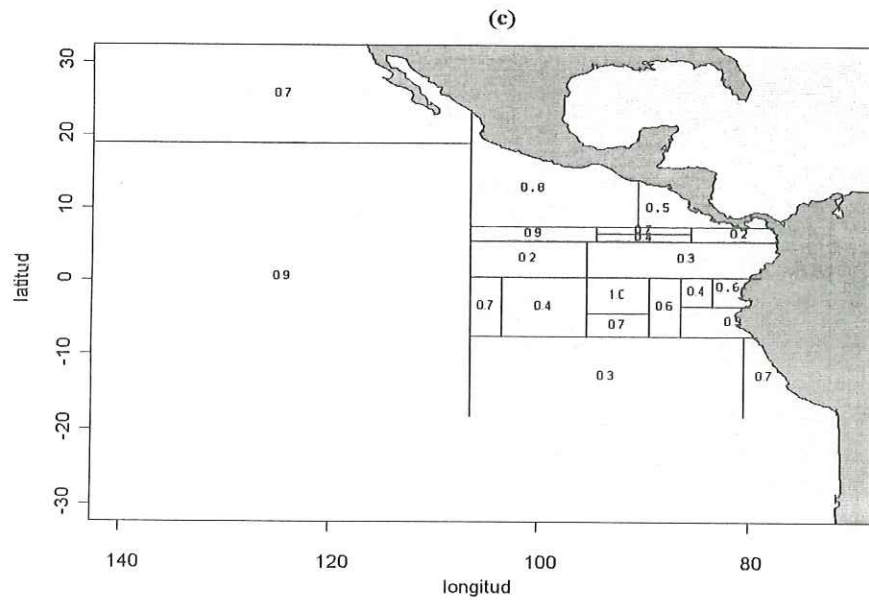
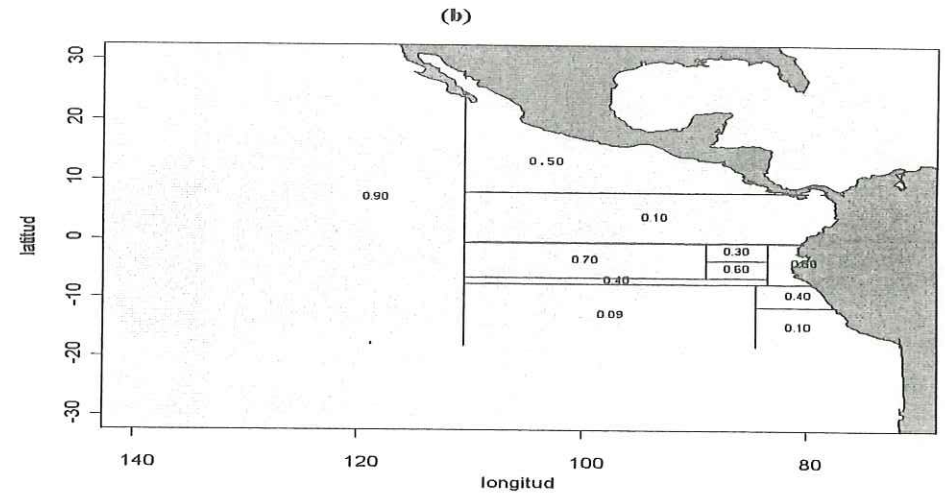
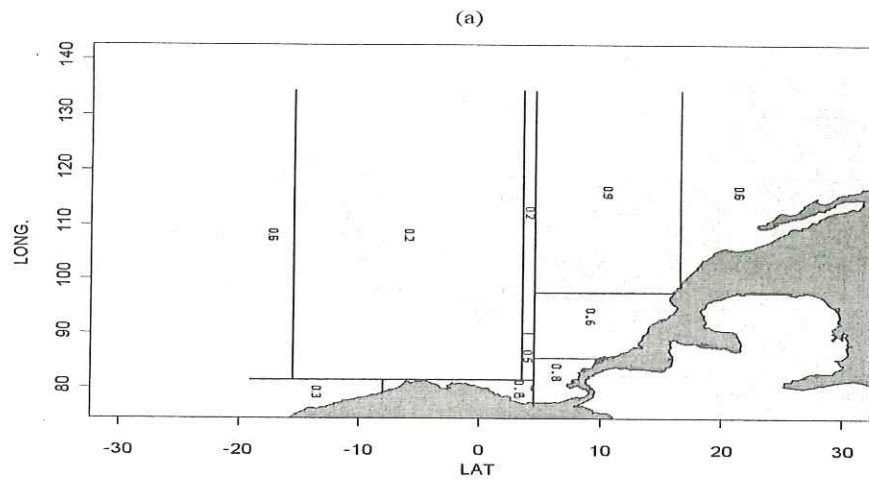


Fig 5.4. Arboles de clasificación espacial de lances sobre diferentes tipos de Objetos flotantes (1995): a. OFNT; b. OFNM; c.OFA; d. DAP.

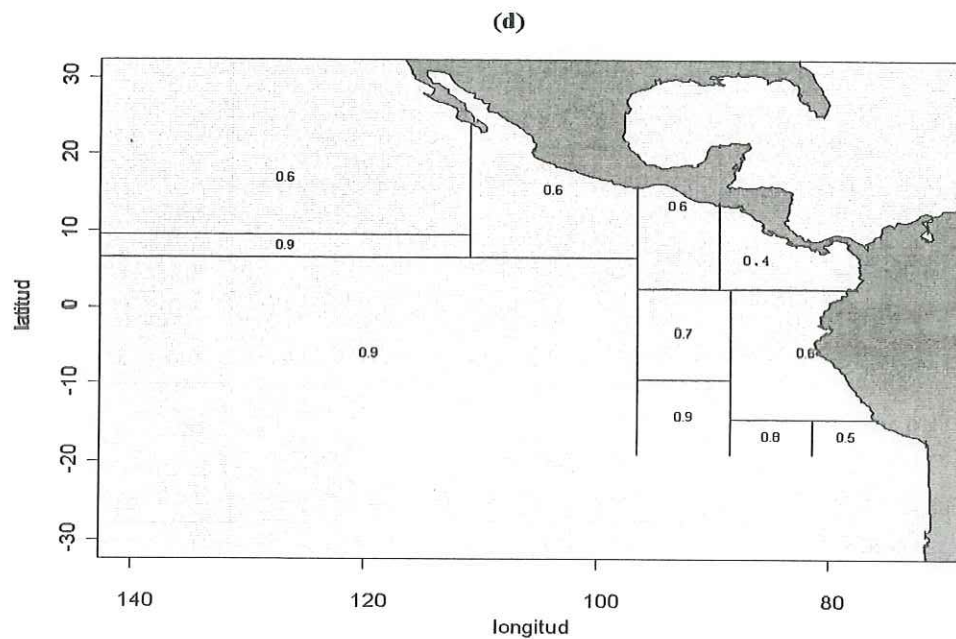
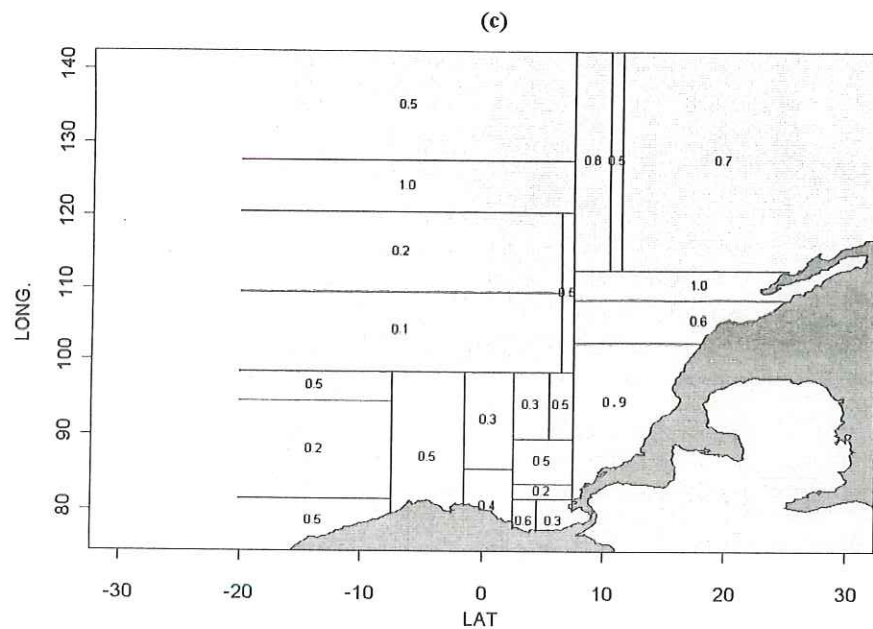
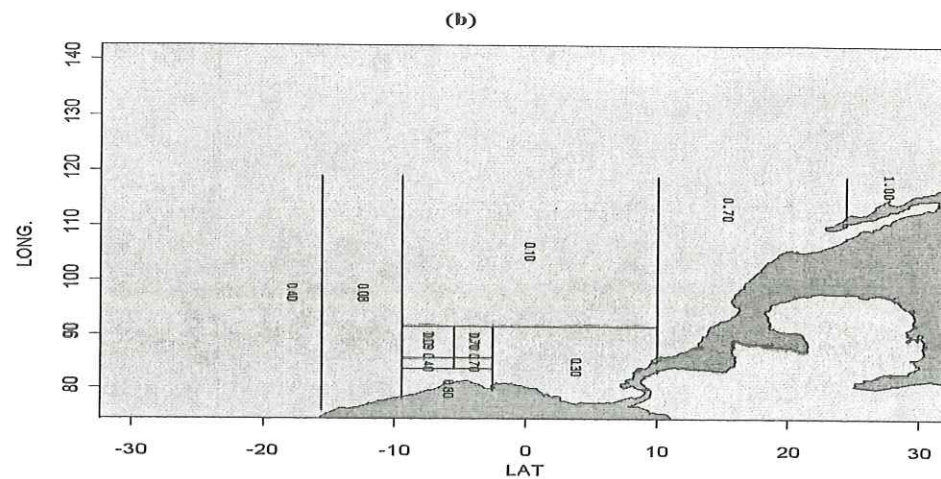
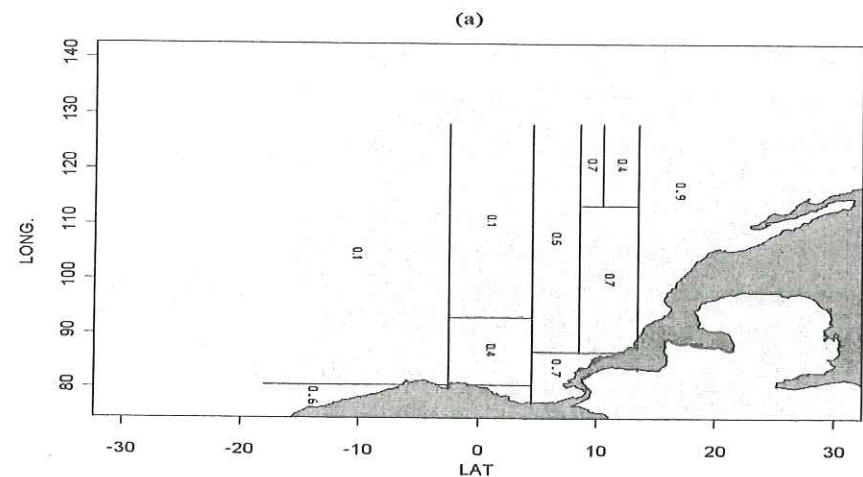


Fig 5.5. Arboles de clasificación espacial de lances sobre diferentes tipos de Objetos flotantes (1996): a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP.

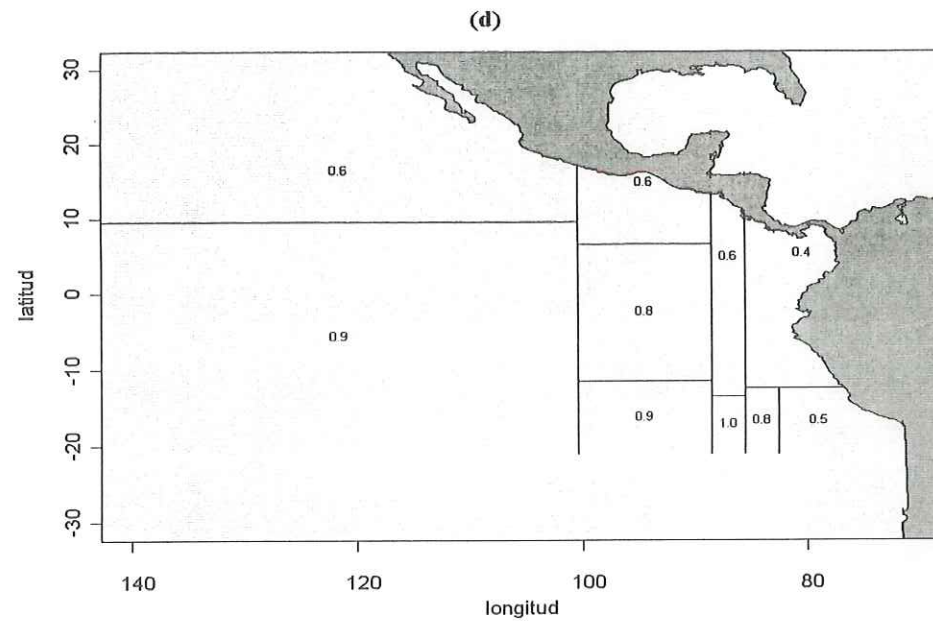
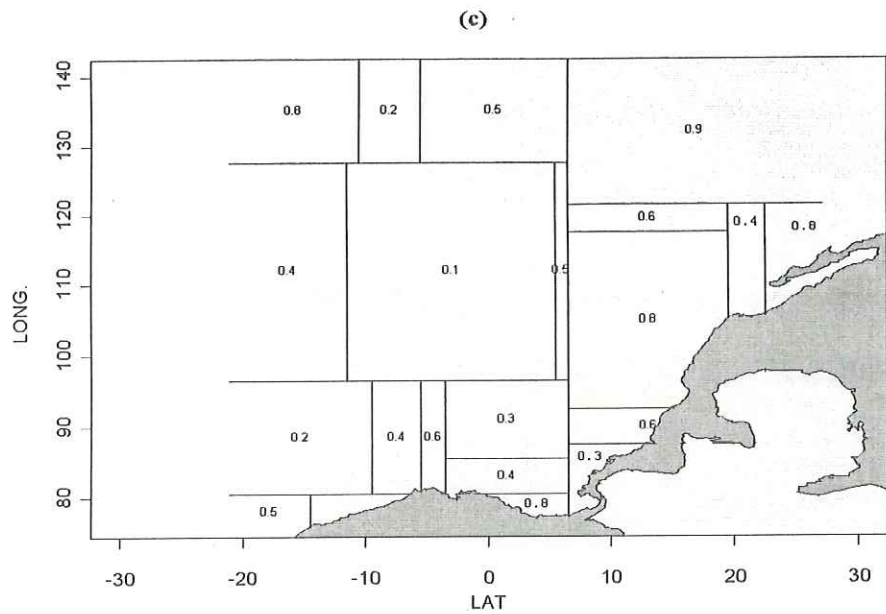
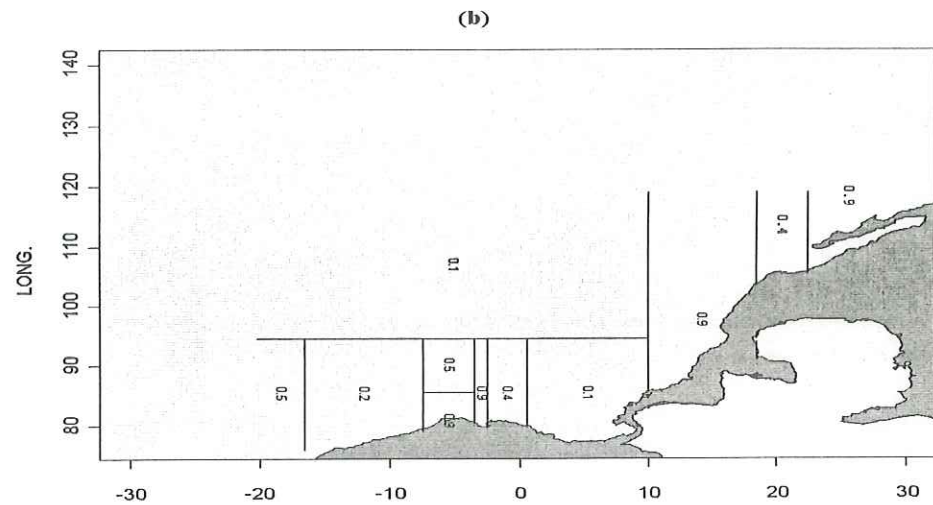
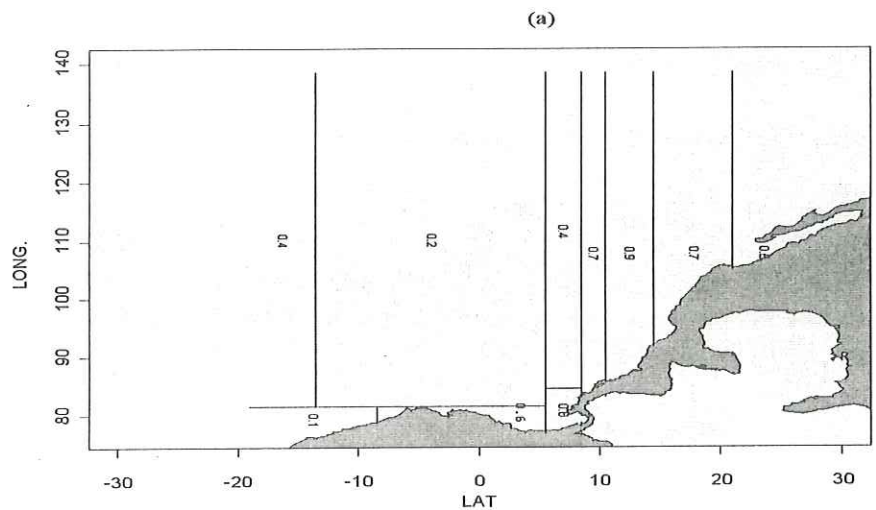


Fig 5.6. Arboles de clasificación espacial de lances sobre diferentes tipos de Objetos flotantes (1997): a. OFNT; b. OFNM; c.OFA; d. DAP.

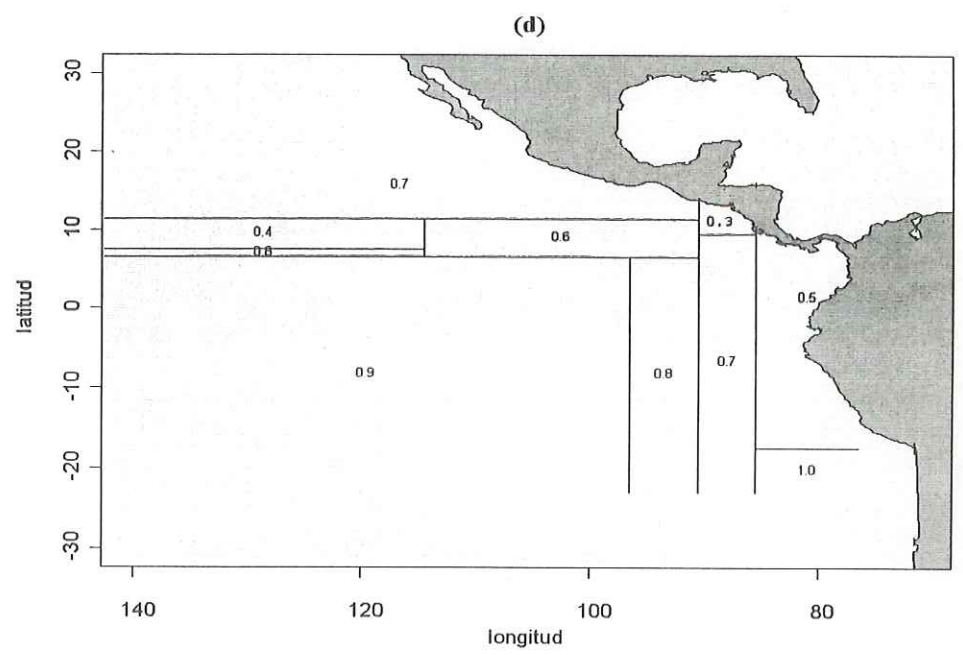
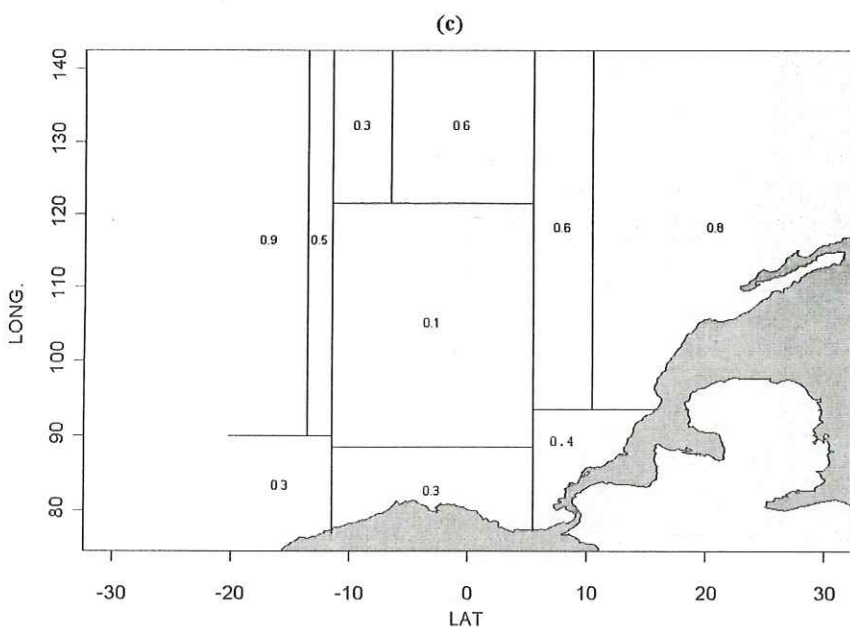
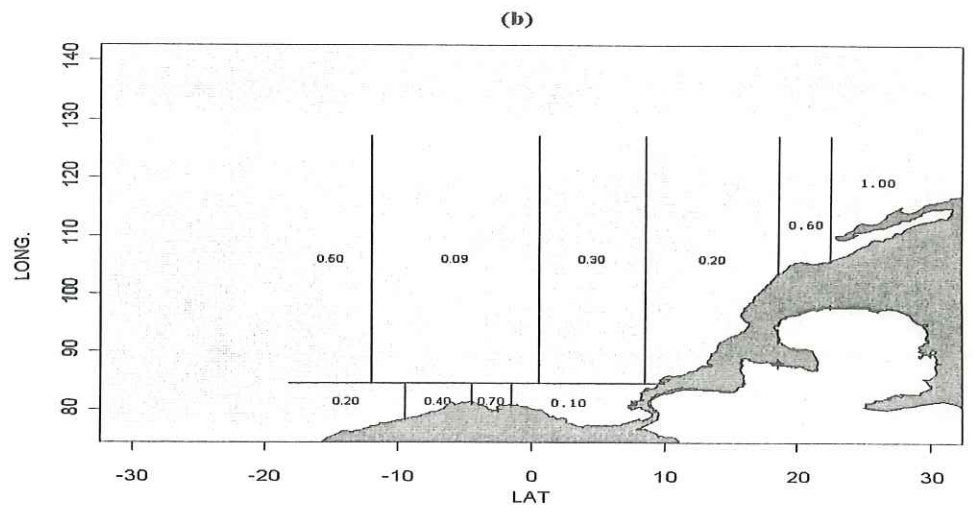
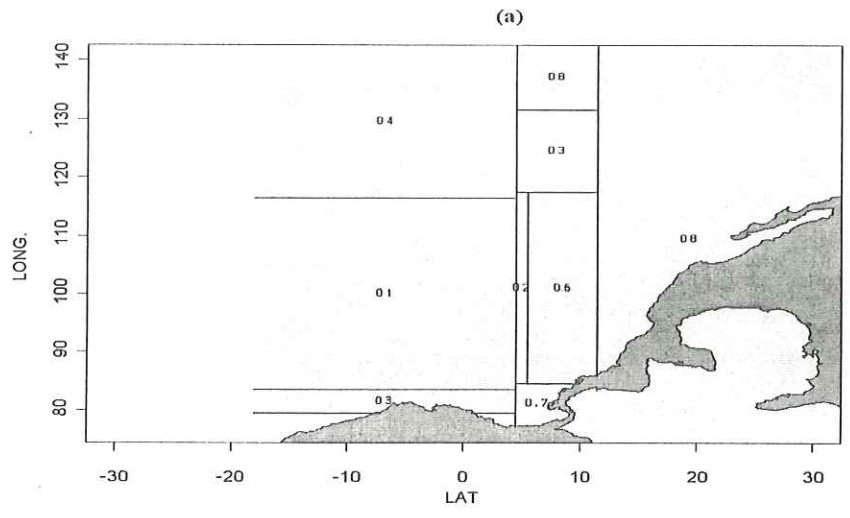


Fig 6.1. Clasificación espacial de las tasas de encuentro de objetos flotantes (trimestre 1): a. avistamientos positivos; b. millas navegadas; c. tasas de encuentro (núm. de objetos flotantes/1000 millas navegadas en estado de búsqueda)

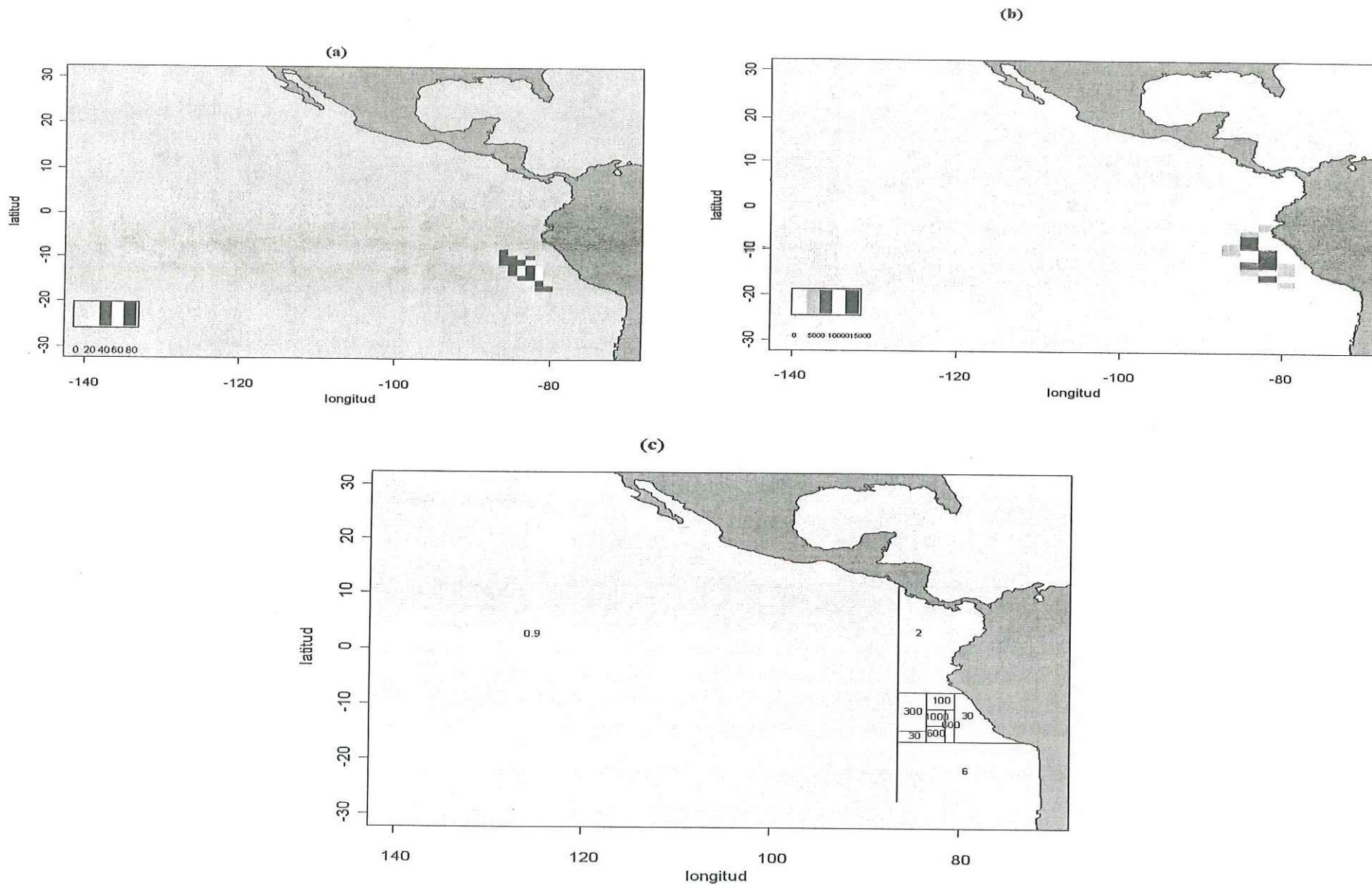


Fig 6.2. Clasificación espacial de las tasas de encuentro de objetos flotantes (trimestre 2): a. avistamientos positivos; b. millas navegadas; c. tasas de encuentro (núm. de objetos flotantes/1000 millas navegadas en estado de búsqueda)

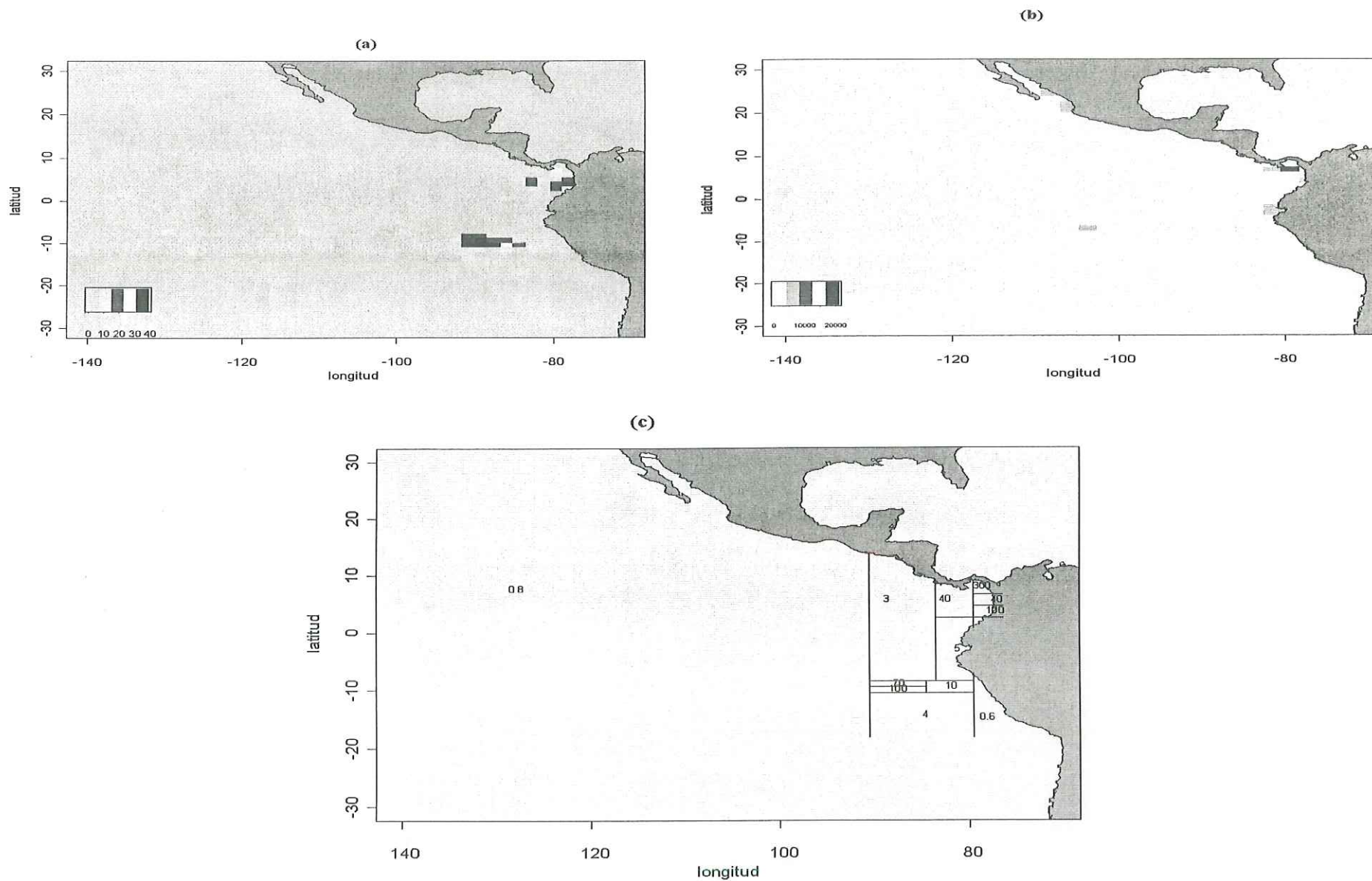


Fig 6.3. Clasificación espacial de las tasas de encuentro de objetos flotantes (trimestre 3): a. avistamientos positivos; b. millas navegadas; c. tasas de encuentro (núm. de objetos flotantes/1000 millas navegadas en estado de búsqueda)

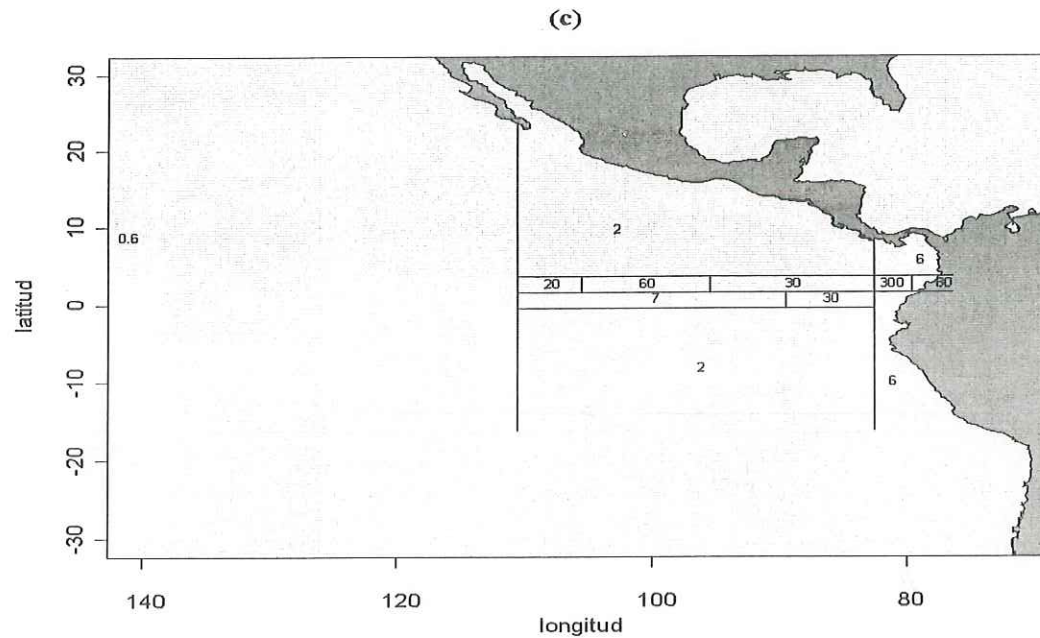
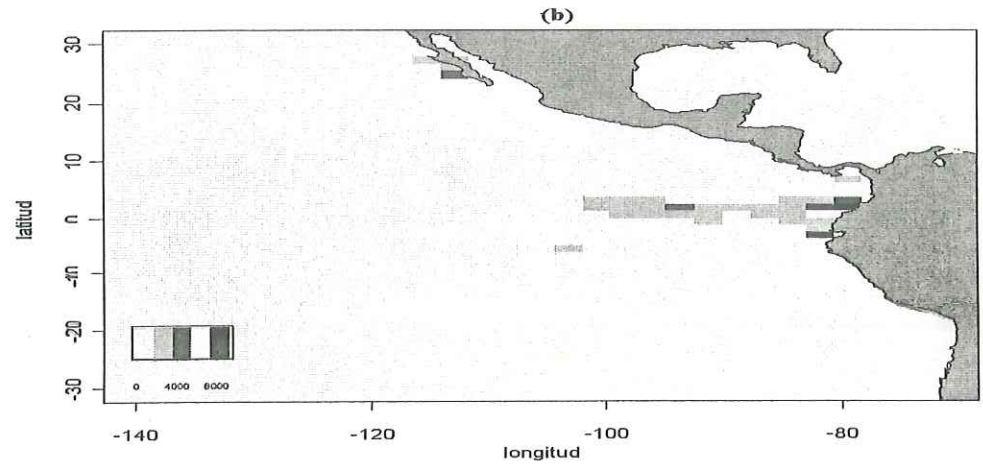
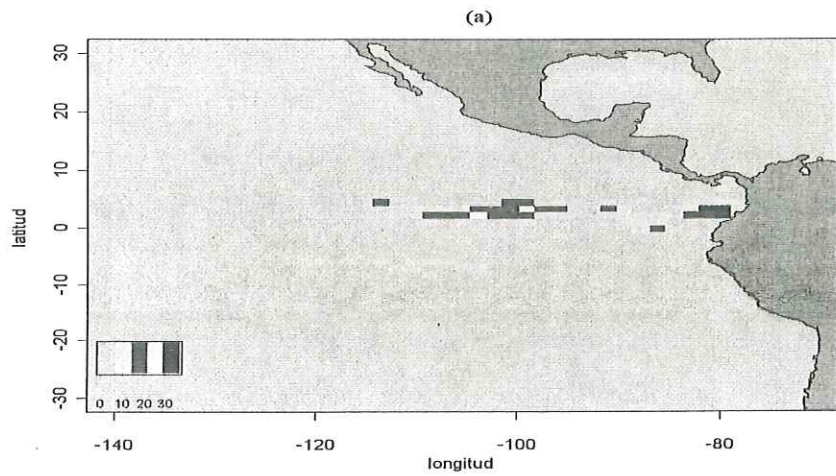


Fig 6.4. Clasificación espacial de las tasas de encuentro de objetos flotantes (trimestre 4): a. avistamientos positivos; b. millas navegadas; c. tasas de encuentro (núm. de objetos flotantes/1000 millas navegadas en estado de búsqueda)

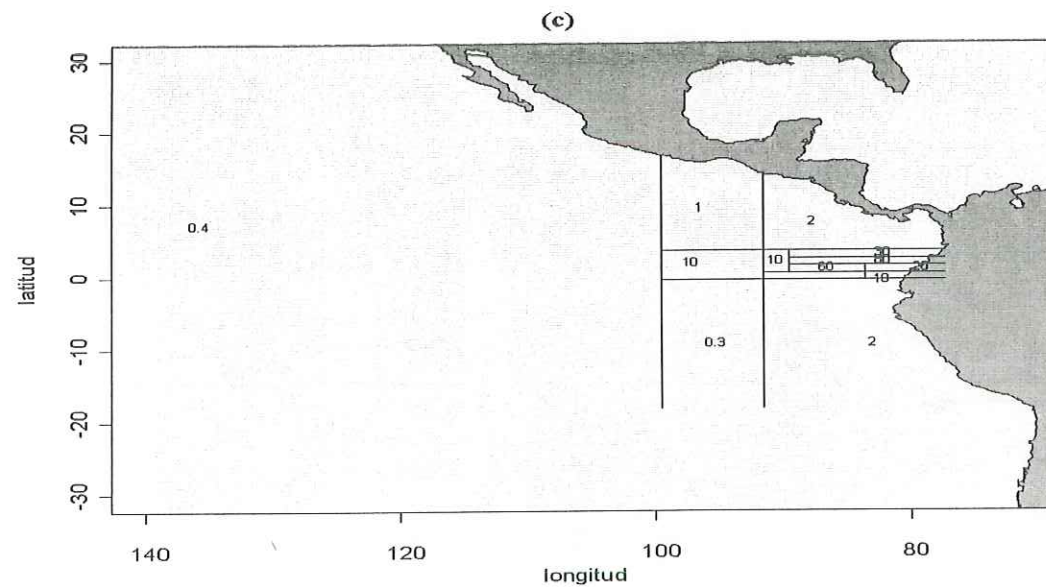
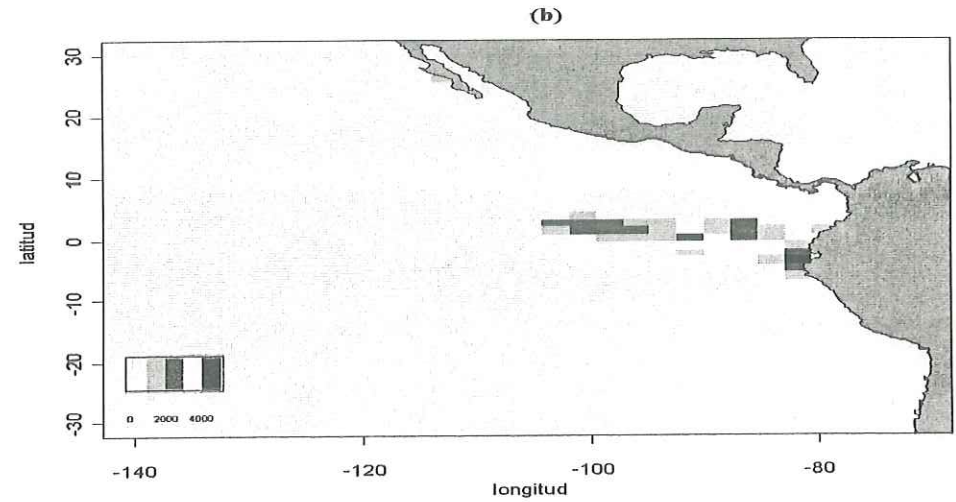
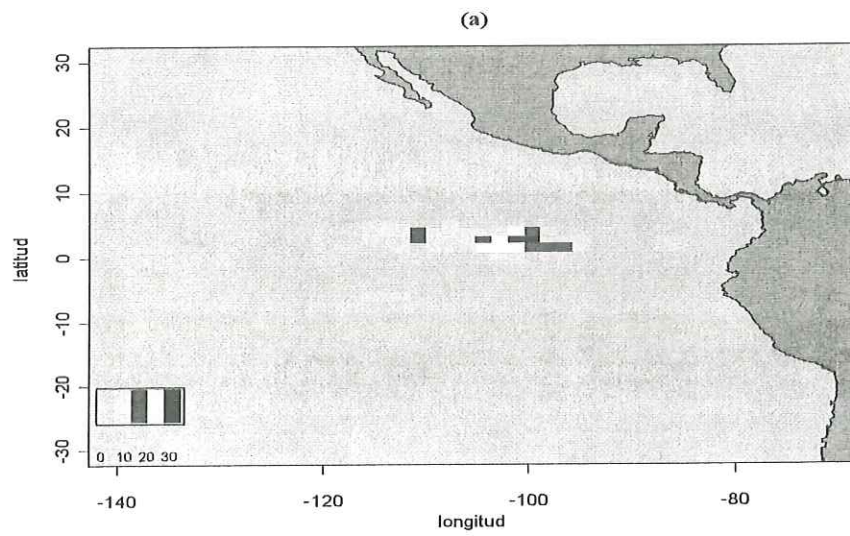


Fig. 7.1. Porcentajes de lances sobre objetos flotantes por área, durante el trimestre 1: a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP

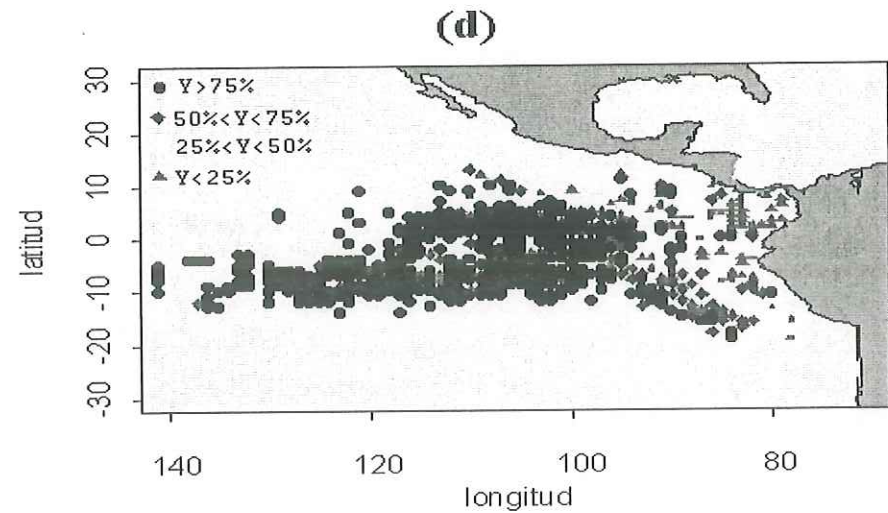
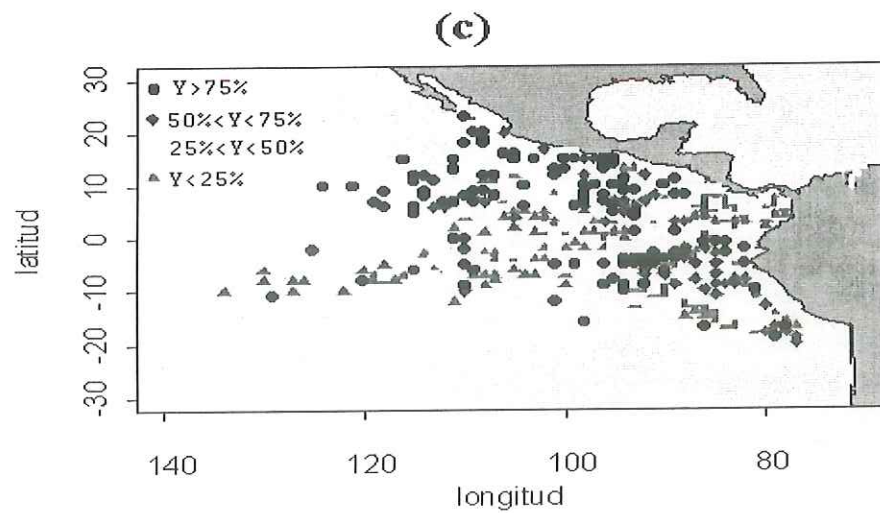
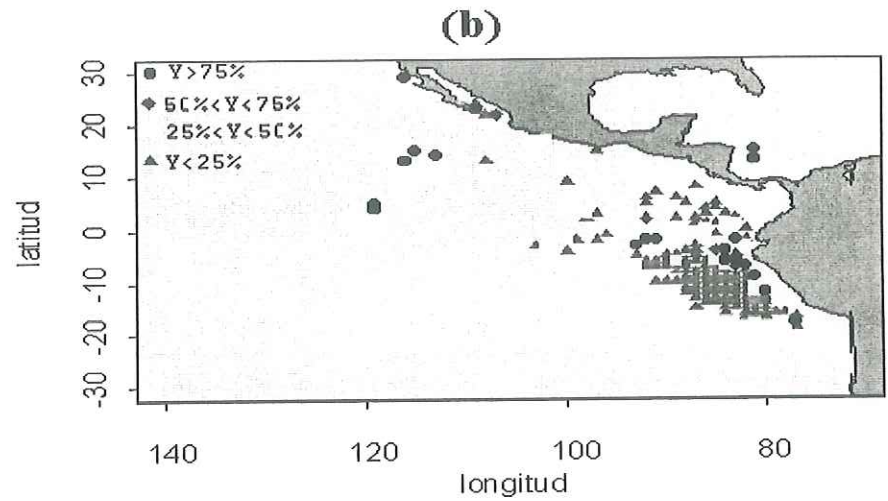
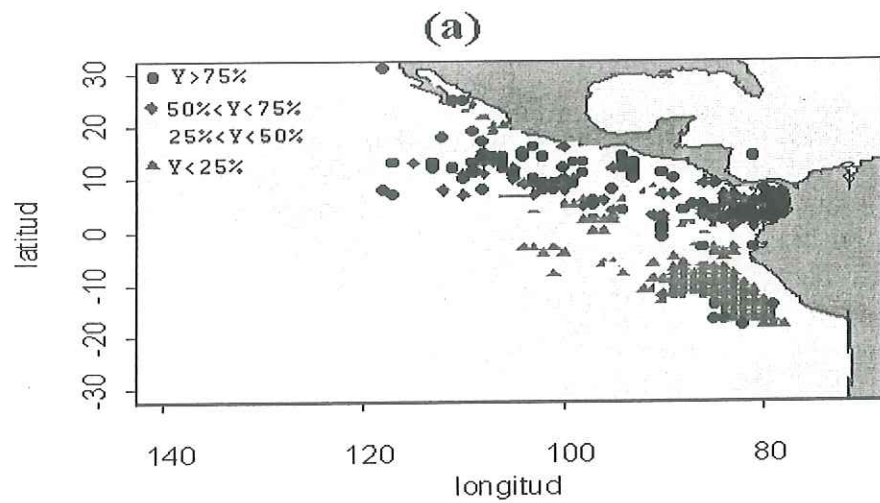


Fig. 7.2. Porcentajes de lances sobre objetos flotantes por área, durante el trimestre 2: a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP

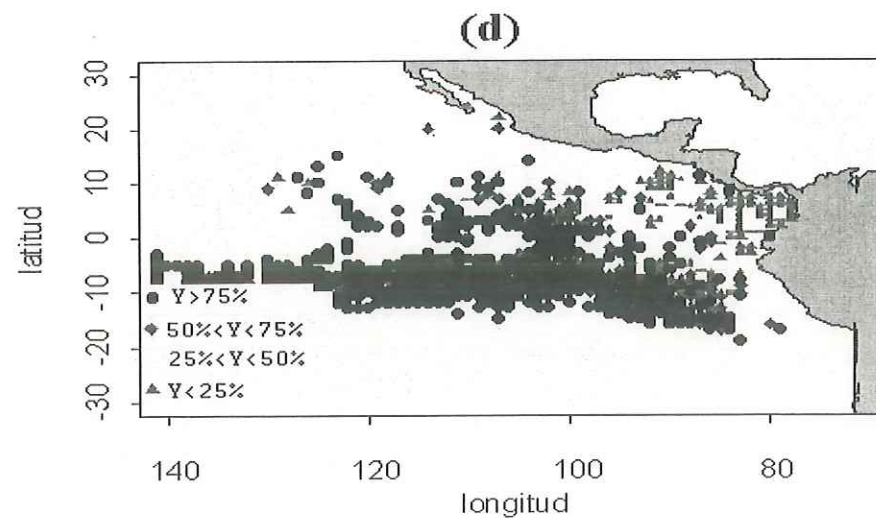
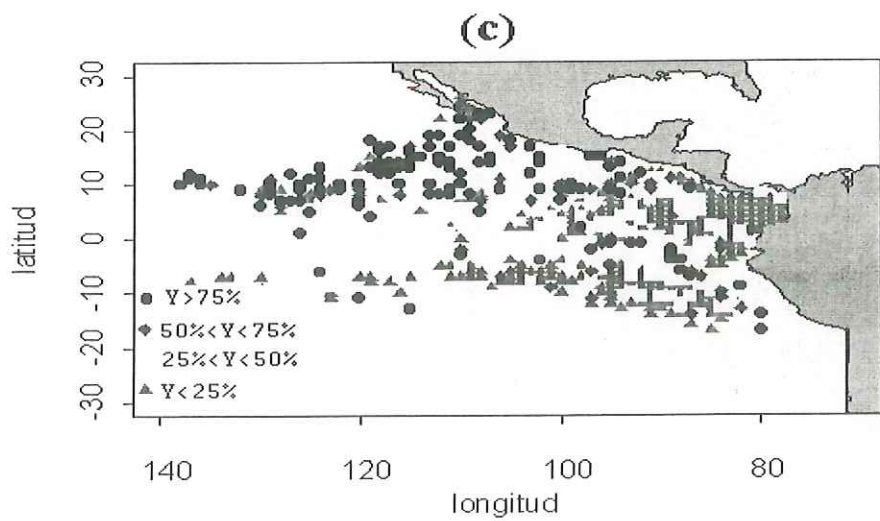
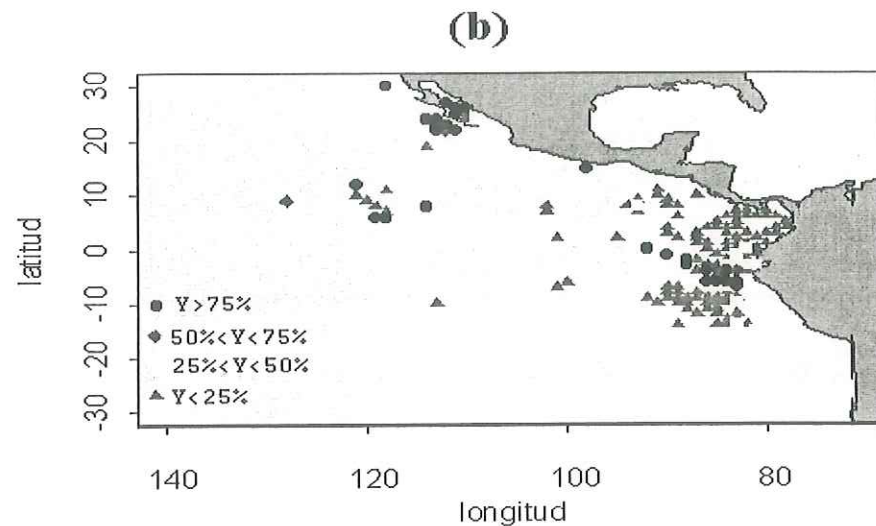
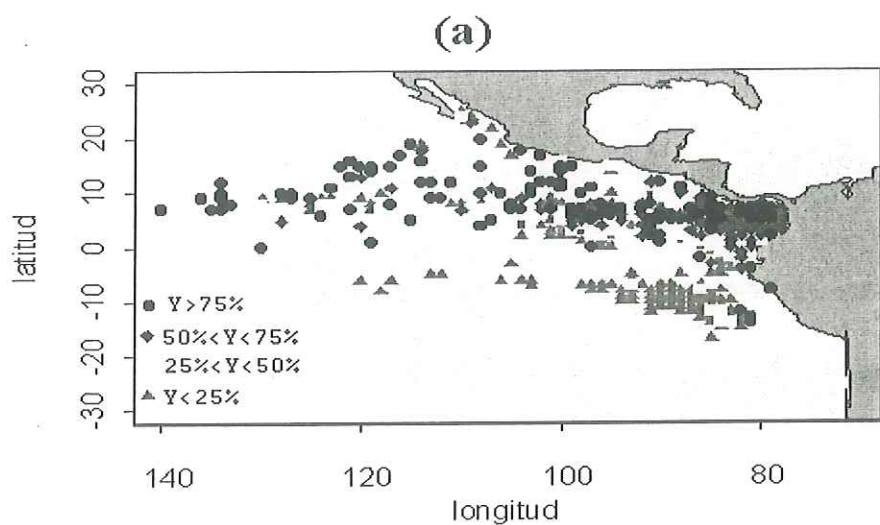


Fig. 7.3. Porcentajes de lances sobre objetos flotantes por área, durante el trimestre 3: a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP

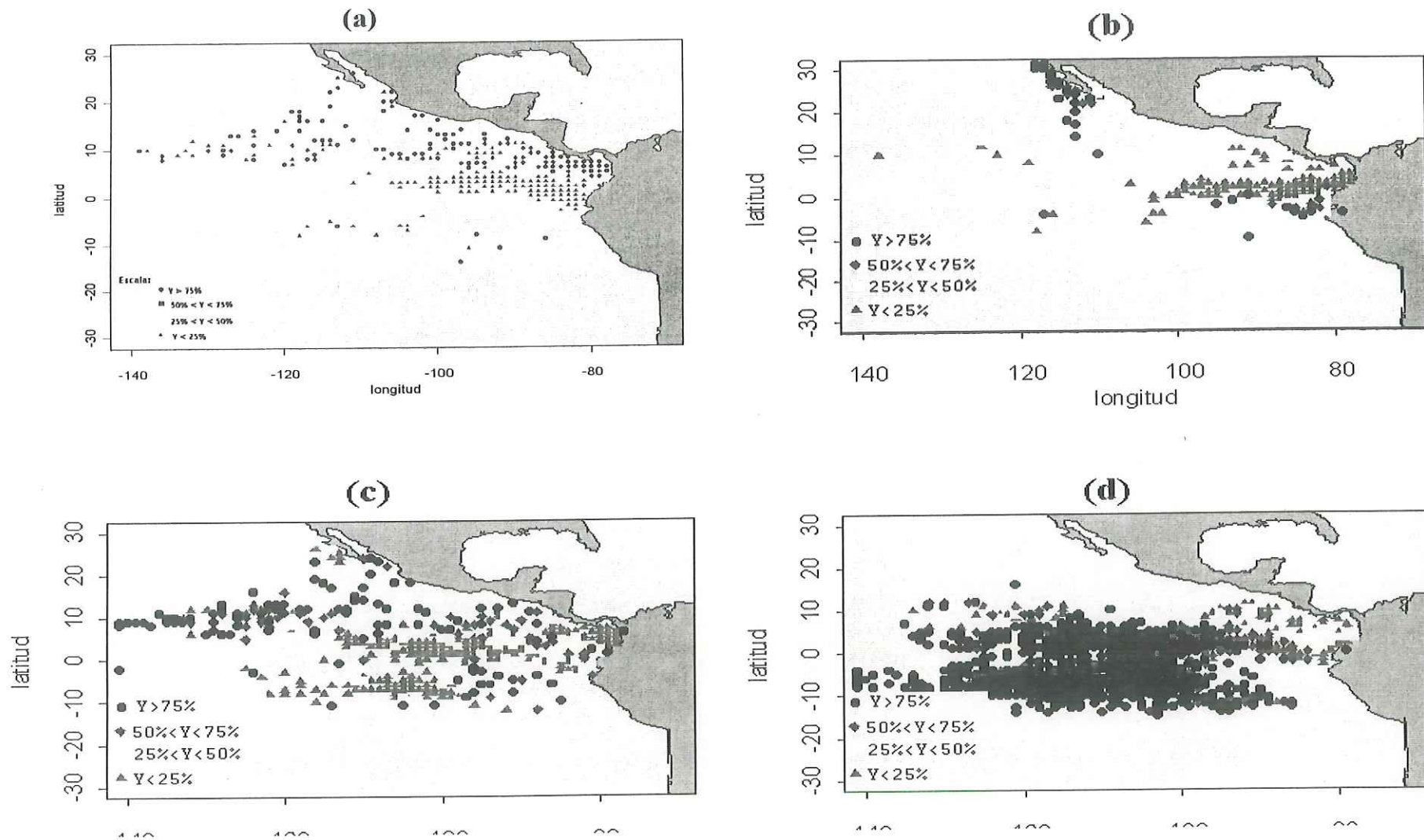


Fig. 7.4. Porcentajes de lances sobre objetos flotantes por área, durante el trimestre 4: a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP

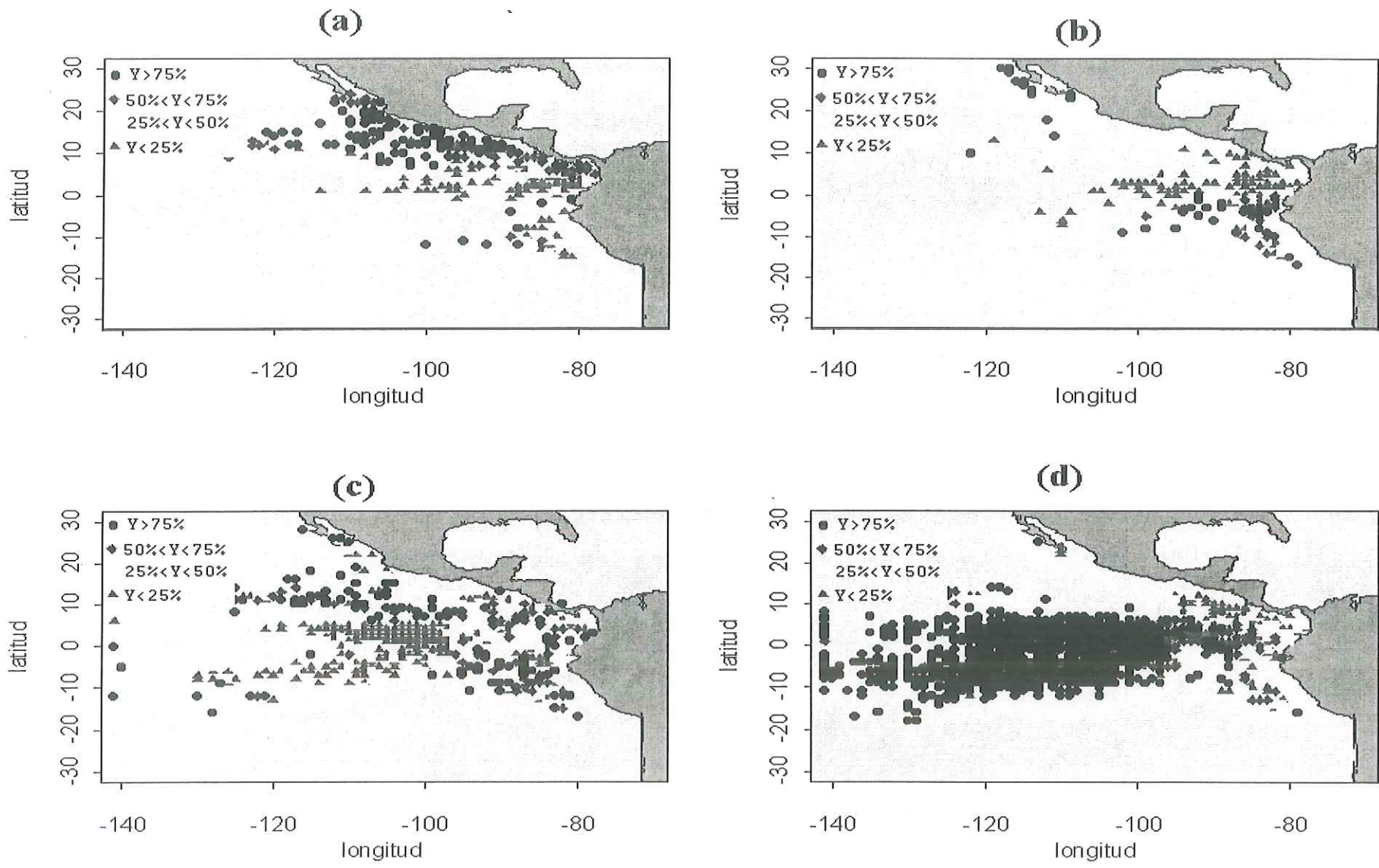


Fig 8.1. Arboles de clasificación espacial de lances sobre diferentes tipos de Objetos flotantes (trimestre 1): a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP.

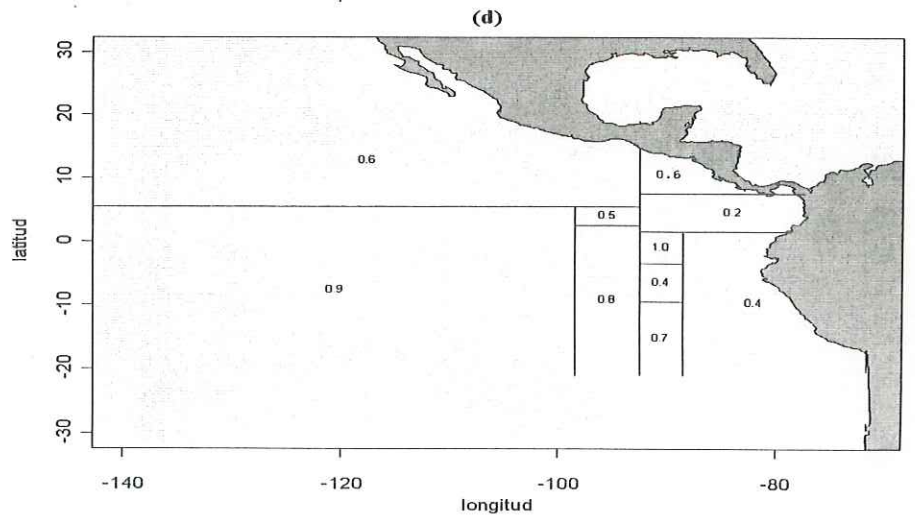
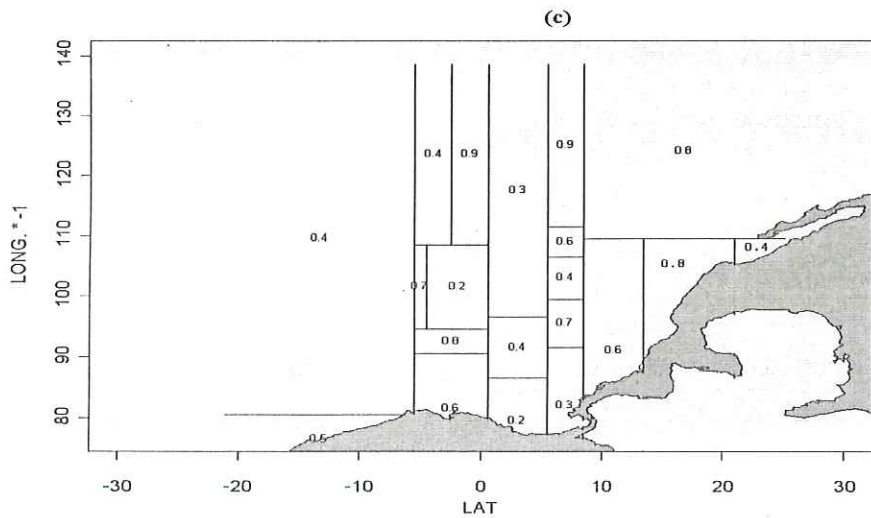
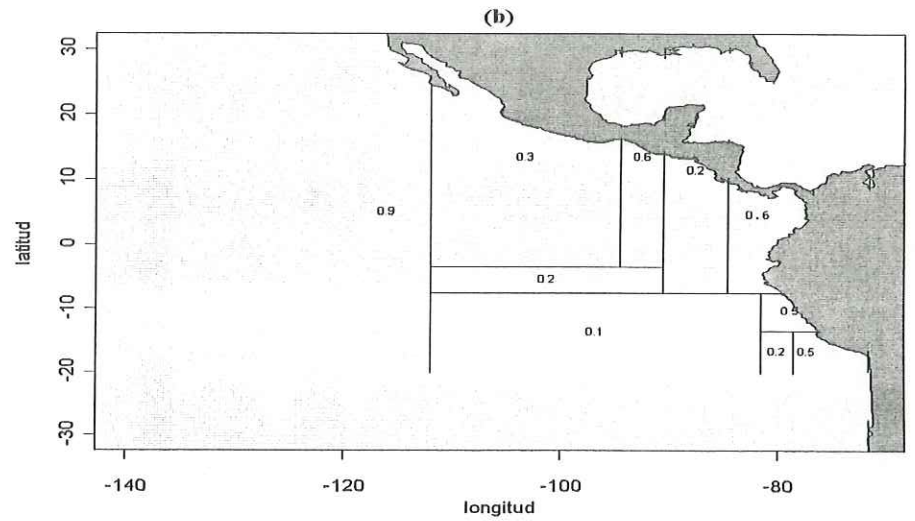
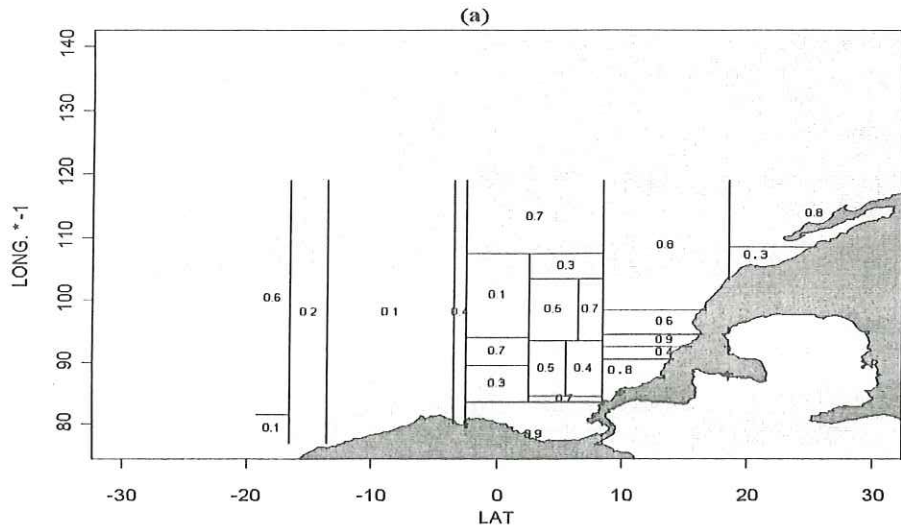


Fig 8.2. Arboles de clasificación espacial de lances sobre diferentes tipos de Objetos flotantes (trimestre 2): a. OFNT; b. OFNM; c.OFA; d. DAP.

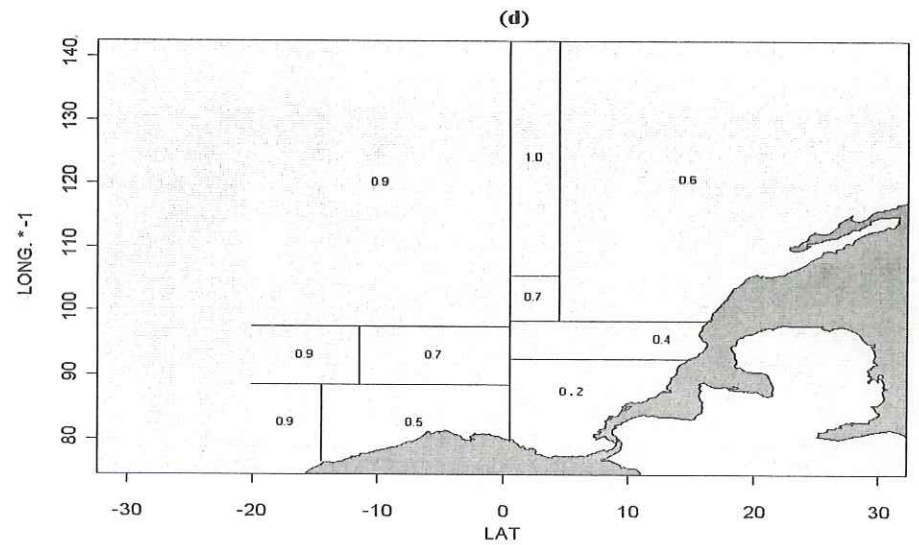
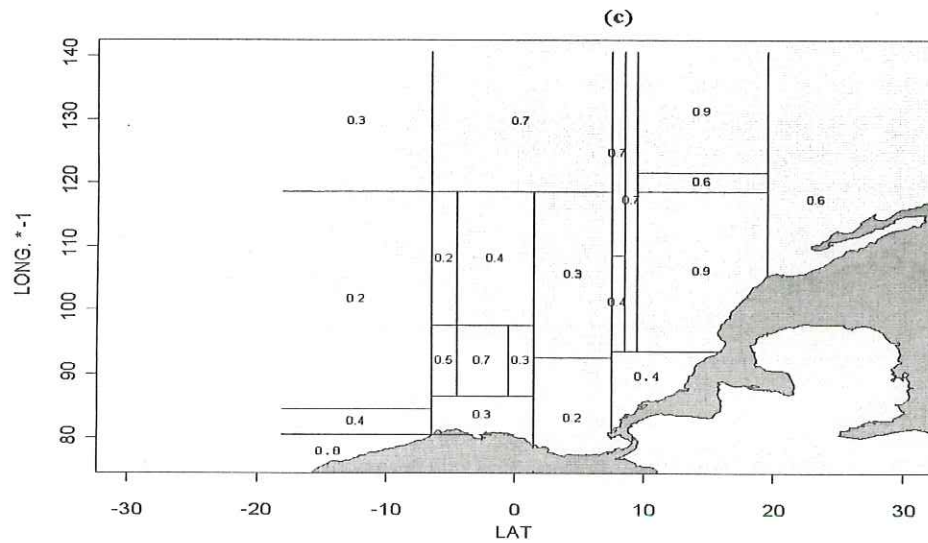
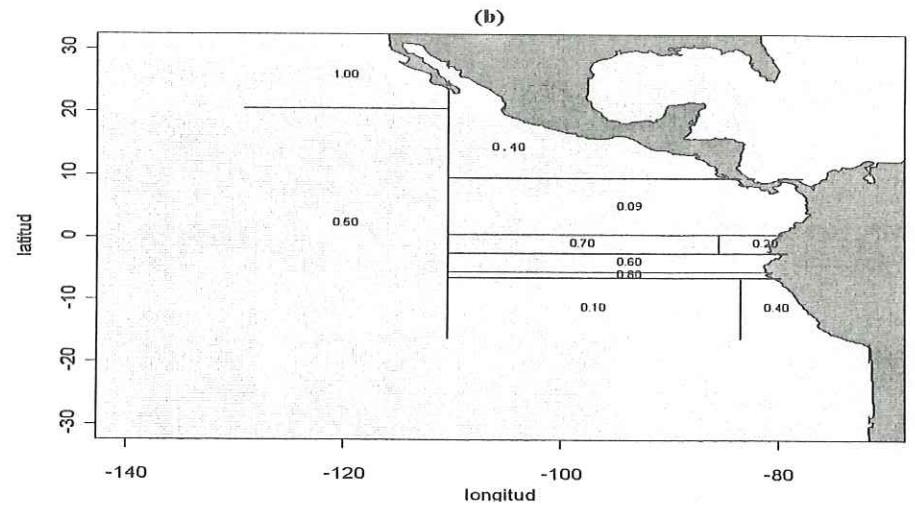
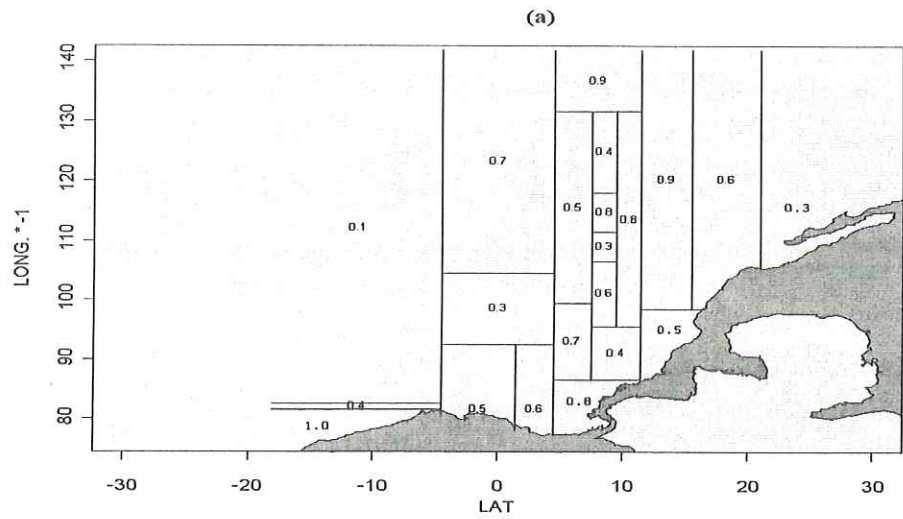


Fig 8.3. Arboles de clasificación espacial de lances sobre diferentes tipos de Objetos flotantes (trimestre 3): a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP.

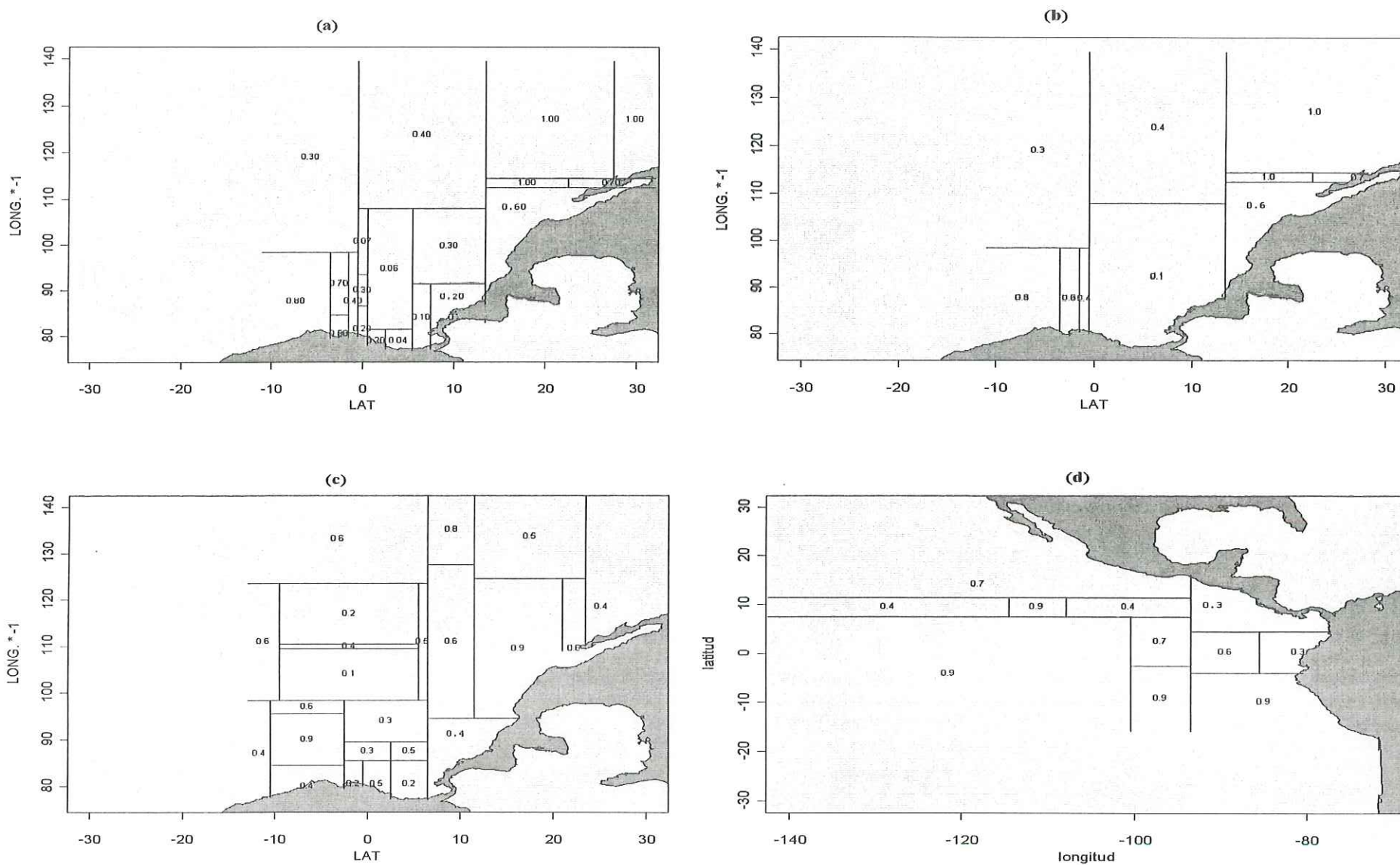


Fig 8.4. Arboles de clasificación espacial de lances sobre diferentes tipos de Objetos flotantes (trimestre 4): a. OFNT; b. OFNM; c. OFA; d. DAP.

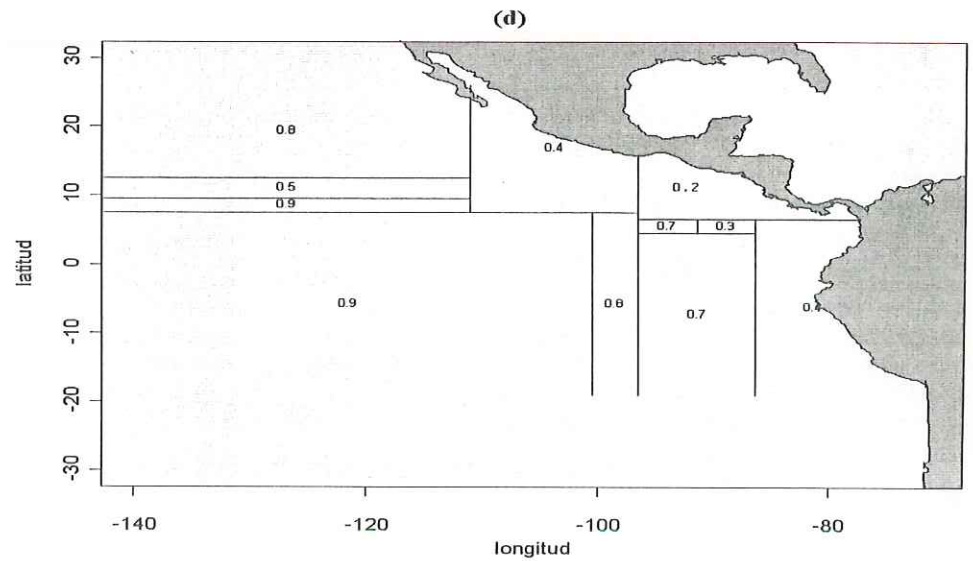
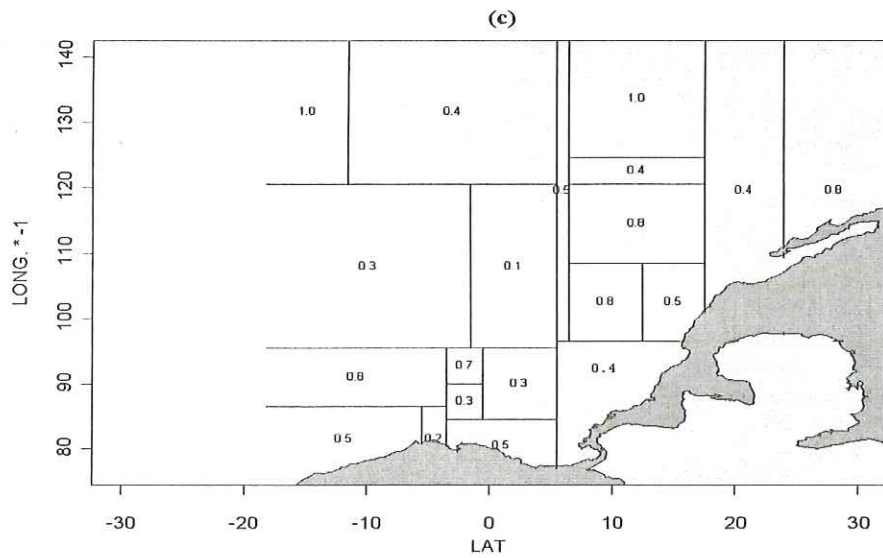
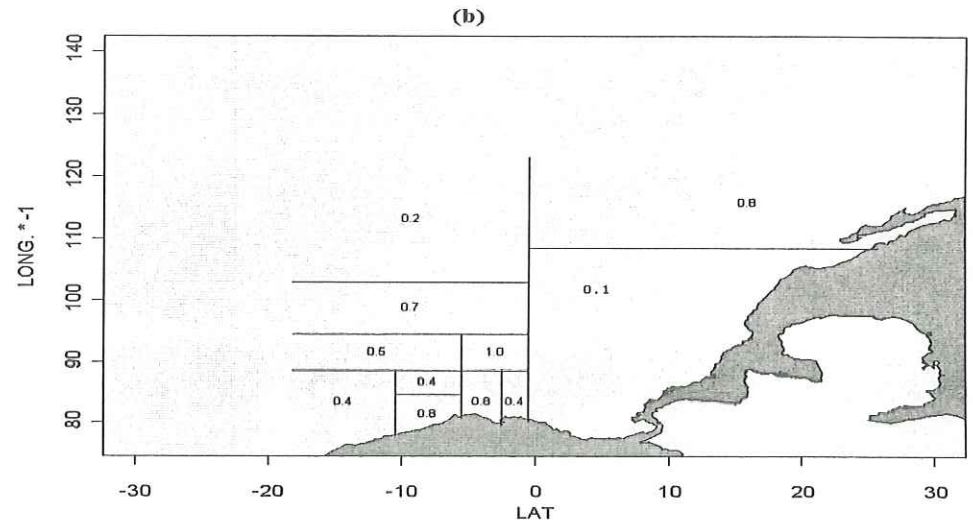
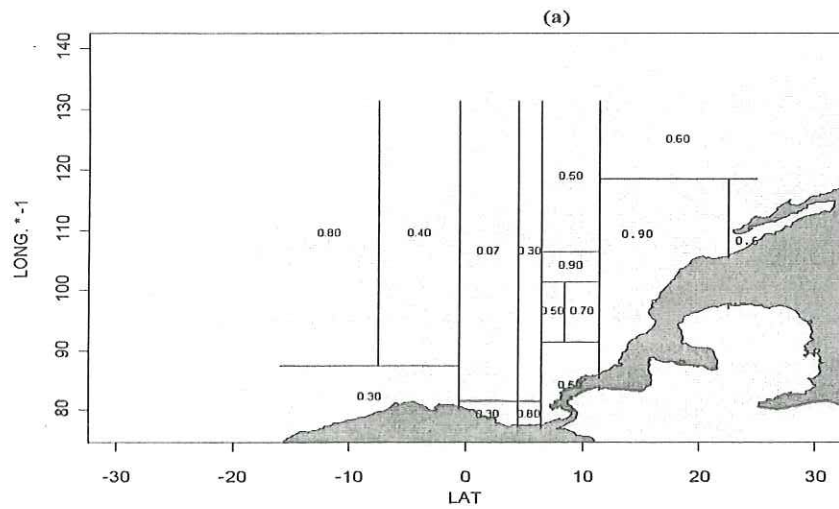
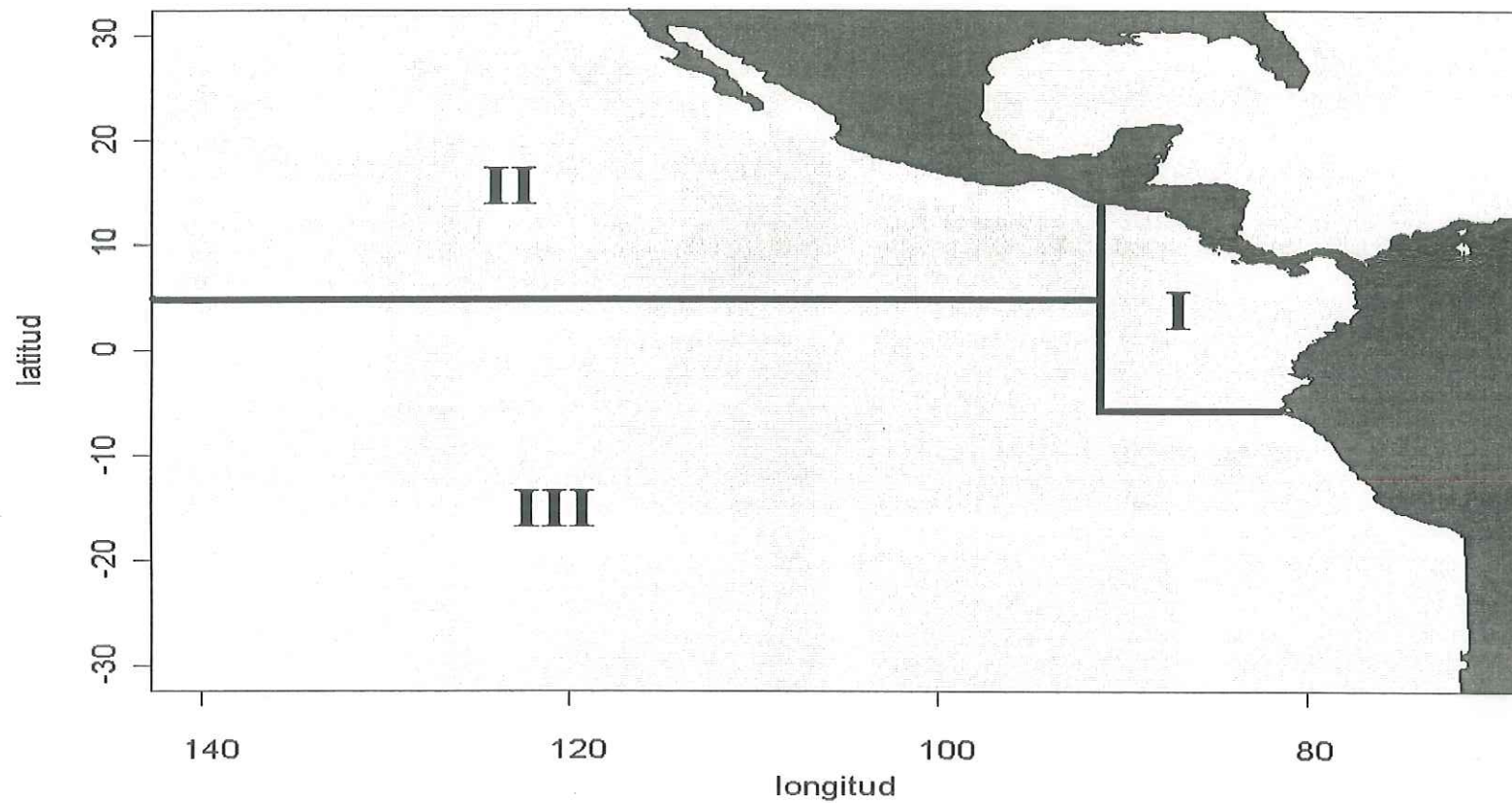


Fig 9. Estratificación del Océano Pacífico Oriental, con respecto a la presencia de clases de Objetos Flotantes



CAPÍTULO 3
ANÁLISIS ESPACIAL Y CLASIFICACIÓN DE ESPECIES ASOCIADAS
CON OBJETOS FLOTANTES EN EL OCÉANO PACÍFICO
ORIENTAL

RESUMEN

Se analizaron los patrones espaciales de la fauna asociada a los objetos flotantes en el Pacífico Oriental. Para ello, se calcularon diferentes indicadores de la presencia de una especie (o grupo) en la fauna de acompañamiento de los lances de pesca de atún sobre objetos flotantes registrados en la base de datos de observadores de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, durante 1993 a 1997. Algunos de estos índices permitieron una primera agrupación de las especies con respecto al porcentaje de presencia. Este criterio agrupó a los organismos en muy frecuentes, frecuentes, ocasionales y raros. Un segundo conjunto de índices permitió agrupar a las especies de acuerdo a su comportamiento de formación de cardúmenes. Utilizando las tasas de captura e índices de aglomeración, las especies se clasificaron en cardúmenes grandes, medianos y especies solitarias. Con los grupos de especies formados, se definieron doce modelos de Función Discriminante los cuales permitieron analizar algunas hipótesis de clasificación de la fauna de acompañamiento. Los factores de clasificación, en los cuales se basaron estas hipótesis, fueron: zona, trimestre, tipo de objeto flotante, año y combinaciones de estos. Los modelos se analizaron de acuerdo a ocho diferentes estructuras de varianzas y covarianzas definidas para otros dos índices de presencia de las especies (o grupos) en un lance: el número de individuos y el número de individuos con respecto a la captura principal. Por medio de pruebas de razón de verosimilitud y de las

tasas de error obtenidas, se escogieron tres modelos para la clasificación de la fauna de acompañamiento. Los resultados muestran la existencia de dos zonas en el Pacífico Oriental con diferente composición de grupos de especies y objetos flotantes de diferente origen. Las zonas tienen como frontera común la Contracorriente Ecuatorial localizada, aproximadamente, sobre los 4° N. La zona norte presenta una fauna asociada a objetos flotantes dominada por adultos y reclutas del grupo formado por dos especies de tiburón: el sedoso (*Carcharhinus falciformis*) y el punta negra (*C. limbatus*), por reclutas de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y, en menor proporción, por el salmonete (*Elagatis bipinnulata*). Esta zona tiene una fuerte influencia del continente americano por la presencia abundante de objetos flotantes de origen terrestre. La zona del sur presenta como grupo principal a los reclutas de patudo (*T. obesus*) y no se observa influencia de la costa. Las dos zonas comparten fauna que solamente se encuentra lejos de la costa, como es el caso del tiburón punta blanca (*C. longimanus*). Contrariamente a lo anterior, no pudo ser probada la hipótesis de que existen diferencias o cambios de fauna de acompañamiento a lo largo de un ciclo anual.

INTRODUCCIÓN

En la pesca superficial del atún sobre objetos flotantes se observa un número grande de especies asociadas (Caddy y Majkowsky, 1996). A estas especies se les conoce con el nombre genérico de fauna de acompañamiento, cuando son capturadas y subidas a bordo del barco, o asociadas, cuando simplemente se observan alrededor del objeto. Entre estas especies se observan tiburones (*Carcharhinus spp.*, *Sphyrna spp.*, etc.), peces (*Coryphaena spp.*, *Acanthocybium solandri*, etc.), aves, reptiles, mamíferos marinos (Au, 1993). Además de esta fauna se observan individuos juveniles de especies de interés para la pesca o pesquerías relacionadas, como los reclutas de atunes aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y atunes patudos (*Thunnus obesus*).

Los individuos de las especies incidentalmente capturadas son devueltos al mar por no tener una demanda en el mercado o solamente se utiliza parte de ellos, como en el caso de las aletas de algunas especies de tiburones. Desde una perspectiva económica, esto puede ocasionar graves daños a otras pesquerías establecidas en el Pacífico Oriental. Asimismo, el capturar individuos que no alcanzan talla comercial ocasiona una disminución en el reclutamiento de las poblaciones.

El porque se dan las asociaciones entre especies es todavía una pregunta que no ha sido totalmente respondida. Varias hipótesis han surgido para responder a esta cuestión (Gooding y Magnuson, 1967; Inoue, *et al.*, 1968; Batalyants, 1992; Hall, 1992; Buckley y Miller, 1994; Marsac *et al.*, 1996; Dagorn y Fréon, 1999). Una incógnita es sobre la estructura espacial y temporal de esas asociaciones. Es decir, la posibilidad de que exista

una variación espacial y temporal de esas asociaciones del atún y las otras especies con el objeto flotante o simplemente su captura incidental se da de manera aleatoria. En este sentido, Au (1993) se refiere a la pesca superficial del atún en el Pacífico Oriental como una pesquería poliespecífica, con ciertos patrones espaciales. Este autor comenta que existe una secuencia en la asociación de atunes, de tal forma que los atunes jóvenes tienden a ser más afines a objetos flotantes inanimados, mientras que los adultos son más frecuentemente observados asociados con delfines. En su estudio divide de manera arbitraria a la fauna de acompañamiento de la pesca del atún en un sentido este a oeste.

El fenómeno de especies asociadas a la captura de una cierta especie no es exclusivo del atún. Sin embargo, solamente en forma reciente se han realizado estudios para analizar cuantitativamente la fauna de acompañamiento y su distribución espacial en las diferentes pesquerías. Lawson (1997) estima la cantidad de la fauna de acompañamiento y los descartes en la pesca del atún en el Pacífico Central y Occidental utilizando estimadores por momentos para la tasa de captura por especie. Hilborn y Medley (1989) realizan un estudio para observar los procesos de reclutamiento de los peces a dispositivos para agregar peces, por medio de un modelo de simulación. Hudon (1990), utilizó métodos de Análisis de Agrupamientos ("*Cluster Analysis*"), para observar los patrones de abundancia y asociación de especies entre regiones del ártico canadiense. Autin *et al.* (1994, citado por de Silva y Condrey, 1998) utilizan técnicas no paramétricas para observar diferencias geográficas de la fauna de acompañamiento en la pesca de la sardina del Atlántico. Además de lo anterior, se han propuesto el uso de los modelos lineales generalizados (Richards *et al.* 1994), modelos mezclados (Edwards y Perkins, 1996) y

modelos log-lineales (Gaertner, *et al.*, 1996; de Silva y Condrey, 1998), para cuantificar las diferencias espaciales y temporales de la fauna de acompañamiento en diferentes pesquerías.

Entre los antecedentes sobre estudios concernientes a analizar la distribución espacial de la fauna de acompañamiento de la pesca del atún en el Pacífico Oriental esta el realizado por Arenas *et al.* (1999). En este trabajo calcularon índices de covarianza y asociación de las especies componentes de la fauna de acompañamiento con el fin de observar las posibles diferencias de la diversidad entre diferentes zonas del Pacífico Oriental. Estudiando la información de la pesquería mexicana del atún, Solana-Sansores y Méndez-Gómez-Humarán (1996), utilizaron técnicas de agrupamiento para observar los posibles patrones de estratificación espacial de las señales (sucesos) que involucran especies asociadas a la pesca del atún. Valle-Espinosa (1998) propone un método de clasificación basado en la Teoría de los conjuntos difusos. El método prueba una buena resolución de clasificación en un conjunto poliespecífico de peces, aunque no da mejores resultados al del análisis de una función discriminante.

El presente capítulo tuvo como propósito analizar las diferencias espaciales y los cambios temporales de los patrones de la fauna de acompañamiento en la pesca superficial del atún sobre objetos flotantes, de acuerdo al tipo de objeto flotante y la dinámica de la pesca sobre ellos.

METODOS

1. Descripción de las fuentes de información y tamaño de muestra.

Se parte de la información proveniente de la base de datos de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) la cual es obtenida y archivada en ACCESS (v. 1997). Esta información cubre el periodo de tiempo de 1993 a 1997. La información proviene de dos fuentes: El Registro de la Fauna Marina (RFM) y el Registro de los Objetos Flotantes (ROF).

El registro de la fauna de acompañamiento proporciona información sobre el número de individuos por especie en cada lance pesquero. La fauna se ubica por posición geográfica (en décimas de grado) y fecha, y la especie (o grupo) se reconoce por un código numérico. La variable de interés (número de individuos) se presenta en tres columnas: individuos pequeños, medianos y grandes. En este trabajo se adopta la convención de nombrar a los individuos de la clase pequeños como reclutas.

El ROF permite conocer en que tipo de objeto flotante se realizó el lance. El número de los códigos de objetos flotantes es del orden de 20 a 30; sin embargo, se pueden reconocer de tres a cuatro categorías: objetos flotantes naturales marinos y terrestres; y objetos flotantes artificiales (de origen atropogénico y dispositivos para agregar peces).

Este registro permite asociar el tipo de objeto flotante a la variable de interés (la captura de fauna de acompañamiento).

Es importante mencionar la dificultad de identificar correctamente a dos especies de las especies de tiburones que están presentes en la fauna de acompañamiento cuando el observador se encuentra a una distancia considerable de los especímenes capturados (comentario personal del Dr. Martín Hall y Dr. Robert Olson). Las dos especies de tiburones que regularmente se confunden son: el tiburón sedoso (*C. falciformis*) y el tiburón punta negra (*C. limbatus*). Por lo anterior, en este trabajo se presentan los resultados referidos a la combinación de estas especies, las cuales se tratan como un solo grupo. A este grupo se le nombró tiburón sedoso*. Otras especies que también comúnmente se confunden (Collette, 1995) son los dorados: *Coryphaena hippurus* y *C. equiselis*. Debido a esto, la información de estos organismos contenida en la base de datos se le trató como un grupo denominado *Coryphaena spp.*

El producto de la combinación de las dos fuentes es una base de datos sobre la fauna de acompañamiento por lance pesquero, tipo de objeto flotante y captura de la especie objetivo. La base de datos combinada se constituyó finalmente de 14,569 lances observados. De ellos, el 8% corresponde a lances sobre objetos flotantes terrestres; 2% a lances sobre objetos flotantes de origen marino; 8% a lances sobre objetos flotantes de origen antropogénico; y 82% a lances sobre dispositivos para agregar peces. De acuerdo con las tres zonas definidas en el capítulo anterior (ver fig. 1) se tiene que el 24% de los lances corresponden a la zona 1, el 8% a la zona 2 y el 68% a la zona 3.

En este trabajo, dado que se observa en la fauna de acompañamiento una mezcla de especies bien identificadas con grupos de especies (géneros o familias) de difícil identificación se adopta la convención de denominar tanto a las especies como a los grupos, con el nombre genérico de especies. Así, cuando se lea especie se estará refiriéndose tanto a una especie como a un grupo.

2. Análisis Exploratorios de Datos.

Se realizó un primer análisis de la presencia de las diferentes especies y grupos en cada lance pesquero de la muestra. Esto fue hecho para el total de los lances, por zona de pesca, por trimestre del año y por tipo de objeto flotante. El análisis permitió conocer la frecuencia de alguna especie (o grupo) en los lances de pesca sobre objetos flotantes.

Se obtuvieron cinco índices de distribución y abundancia de cada especie (o grupo) presente en el lance. Estos índices permitieron establecer un marco de comparación por especie y grupo, en cuanto a su presencia en una zona particular, época del año, etc. Asimismo, permitieron reconocer diferentes comportamientos de agrupación en cada especie (o grupo) (Young y Young, 1998: p. 218). Tres índices fueron calculados solamente por lance (presencia/ausencia, tasas de captura y el número de individuos con respecto a la captura principal), mientras que otros dos índices, así como los anteriores, se calcularon en cuadrantes de 1º, 3º y 5º, por lado.

2.1. Presencia/ausencia.

El primer indicador se refiere a la presencia o ausencia de individuos de una especie en un lance sobre objeto flotante. El número de veces en que aparecen individuos de una especie en un área particular no es reconocido como un buen indicador de la distribución y abundancia de la especie, y menos aún cuando la fuente de información proviene de una actividad con objetivos diferentes, como podría ser el caso de la captura comercial. Esto es debido a que el esfuerzo pesquero puede variar de sitio a sitio, de trimestre a trimestre o por diversas características de un lance en particular (por ejemplo, por diferencia en tipo de OF, por la cantidad de captura principal, por el tiempo promedio del lance, etc.). Sin embargo a ello, esta información combinada con otros índices permite la comparación entre sitios.

2.2. Número de individuos y tasa de captura.

La tasa de captura de cada especie es definida como sigue (Lawson, 1997):

$$U_{ji} = \frac{\sum_k u_{jik}}{n_i} \quad \dots(1)$$

donde U_{ji} es el número de individuos de una especie j , en el i -ésimo cuadrante; u_{jik} es la cantidad de individuos capturados de la especie j , en el i -ésimo cuadrante y k -ésimo lance; y n_i es el número de lances efectuados en el i -ésimo cuadrante. Este índice

solamente se puede calcular por cuadrante. Su contraparte para cada lance sería el número de individuos de la j -ésima especie (u_{jik}). Tanto la tasa de captura como el número de individuos por lance se ven afectados por el comportamiento de agregación de la especie y por la acción misma de la maniobra. Esto es, si la especie tiende a formar grupos numerosos de individuos los valores serán altos; sin embargo, si la especie tiene hábitos solitarios, estos índices tenderán a tomar valores cercanos a cero. Sin embargo, estos índices permiten comparar individualmente a cada especie, tanto espacial como temporalmente.

2.3. Número de individuos con respecto a la captura principal (N/C).

El índice se define como sigue:

$$\hat{N/C}_{jk} = \frac{u_{jk}}{C_k} \quad \dots(2)$$

donde:

N/C_{jk} = Índice de captura de la especie j , en el k -ésimo lance.

u_{jk} = Número de individuos observados de la especie j , en el k -ésimo lance

C_k = Captura de las especies objetivo observada (en toneladas), en el k -ésimo lance.

2.4. Índices de Agrupamiento de individuos por especie.

Se calcularon dos índices de agrupamiento: el índice de Lloyd y el índice de Parchado. El primero, también conocido como *mean crowding* x^* se define como el "número promedio por individuo de otros organismos de la misma especie en una misma área" (Young y Young, 1998: p. 218). Este índice tiene un significado mayor si la unidad muestral corresponde al microhábitat de la especie, como sería el caso, por ejemplo, de los alrededores de un objeto flotante. Debido, sin embargo, a que para diferentes grupos de unidades muestrales no refleja completamente el agrupamiento, es decir, debido a que se calcula en sitios artificialmente delimitados (cuadrantes, etc.), solamente es posible aproximar x^* como sigue:

$$x^* \approx \mu + \frac{\sigma^2}{\mu} - 1 \quad \dots(3)$$

Donde μ es el valor promedio de individuos en la unidad muestral y σ^2 es su varianza. El índice se estimó como sigue:

$$\hat{x}^* = \bar{x} + \frac{s^2}{\bar{x}} - 1 \quad \dots(4)$$

El otro índice utilizado fue el Índice de Parchado (IP), el cual es basado en el índice de Lloyd. Se define como el cociente entre x^* y la densidad media. El IP se estimó de la siguiente manera:

$$\hat{IP} = \frac{\hat{x}^*}{x} = 1 + \frac{s^2}{x^2} - \frac{1}{x} \quad \dots(5)$$

El índice x^* se incrementa relativamente con la media; esto sucede cuando la agregación de la población se incrementa. Este aumento de agregación es reflejado en el incremento del valor de IP. Valores de IP que son menores a, iguales a o mayores a 1 corresponden a baja dispersión, aleatoriedad y sobredispersión, respectivamente.

Los valores resultantes de todos los índices fueron analizados espacialmente, a través de mapas trimestrales en cuadrantes de un grado.

3. Clasificación.

Del análisis de los índices de presencia/ausencia, las tasas de captura y los índices de aglomeración se obtuvo una primera clasificación de las especies. La clasificación se basa en dos criterios: con respecto a su frecuencia en los lances sobre objetos flotantes y el tamaño del grupo que forman. Los grupos de acuerdo a cada criterio se definen a continuación:

A. Con respecto a la presencia de la especie en el objeto flotante (frecuencia de la especie en los lances):

- **Especies muy frecuentes en los objetos flotantes:** Son aquellas especies que se presentan en más del 50% de los lances de la muestra; tanto en el porcentaje de los lances totales, por trimestre, por zona y por tipo de objeto flotante.
- **Especies frecuentes en los objetos flotantes:** Son aquellas especies observadas en menos de un 50%, pero más del 30% de los lances observados.
- **Especies Ocasionales:** Aquellas especies que se presentan entre el 10 y el 30% de los lances sobre objetos flotantes.
- **Especies raras en los objetos flotantes:** Aquella especies presentes en menos del 10% de los lances observados.

B. Con respecto al tamaño del grupo:

- **Especies en grandes grupos:** Especies que presentan una tasa de captura mayor a 50 individuos en al menos el 25% de los lances (percentil 75) y el valor del índice de Lloyd es superior a 50 en el mismo percentil.
- **Especies en grupos medianos:** Especies que presentan una tasa de captura mayor o igual a 5 individuos, pero menor o igual a 50, en al menos el 25% de los lances (percentil 75) y el valor del índice de Lloyd es superior a 10 en el mismo percentil.
- **Especies solitarias o en pequeños grupos:** Especies que presentan una tasa de captura en la muestra menor a 5 individuos/lance, en al menos el 25% de los lances (percentil 75) y el valor del índice de Lloyd es menor a 10 en el mismo percentil.

De acuerdo a la clasificación anterior se analizaron diferentes modelos de Funciones Discriminantes partiendo de ocho diferentes hipótesis de estructuras de las matrices de

varianzas-covarianzas. Estas estructuras son las presentadas en la tabla 1, más el modelo canónico que parte a su vez de una estructura de varianza y covarianza igual para todos los grupos. Los primeros seis modelos se construyen suponiendo que las matrices de varianzas y covarianzas de cada grupo son diferentes. Es decir, cada modelo es una posible variación del modelo heteroscedástico, por lo que los modelos obtenidos en cada uno de ellos es una Función Discriminante Cuadrática, cuya forma general es la siguiente:

$$d_i(\mathbf{X}) = \beta_{i0} + \beta_{i1}\mathbf{X} + \mathbf{X}^T\beta_{i2}\mathbf{X} \quad \dots(5)$$

Donde $d_i(\mathbf{X})$ es la función discriminante i -ésima, resultado de la combinación lineal de las variables explicativas; β_{i0} es el valor medio general; β_{i1} es el vector de coeficientes de la combinación lineal simple de las variables explicativas (o predictoras); β_{i2} es el vector de coeficientes de las combinaciones de los valores cuadráticos de las variables explicativas y \mathbf{X} es la matriz que contiene los vectores \mathbf{x}_j de las observaciones multivariadas, en este caso los lances pesqueros; y x_{ij} es el valor observado de un índice de la especie j en el i -ésimo lance. En este caso, los índices utilizados son el número de individuos por lance y el N/C.

Cuando las matrices de varianzas y covarianzas (var-cov) de los grupos son iguales, el término cuadrático (tercer término de la derecha) de la ecuación (5) es constante para

todos los grupos y puede ser eliminado de la función discriminante (Tabachnick y Fidell, 1989; p. 515). Este es el caso de los modelos Homoscedástico y el modelo Canónico.

Para este caso se contemplan dos tipos de variables explicativas. La primera se refiere a los valores de los logaritmos de base 10 de los números de individuos capturados de cada especie más uno [$\log_{10}(x_j+1)$]. La otra variable es referida como el logaritmo de base diez del índice N/C más uno [$\log_{10}(ice_j+1)$]. Los factores de clasificación de interés son los siguientes: Zona de pesca (fig. 1); Año (de 1993 a 1997); Trimestre (enero-marzo; abril-junio; julio-septiembre; octubre-diciembre); Tipo de objeto flotante (OFTE, OFMA, OFA y DAP); Tipo de palo (DAP y noDAP); zona-trimestre, zt ; y zona-año, za . Otras combinaciones como zona-objeto no pudieron ser analizadas por problemas de multicolinealidad entre las especies para todos los factores o por carecer de suficiente información en algunos de los grupos formados. Sin embargo a esto, dado que las zonas se definieron de acuerdo con la presencia de algún tipo de objeto flotante, el análisis por zona contempla esta combinación.

Las funciones discriminantes analizadas se corrieron para cada grupo de especies. Esto fue semejante a una función discriminante paso a paso (Tabachnick y Fidell, 1989: p. 528). Sin embargo, a diferencia de aquella, en este caso se introdujeron las variables al modelo con respecto a criterios de presencia de la especie (raras, ocasionales, frecuentes y muy frecuentes) y característica del grupo formado (solitario, agrupaciones medianas o grandes agrupaciones) o la combinación de ambos. Además de estos grupos se adicionó el grupo formado por los individuos denominados reclutas, los cuales son presentados en

la base de datos como organismos pequeños. En total fueron escogidos un número de doce posibles combinaciones, denominadas modelo 1 a modelo 12; estos se presentan en la tabla 9.

Los coeficientes de los modelos se estiman por realizar una descomposición espectral de las matrices de varianzas y covarianzas (var-cov) de cada grupo. De acuerdo con la estructura de la matriz var-cov el procedimiento de la estimación de los parámetros es diferente. Para las estructuras Homoscedástica y Heteroscedástica, los parámetros son derivados desde la función de distribución lognormal a través de estimadores de máxima verosimilitud. Para las estructuras de correlación igual y covarianzas proporcionales, bajo el supuesto de multinormalidad, las estimaciones de máxima verosimilitud se obtienen de manera iterativa para el cálculo de las K_i 's. Asimismo, los coeficientes del modelo de componentes principales son estimados a través de la descomposición espectral de la matriz de var-cov en donde se obtienen los valores y vectores latentes. Por último, tanto para la estructura de grupos esféricos como para la estructura esférica se utilizó la descomposición matricial de Choleski (Press, *et al.*, 1992: p. 96).

Para ajustar los modelos se procedió de la forma general de la modelación empírica de los datos, de acuerdo a los siguientes pasos:

- Análisis Exploratorio de Datos.
- Estimación de parámetros y Ajuste de los modelos.
- Selección de los modelos

- Predicción y Análisis del error.

3.1. Análisis Exploratorio de Datos, AED.

El análisis exploratorio de datos consistió en analizar las características generales de las muestras multivariadas en cuanto a la violación de los supuestos y requisitos del análisis de Función Discriminante (FD). Algunas limitaciones de la FD clásica (modelo homoscedástico) son las siguientes (Tabachnick y Fidell , 1989: p. 511):

1. La muestra de lances debe ser aleatoria e independiente.
2. Igualdad en la matriz de varianzas y covarianzas para todos los grupos.
3. No deberá existir multicolinealidad o singularidad en la matriz de var-cov.
4. Se espera que el tamaño de muestra (n) sea muy grande en comparación al número de variables predictoras (p).
5. Sí se realiza una rotación de los ejes discriminantes, el tamaño de muestra en cada grupo deberá de ser igual.
6. Se supone que la muestra multivariada de lances es asintótica a una distribución multinormal con vectores de medias (μ) diferentes, pero con matriz de var-cov (Σ) igual.
7. Se supone que no existen datos aberrantes o influyentes ("*outliers*").
8. Se supone linealidad entre todos los pares de los predictores dentro de un grupo.

En la mayoría de los casos las pruebas para las hipótesis involucradas en estos supuestos son difíciles de realizar o involucran otros supuestos imposibles de cumplir. Éste, por ejemplo, es el caso de algunas pruebas de Homogeneidad de varianzas o de multinormalidad. Debido a esto, en el presente trabajo se adoptó el enfoque de encontrar modelos robustos a la mayoría de los supuestos, así como de encontrar una transformación adecuada de los datos para disminuir el riesgo de su violación. El mejor modelo es aquel que sea robusto a la mayoría de los supuestos, pero además el más simple (atendiendo el principio de parsimonia).

Los valores muestrales del número de individuos capturados y del índice N/C fueron convertidos a logaritmo en base diez más uno. Esto permitió disminuir la influencia de posibles valores aberrantes, así como también ser más verosímil con respecto al supuesto de multinormalidad.

Un problema en todos los modelos analizados es el de multicolinealidad o la singularidad en la matriz de var-cov. Esto se produce cuando se observa redundancia en las variables predictoras. La redundancia produce singularidad o rango incompleto en la matriz de var-cov y por lo tanto un determinante igual a cero. La redundancia es la característica que se presenta cuando un vector (o varios) es (son) linealmente dependiente(s) de otro(s). El efecto es que no es posible invertir la matriz de var-cov del grupo, uno de los pasos en la descomposición espectral. Actualmente, los algoritmos implementados para realizar un análisis de discriminante incluyen valores de tolerancia para la protección a su violación, mismo que se fijó en valores de $t = 0.001$.

Los supuestos de multinormalidad y de linealidad, en la mayoría de los casos, no son tan problemáticos y más en los casos donde se analizan variables cuantitativas y tamaños de muestra grandes, como lo fue en este trabajo. La homogeneidad de varianzas es otro problema que tiende a producir errores sistemáticos cuando esta no se cumpla; esto es más fuerte cuando los tamaños de muestra por grupo son diferentes.

3.2. Pruebas de Hipótesis.

Para cada factor (zona, trimestre, año, etc.) se obtuvieron ocho diferentes modelos involucrando, de una manera paso a paso, los diferentes grupos de especies. Esto se realizó para los dos juegos de variables; es decir, para los logaritmos de los números de especies y para el índice N/C. De esta forma se corrieron un total de 1344 modelos discriminantes, con base a la combinación de modelos (tabla 9), estructuras de var-cov (tabla 1), siete factores y dos tipos de matrices de variables predictoras.

La selección del mejor modelo para cada factor fue a través de tres criterios. De acuerdo a la secuencia como se utilizaron, los criterios son los siguientes: 1) Las variables involucradas no presentaron multicolinealidad; 2) El modelo presentó diferencia significativa en la prueba de razón de verosimilitud; y 3) Las tasas de error en las pruebas de validación cruzada y las tablas de clasificación son las más bajas.

De acuerdo al número de parámetros a estimar, las pruebas de razón de verosimilitud fueron como sigue:

- var-cov Heteroscedástico vs var-cov con Correlación igual
- var-cov con Correlación igual vs var-cov proporcional
- var-cov proporcional vs var-cov de grupos esféricos.
- var-cov grupos esféricos vs var-cov Homoscedástico.
- var-cov Homoscedástico vs var-cov esférico

En cuanto al grupo de variables se escogió aquel que permitía la mayor discriminación entre los grupos.

3.3. Predicción y análisis de error.

Supóngase que un lance (\mathbf{x}_j) es obtenido aleatoriamente, donde se miden valores de presencia (número de individuos o N/C) de las especies ($\mathbf{x}_j = \{x_1, \dots, x_p\}$). Se tienen g grupos, por ejemplo, de zonas, con densidad probabilística:

$$f_x(\mathbf{x}_j) = \sum_{i=1}^g \pi_i f_i(\mathbf{x}_j) \quad \dots(6)$$

donde π_i es la proporcionalidad mezclada y $f_i(\mathbf{x}_j)$ es la función de la observación en cada grupo. Una probabilidad de membresía de \mathbf{x}_j al grupo g viene dada como sigue:

$$\tau_i \left(\mathbf{x}_j \right) = \frac{(\pi_i f_i(\mathbf{x}_j))}{\sum_{k=1}^g \pi_k f_k(\mathbf{x}_j)} \quad \dots(7)$$

La regla óptima es asignar a la observación \mathbf{x}_j al grupo k si $\pi_k(\mathbf{x}_j) = \max(\tau(\mathbf{x}_j))$. Este fue el criterio utilizado para la predicción (o asignación) de una observación (lance) a un grupo. El esquema de muestreo para los datos de entrenamiento fue con proporción al tamaño del grupo.

El análisis del error fue a través de la validación cruzada de los datos (Tabachnick y Fidell, 1989: p. 544). Esta técnica consiste en eliminar una observación, cada vez, de los datos de entrenamiento y observar los resultados de la FD reestimada.

RESULTADOS

1. Presencia de individuos por lance.

En las tablas 2 a la 4 se presentan las estadísticas básicas de la presencia de una especie en los lances sobre objetos flotantes, total, por zona, por clase de objeto flotante (tabla 2) y por trimestre del año (tabla 3), para los años de 1993 a 1997. Las especies (o grupos) más frecuentes en los lances fueron el dorado (*Coryphaena spp.*), el peto o wahoo (*Acanthocybium solandri*), reclutas de especies de atunes (*Thunnus albacares* y *T. obesus*) y el grupo tiburón sedoso* (*Carcharhinus falciformis* y *C. limbatus*). El porcentaje se mantuvo en un nivel semejante por zona, por tipo de objeto flotante y por trimestre del año. La excepción a esto son los reclutas del grupo tiburón sedoso*, los cuales se presentan en el 32% de los lances realizados en la zona dos, mientras que solamente aparecen en el 7% de ellos en la zona tres. Los peces de la familia Balistidae se observaron en más del 40% de los lances; sin embargo, debido a que la lista de especies de esta familia asociada a objetos flotantes puede ser grande (ver por ejemplo: Parin y Fedoryako, 1999; Bailey, Williams e Itano, 1996), no es posible afirmar que una sola especie de esta familia es dominante en todas las zonas, trimestres o tipo de objetos flotantes.

Las tasas de captura y el índice de agrupamiento de Lloyd de las especies con mayor frecuencia en los lances, también fueron las más altas (tabla 4). Los valores más altos de estos índices se refieren a los reclutas de patudo (*T. obesus*) y de atún aleta amarilla (*T.*

albacares). Le siguieron en importancia el dorado (*Coryphaena. spp.*), el grupo tiburón sedoso* (*C. falciformis* y *C. limbatus*), el salmonete o *rainbow runner* (*Elagatis bipinnulata*), el jurel o *yellowtail* (*Seriola lalandi*) y el peto o wahoo (*A. solandri*). Las especies de la familia Balistidae, como conjunto, también mostraron valores elevados. Obsérvese que para calcular los valores de las tasas de captura se tomaron en cuenta a todos los lances cuyas capturas fueron superiores a 1 ton de peso. Las otras especies se observan en menos de un organismo por lance, en el 75% de los lances de la muestra.

En las figuras 2 a la 4 se presentan los porcentajes de individuos por clases de tamaño de algunas de las especies (o grupos) de mayor presencia en la captura incidental, por trimestre y zona. En la figura 2 se puede observar estos porcentajes para el grupo de los dorados (*Coryphaena spp.*). Se observa que en la zona 2 (figura b) los porcentajes por talla son más heterogéneos en comparación con las otras dos zonas. En esa zona, los peces menores a los 30 cm alcanzan hasta el 30% de la captura incidental, principalmente durante los primeros años. Por trimestre, sin embargo, no se aprecia algún patrón definido. Dado estas observaciones es posible suponer que en la zona 2 es en donde pudiera existir una mayor captura incidental de organismos de la clase de tallas menores a los 30 cm.

En la figura 3 se muestran los porcentajes de individuos por tamaños para el peto o wahoo (*A. solandri*). Según lo observado, esta especie se presenta mayormente en la captura incidental en tallas superiores a los 60 cm. Los individuos de menos de 30 cm, por su parte, no rebasan el 5% de la captura de esta especie, con excepción de los

primeros trimestres de la serie en la zona 2. Aunque en valores porcentuales bajos, se observa que durante el trimestre 2 la presencia de individuos de la clase de tallas pequeñas tiende a aumentar en las zonas 1 y 3. En la zona 2, por su parte, los valores de porcentaje más altos se observan durante el tercer trimestre. Es importante señalar que durante el primer trimestre de 1994 no se observaron individuos de esta especie en la fauna de acompañamiento, por lo que no se registró en este periodo los porcentajes de las clases de tallas.

Los porcentajes de las clases de tallas para el grupo tiburón sedoso* (*C. falciformis* y *C. limbatus*) se muestran en la figura 4. Se observa que individuos menores a los 90 cm se presentan en porcentajes hasta del 30 al 50% (en algunos trimestres) de la captura incidental en las zonas 1 y 2. En la zona 3, el grupo de individuos menores a 90 cm no es superior al 15%, para toda la serie de tiempo estudiada. Dentro de la zona 1 se observan los valores porcentuales más elevados del grupo de individuos de la clase de tallas menores a los 90 cm durante los últimos dos trimestres de los años analizados. Este patrón trimestral es semejante en la zona 2, aunque se observa una tendencia a incrementarse más durante el último trimestre del año. En la zona 3, los patrones de presencia de la clase mencionada arriba (individuos menores a 90 cm) de estas especies de tiburón por trimestre, aunque en menor proporción, es semejante al de la zona 2.

La proporción de grupos de tallas (pequeños, medianos y grandes) de otras especies se presentan en la tabla 5. Las especies más frecuentes en los lances son el dorado (*Coryphaena spp.*), el peto o wahoo (*A. solandri*), el jurel (*Seriola lalandi*), el salmonete

(*Elagatis bipinnulata*) y el grupo tiburón sedoso* (*C. falciformis* y *C. limbatus*). De acuerdo con la tabla 6, el dorado forma grupos de tamaño grande, mientras que las otras se presentan en agrupaciones de tamaño relativamente grandes. Estas especies (o grupos) son capturadas en porcentajes semejantes de individuos de los tres tipos de tallas. Por ejemplo individuos pequeños de dorado representaron el 27% de la captura incidental total de esa especie, 45% los individuos medianos y el 28% los grandes. En ese mismo orden, los individuos del grupo tiburón sedoso* representaron el 19, 41 y 40%, respectivamente, mientras que la captura del jurel se repartió en 35, 49 y 17%. Esto no se observa en especies del grupo de los marlines, en donde en la mayoría los individuos son de tamaño grande, de acuerdo a la escala utilizada en la fuente de información. En caso contrario se pueden mencionar a las rayas (*Dasyatis spp.*) y los grupos de mantas (Mobulidae: *Manta spp.* y *Mobula spp.*), que presentan un alto porcentaje de individuos pequeños (de acuerdo a la escala de medida mencionada). En estos últimos grupos, el número de individuos durante todo el periodo reportado no es mayor de 600.

Los patrones espaciales de las tasas de captura y el índice N/C de las principales especies, por trimestre, se muestran en las figuras 5 a la 18. Los cuadrantes al norte del Ecuador muestran los valores más altos de los índices para los reclutas del atún aleta amarilla, *T. albacares* (figs. 5.1 y 5.2). Obsérvese que durante el segundo trimestre se tiene una concentración cerca de las costas de Centroamérica y a partir de este periodo los cuadrantes con mayor concentración se extienden hacia el oeste. Los atunes patudo (*T. obesus*) en todos los trimestres muestran valores elevados, centrándose en una franja orientada de este a oeste entre el Ecuador y los 10° S (figs. 6.1 y 6.2). El dorado

(*Coryphaena spp.*) tiene una distribución muy amplia (figs. 7.1 y 7.2); sin embargo, durante los trimestre dos y tres muestra una mayor concentración en dos franjas: una sobre el Ecuador y otra más al sur. Esto último también es cierto para el peto o wahoo (*A. solandri*); sin embargo, las zonas con valores altos de los índices son más extendidos en el OPO (figs. 8.1. y 8.2). El salmonete, *E. bipinnulata* (figs. 9.1 y 9.2) y el jurel, *S. lalandi* (figs. 10.1 y 10.2), muestran patrones espaciales con mayor presencia en latitudes al norte del Ecuador. Obsérvese que los patrones espaciales de estas dos especies son muy semejantes, en todos los trimestres. El grupo tiburón sedoso* (*C. falciformis* y *C. limbatus*), muestra al igual que el dorado, una presencia en toda el área abarcada por la pesquería de atún en lances sobre objetos flotantes. Sin embargo, en este grupo el patrón espacial muestra una preferencia a permanecer en latitudes al norte del Ecuador. En el segundo trimestre se observa una mayor presencia cerca del golfo de Panamá y las costas de Costa Rica; este grupo se mantiene durante el trimestre tres en esta zona, pero también aparece un grupo de cuadrantes con presencia alta alrededor de los 10° N, centrado en los 120° W. En los trimestres tres y cuatro la distribución muestra una mayor dispersión en todo el espacio, aunque el índice N/C se muestra más alto en latitudes al norte del Ecuador. El tiburón punta blanca (*C. longimanus*) se encuentra tanto al sur como al norte del Ecuador, pero con mayor intensidad en áreas alejadas de la costa, con excepción del trimestre dos, donde también aparece frente al golfo de Panamá. El grupo de especies de tiburón martillo (*Sphyrna spp.*) tiene un comportamiento muy parecido al del esfuerzo pesquero en lances sobre objetos flotantes (ver capítulo dos), pero siempre en latitudes al sur (figs. 13.1 y 13.2). Se presenta la distribución espacial de otras especies (figs. 14 a la 18) pero estas no tienen valores altos de frecuencia en la fauna de acompañamiento.

Del análisis anterior de los diferentes índices calculados para cada especie (o grupo) se desprende una primera propuesta de clasificación de la fauna de acompañamiento. La clasificación se da en dos sentidos y se presenta en la tabla 6. El primer criterio se refiere a la presencia de la especie en el lance. Para este criterio se identifican cuatro grupos de especies: 1) **Especies muy frecuentes:** Dorados y petos; 2) **Especies frecuentes:** Reclutas de atún aleta amarilla (raaa), reclutas de patudo, Balistidae y el grupo tiburón sedoso*; 3) **Especies ocasionales:** salmonete (*rrun*), reclutas del grupo tiburón sedoso*, jurel (*yellowtail*) y marlín azul (obsérvese que en este grupos se presentan especies en grupos medianos o solitarias); 4) **Especies raras:** reclutas de dorado, reclutas de petos, otros marlines, tiburón martillo, rayas y manta rayas (mantas). El tamaño del grupo, segundo criterio de clasificación, fue medido por medio del número de individuos por lance, la tasa de captura y el valor de los índices de agrupamiento. Los últimos dos criterios referidos a un cuadrante de un grado. Con respecto a este criterio se ubican tres clases: 1) **Especies en grupos grandes;** 2) **Especies en grupos medianos;** y 3) **Especies en grupos pequeños o individuos solitarios.**

En la tabla 7 y las figuras 19a y 19b se presentan las estadísticas básicas y el comportamiento de la relación entre las medias y las varianzas de la captura principal y de los logaritmos de estas. Suponiendo que la captura incidental tiene una relación lineal con la captura principal, este análisis permite seleccionar una transformación adecuada para los índices de presencia. En la tabla 7 se observa que no existen diferencias en la captura entre los diferentes tipos de objetos flotantes ($F < 1$, $P > 0.05$) y entre los diferentes años ($F < 1$, $P > 0.05$). Sin embargo, se observa (fig. 19a) que existe una

tendencia más o menos lineal entre las varianzas y las medias de las capturas ($r = 0.89$). Esto indica que la distribución de probabilidad de las capturas puede ser de tipo lognormal. Al obtener los logaritmos de las capturas más uno se observa que (eliminando el valor de 1994 en OFTE), la tendencia lineal entre los valores medios y la varianza disminuyó ($r = -0.49$). Esto indica que una transformación logarítmica de los datos puede ser adecuada.

2. Clasificación y agrupamiento.

Para tratar de analizar los patrones espaciales de las especies de la captura incidental en su conjunto se parte del siguiente supuesto:

$$F_k = \mu_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j x_j + \sum_{j=1}^p \beta_j x_j^2$$

Es decir, el comportamiento de un factor (F) k-ésimo puede ser explicado por los valores de los índices de presencia (x_j) de la j-ésima especie. Este comportamiento tiende a variar de manera lineal con respecto a estos índices o al cuadrado de ellos. Este modelo es denominado Función Discriminante Cuadrática (FD). En la tabla 8 se presentan los modelos analizados.

2.1. Selección del modelo y estimación de los parámetros.

Para seleccionar el modelo FD se realizaron pruebas de razón de verosimilitud de manera jerárquica, de tal manera que primeramente se contrastaron las diferencias entre los modelos con menor cantidad de supuestos a los de mayor restricción. Para todos los factores, el modelo escogido fue la función discriminantes cuadrática, es decir, una clase del modelo heteroscedástico.

Escogido el modelo, se procedió a realizar las estimaciones de los parámetros de la función discriminante de la manera tradicional, las cuales son derivadas de los logaritmos de las distribuciones normales de los factores. El total de parámetros estimados es dado en la tercera columna de la tabla 1, para cada factor.

En las tablas 9 a la 10 se muestran los modelos escogidos de acuerdo a su estructura de covarianzas, para cada factor y tipo de variable. En las columnas 3 y 4 de esas tablas se muestran los valores de la razón de verosimilitud y su probabilidad asociada. Como puede observarse, en la mayoría de los casos el modelo escogido fue el heteroscedástico. En ningún caso se seleccionó el modelo homoscedástico.

La segunda fase de la selección del modelo consistió en analizar tanto los coeficientes (lineales y cuadráticos) correspondientes a cada especie y las tasas de error de clasificación registradas posteriormente a la aplicación del modelo. Los coeficientes, debido a la forma de su estimación, permiten determinar el peso de cada variable con respecto a su valor promedio y a su varianza. Por su parte, el resultado de la tasa de error observada después de la aplicación del modelo, permite juzgar la potencia del modelo en

clasificar a las unidades muestrales (los lances), de acuerdo al criterio establecido. Esto último se realiza observando lo siguiente: 1) el valor del error de clasificación observado después de la aplicación del modelo; 2) la ganancia absoluta en la clasificación al aplicar el modelo; es decir, la diferencia entre el error de clasificación anterior y posterior; 3) La disminución del error de clasificación registrada para cada grupo, posterior a la aplicación del modelo.

Los modelos seleccionados para el factor zona fueron: a) el modelo heteroscedástico para el grupo de especies ocasionales; b) el modelo heteroscedástico del conjunto de especies que forman grupos medianos y; c) el modelos heteroscedástico de los reclutas. El primero registró un 14% de error de clasificación total después de la aplicación del modelo, observándose una disminución de este en todos los grupos. Las especies de mayor importancia, de acuerdo a sus coeficientes, fueron los reclutas del grupo tiburón sedoso*, el tiburón punta blanca y de menor importancia el salmonete (*rainbow runner*). El modelo de grupos medianos también registró un error de clasificación global del 14%, resultado de la disminución de este en prácticamente todos los grupos y, en especial, un aumento en la eficiencia de la predictibilidad de los lances en la zona 2. Entre las especies más importantes de este modelo destacan el grupo tiburón sedoso* y sus reclutas, y el jurel. El modelo de reclutas registró una tasa de error global del 19%, observándose una disminución de este principalmente en la zona 2. Los grupos de reclutas más importantes son: del grupo de tiburón sedoso*, del atún aleta amarilla y del patudo. Debido a esto, se decidió analizar un nuevo modelo combinando las especies que mostraron ser más importantes para la reducción del error. En este nuevo modelo se

obtuvo una tasa de error global de clasificación del 15%. De acuerdo a sus características (ver tabla 11), se observa que el grupo tiburón sedoso* y sus reclutas tienen una mayor presencia en la zona 2, pero menos abundantes en la zona 3; esto también es cierto para los reclutas de atún aleta amarilla. Los reclutas de patudo son ligeramente más importantes en la zona 3. El tiburón punta blanca es oceánico, observándose tanto en la zona 2 y 3. El jurel (*yellowtail*) y el salmonete tienen mayor presencia en las zonas uno y dos. Observando los intervalos de confianza simultáneos, se nota que existe una clara diferencia significativa entre la zona costera (zona 1) y la zona oceánica del sur, 3 ($P < 0.01$), en todas las especies. Asimismo, comparando a las zonas oceánicas del norte (2) y del sur (3), se observan diferencias significativas entre todas las especies ($P < 0.01$), con excepción del tiburón punta blanca. Por último, en la comparación de la zona costera (1) con la oceánica del norte (2) solamente se observan diferencias entre el grupo tiburón sedoso* (y sus reclutas), el salmonete y jurel. Lo anterior indica que este modelo predice mejor las diferencias en composición de la fauna de acompañamiento de las zonas 2 y 3, así como de la fauna costera y oceánica.

En cuanto a las clases de objetos, el modelo heteroscedástico para el grupo de especies ocasionales fue el que registró el menor error global; este fue del 20%. Sin embargo, se observa una pobre ganancia debido a que antes de la aplicación del modelo se contaba con un 23% de error de clasificación. Al aplicar el modelo se observa que disminuye el error de clasificación en todos los grupos con excepción de los lances sobre objetos flotantes de origen marino (OFMA), donde se observa una tasa de error del 100%; es decir, todos los lances de este tipo son clasificados dentro de los otros grupos. Esta mala

clasificación de OFMA puede ser ocasionada por un tamaño de muestra reducido, en comparación con los otros grupos, o por que las zonas de lances sobre ellos se encuentran tanto en el hemisferio norte como en el sur. Por ello, se decidió correr otro modelo eliminando este grupo y, además, solamente considerando a las especies del grupo de los ocasionales que presentaron una mayor importancia relativa: reclutas del grupo tiburón sedoso* y patudo; grupo de tiburón sedoso*; y salmonete (tabla 12). El resultado de este modelo fue el de reducir el error de clasificación global del 19 al 14 %. Los errores por grupo son sensiblemente reducidos, y en especial el grupo de lances sobre objetos terrestres, que pasa del 77 al 43 % de error de clasificación. Obsérvese que, de acuerdo con los coeficientes cuadráticos, los reclutas del grupo de tiburón sedoso* son poco importantes dentro de los dispositivos para agregar peces (DAP) y muy importantes en los otros dos tipos de objetos. Asimismo, aunque con menor intensidad, los reclutas de patudos son importantes en los DAP's. Las otras dos especies tienen un comportamiento similar a los reclutas del grupo de tiburón sedoso*. Los intervalos de confianza simultáneos, muestran diferencias significativas entre los OFTE y los DAP ($P < 0.01$) en todas las especies involucradas. Esto no es tan claro cuando se comparan estos grupos con los lances realizados sobre objetos de origen antropogénico (OFA). De acuerdo con la clasificación de las zonas (ver mapa, fig. 1) y las diferencias registradas entre la fauna de acompañamiento de OFTE y DAP, este resultado es compatible con lo observado por zonas.

De la comparación entre los dispositivos para agregar peces (DAP) y los otros objetos (noDAP), cuatro fueron los modelos que registraron una tasa de error inferior al 10%: el

modelo 8 (reclutas), nueve, diez y doce (ver tabla 8). De ellos se hizo una selección de las especies más importantes y se analizó un nuevo modelo (tabla 13). Los coeficientes lineales muestran valores semejantes en todas las especies. Sin embargo, los coeficientes cuadráticos muestran una diferencia en el peso de algunas especies. Por ejemplo, los reclutas del grupo de tiburón sedoso* obtienen un coeficiente muy negativo en los DAP's que en los noDAP's; la situación es contraria para reclutas de patudo. Obsérvese que el pez vela y el marlín rayado tienen una fuerte variación. Sin embargo a esto último, se observa en los centroides que estas especies son poco frecuentes y sus tasas de captura son bajas, lo que finalmente lleva a ese resultado. La tabla de validación cruzada muestra un porcentaje de error global de clasificación menor al 5%, el cuál era del 20% antes de aplicar el modelo. De manera individual, el error de clasificación pasa del 82 al 65% en los objetos diferentes a los dispositivos para agregar peces (noDAP's); y de 5 al 0% en los DAP's. Los intervalos de confianza muestran, con excepción del marlín negro y el salmonete, que todas las especies fueron significativamente diferentes ($P < 0.01$) entre los dos grupos. Los tiburones del grupo sedoso* y sus reclutas; el pez vela; y el marlín rayado, se presentan con mayor abundancia en lances sobre objetos flotantes diferentes a los DAP. Asimismo, los reclutas de patudo se concentran fundamentalmente en dispositivos para agregar peces.

En resumen, los modelos de función discriminante cuadrática escogidos, y sus características, fueron los siguientes:

1. El modelo heteroscedástico para clasificar las zonas (tabla 11): Este modelo se basó en los logaritmos de los números de organismos del grupo de tiburón sedoso*, reclutas del grupo tiburón sedoso*, reclutas de patudo, reclutas de atún aleta amarilla, tiburón punta blanca, jurel y salmonete. Los resultados muestran que la zona tres alcanzó una tasa de error de cero, mientras que las otras dos zonas el valor fue mayor al 30%. Se observa que las zonas uno y dos muestran diferencias significativas con respecto a la presencia del grupo de tiburón sedoso* y sus reclutas, el jurel y el salmonete. Asimismo, se registran diferencias de todas las especies entre la zona costeras (1) y la oceánica sur (3). Por último, al comparar las zonas oceánicas norte y sur, en la única especie en donde no se registran diferencias significativas ($P > 0.01$) fue en el tiburón blanco. Al aplicar el modelo y la probabilidad *a priori* a la ecuación de predicción (ecuación 7), se observa que los lances realizados en la zona costera tienen un valor alto de probabilidad de ser bien clasificados; sin embargo, en algunos casos se registra una probabilidad mayor al 20% de ser clasificados dentro de la zona oceánica norte, pero valores de probabilidad cercanos a cero de que sean clasificados dentro de la zona oceánica sur. Los lances registrados en la zona oceánica norte muestran valores de probabilidad de cerca del 70% de ser bien clasificados, aunque en algunos de ellos muestran probabilidades de 20 al 40% de ser clasificados como lances realizados en zona costera; sin embargo, la probabilidad de ser clasificados dentro de la zona tres es cercana a cero. Por último, los lances realizados en la zona oceánica sur (3) muestran valores cercanos al 90% de buena clasificación.

2. El modelo heteroscedástico para clasificar objetos flotantes (tabla 12): De las cuatro clases de objetos flotantes, los de origen marino (OFMA) son los que tienen un tamaño de muestra reducido en la BDO. Esto provocó valores altos de confusión en los OFMA, por lo que se decidió eliminarlos del análisis. El modelo es el producto de las combinaciones lineales y cuadráticas de los valores del grupo de tiburón sedoso*, los reclutas del grupo tiburón sedoso*, los reclutas de patudo y el salmonete. Los resultados muestran que los dispositivos para agregar peces (DAP) obtuvieron una tasa de error del 3% y los objetos flotantes de origen terrestre (OFTE) del 43%. Sin embargo los objetos flotantes de origen antropogénico (OFA) obtuvieron un error de clasificación del 97%. El error de clasificación global alcanzado fue del 14%. Al comparar los OFTE y OFA se observa que, con excepción de los reclutas del grupo de tiburón sedoso*, todas las especies son significativamente diferentes. Asimismo, se registran diferencias significativas ($P < 0.01$) entre todas las especies cuando se comparan OFTE y DAP; mientras que comparando DAP y OFA todas son diferentes con excepción del salmonete. Aplicando el modelo y las probabilidades *a priori* a objetos de origen antropogénico se observa que la probabilidad de clasificarlos como terrestres es superior al 40%. En cuanto a los dispositivos para agregar peces, en la mayoría de los casos la probabilidad de clasificación correcta es alta, mayor al 75%.
3. El modelo heteroscedástico para clasificar dispositivos para agregar peces (tabla 13): Este modelo incluye datos sobre el número de organismos observados en los lances del grupo de tiburón sedoso* y sus reclutas, reclutas de patudo, pez vela, marlín negro, marlín rayado y salmonete. Los dispositivos para agregar peces alcanzaron una

tasa de error en la clasificación después de aplicar el modelo del 0%, mientras que el otro grupo disminuyó del 82 al 65%. El error global registrado fue del orden del 5%. Con excepción del marlín negro, todas las demás especies involucradas mostraron diferencias significativas entre los dos grupos ($P < 0.01$). Aplicando este modelo a todos los lances se observa que aquellos realizados sobre dispositivos para agregar peces alcanzan una probabilidad de clasificación correcta de más del 85% en promedio, mientras que en los otros objetos es más baja.

Los modelos para comparar los trimestres del año, los años, la combinación de los factores zona - trimestre y el factor zona - año, no mostraron resultados satisfactorios en cuanto a la disminución de las tasas de error. En todos los casos el error posterior global fue superior al 25%.

DISCUSIÓN

Las especies de la fauna de acompañamiento en la captura del atún en lances sobre objetos flotantes tienden a relacionarse de manera diferente con él. Esta relación esta de acuerdo con el comportamiento de la especie (o grupo de especies) y a su propio funcionamiento en la comunidad biológica. En el Pacífico Oriental se observan grupos de especies que están presentes muy frecuentemente, como es el dorado (*Coryphaena spp.*) y el peto o wahoo (*A. solandri*). La primera se observa en cardúmenes grandes, mientras que el peto en grupos medianos o pequeños. Otros grupos que están frecuentemente asociados a los objetos flotantes son los individuos reclutas del atún aleta amarilla (*T. albacares*), del atún patudo (*T. obesus*) y especies de peces de la familia Balistidae. Los dos grupos de reclutas se asocian al objeto flotante en cardúmenes grandes. En pesquerías similares de otros océanos, algunas de estas especies tienden a comportarse de manera semejante. Por ejemplo, el dorado y especies de la familia Balistidae son comunes en la fauna de acompañamiento de la pesca sobre objetos flotantes en el Pacífico Occidental (Hampton y Bailey, 1993), en el Atlántico (Delgado de Molina, *et al.*, 1999; Gaertner, *et al.*, 1996) y en el Indico (Hallier y Parajua, 1999). En algunos mares, el dorado es tan abundante que se ha desarrollado una pesquería comercial (Massutí, Morales-Nín y Deudero, 1999) o deportiva (Kingsford y DeFries, 1999) de este grupo alrededor de objetos flotantes. Otras especies por el contrario, son reportadas como poco frecuentes, raras o en número escaso, como es el peto en la pesquería de atún del Pacífico Occidental (Bailey, Williams e Itano, 1996). Esto puede deberse a que el peto no tiende a

formar grandes cardúmenes y frecuentemente se le observa formando pequeños grupos (Collete, 1995).

El salmonete (*Elagatis bipinnulata*) y el jurel (*Seriola lalandi*), que de acuerdo con algunos autores tienden a formar grandes cardúmenes (Eschmeyer *et al.*, 1983; Smith-Vaniz, 1995), son menos frecuentes en la fauna de acompañamiento que los grupos citados en el párrafo precedente. Además, sus tasas de captura observadas son menores a las del dorado, del peto y de los reclutas de atunes. Estas especies muestran un patrón espacial similar (ver figs. 9 y 10), distribuyéndose en una franja orientada de este a oeste, que va desde el Ecuador hasta los 10° N. Asimismo, muestran un comportamiento semejante de cambiar sus centros, en un sentido longitudinal, de presencia (de acuerdo a la tasa de captura y al índice N/C) a lo largo de un ciclo anual. Obsérvese, sin embargo, que la frecuencia en que aparecen en los lances (tabla 2 y 3), son diferentes (es menos frecuente el jurel). Contrariamente, se observa que las tasas de captura, los índices de aglomeración y el número de individuos capturados con respecto a la captura principal son semejantes. Estas especies muestran una gran similitud en su apariencia exterior. Una diferencia, sin embargo, es el par de aletas pequeñas que presenta el salmonete, una en el dorso y otra en la región ventral, cerca del pedúnculo caudal (ver fig. 9.1). Debido a su parecido externo es posible que puedan llegar a confundirse, clasificándose al salmonete como jurel o viceversa (comentario personal de Bob Olson). Además de ello, Fischer y colaboradores (1995) argumentan que la distribución espacial del jurel (*Seriola lalandi*) no corresponde a lo observado aquí, ya que tiene una distribución al norte de los 20° N y al sur de los 5° S. Por el contrario, el salmonete si tiene una correspondencia en los

patrones observados y lo reportado por esos autores. Contrariamente a lo comentado por Fischer y colaboradores (*op cit.*), Froese y Pauly (1998) muestran mapas de distribución del jurel semejantes a lo observado en este trabajo, aunque sus centros de mayor concentración se localizan al norte de los 10° N. En otros océanos estas especies tienen sus similares en la pesca sobre objetos flotantes (Bailey, Williams e Itano, *op cit.*; Kingsford, 1999; Castro, Santiago y Hernández-García, 1999; Deudero, *et al.*, 1999). Por ejemplo, en el Pacífico Occidental se reporta en la fauna de acompañamiento a *Seriola rivolina* como especie ocasional en lances sobre troncos (noDAP) y al salmonete (*E. bipinnulata*) como especie común en lances sobre dispositivos para agregar peces y sobre troncos. En el Atlántico occidental, el salmonete es registrado como parte de la fauna de acompañamiento en lances sobre dispositivos para agregar peces, pero no se observó ninguna especie semejante al jurel (Ariz *et al.*, 1999a). De acuerdo a los resultados presentados aquí, y a lo reportado por en la bibliografía, es posible suponer que el salmonete es la especie más frecuente y abundante de las dos en la fauna de acompañamiento en lances sobre objetos flotantes en el Pacífico Oriental. Asimismo, que es probable que algunos individuos de jurel sean de la otra especie, pero no necesariamente todos. Sin embargo a todo, esta posible confusión de las dos especies no afecta el resultado final de clasificación espacial de la fauna asociada con objetos flotantes, debido a que las dos especies muestran una misma distribución.

El grupo del tiburón sedoso* (*C. falciformis* y *C. limbatus*) es también frecuentemente observada en la fauna de acompañamiento de los objetos flotantes. La distribución espacial de las tasas de captura y el índice N/C indica que este grupo tiene una

distribución muy amplia, semejante a la observada en los lances sobre objetos flotantes. Sin embargo, los núcleos de mayor concentración se localizan al norte del Ecuador, con cambios aparentes a lo largo de un ciclo anual. El tiburón punta negra (*C. limbatus*) se ha reportado como parte de la pesca incidental en el Pacífico Oriental, cerca de las costas de Ecuador (Kato, 1967). Este, sin embargo, ha sido el único reporte de esta especie como parte de la captura incidental en la pesca sobre objetos flotantes. La distribución reportada de esta especie indica que es más frecuente en la zona nerítica, cerca de las costas (Castro, 1983). En el Pacífico Oriental se distribuye cerca de las costas de Baja California hasta Perú, incluyendo a las islas Galápagos (Bass, Heemstra y Compagno, 1986 citado en Froese y Pauly, 1998). Por su parte, el tiburón sedoso (*C. falciformis*) ha sido citado como la especie de tiburón más abundante en la captura incidental en la pesca del atún en el Pacífico Oriental (Au, 1991), así como en otras pesquerías (Bailey, Williams e Itano, 1996; Delgado de Molina *et al.*, 1999). Además, se ha reportado como una especie que frecuentemente se asocia a cardúmenes de atún (Froese y Pauly, *op cit.*). El tiburón sedoso es una especie abundante tanto cerca de las costas, como alejadas de ellas y es altamente migratorio (Last y Stevens, 1994, citados por Froese y Pauly, 1998). Dado lo anterior, es posible suponer que este grupo es dominado por la especie de tiburón sedoso (*C. falciformis*), en la mayor parte de la zona en donde se observa su captura incidental, aunque la otra especie también puede ser pescada incidentalmente cerca de la costa. Obsérvese que en la fauna de acompañamiento aparece una proporción considerable de individuos de este grupo de menos de 90 cm. Suponiendo que estas dos especies mencionadas son las más numerosas del grupo y dado su talla al nacer de cerca de 60 cm (Last y Stevens, *op cit.*, citados por Froese y Pauly, 1998), se puede concluir

que en esta pesquería se observa una cantidad considerable de individuos reclutas de estas especies capturados incidentalmente, principalmente al norte de los 5° N.

Grandes depredadores como el tiburón punta blanca (*C. longimanus*), el tiburón martillo (*Sphyrna* spp.) y del grupo de los marlines y peces pico (*M. mazara*, *M. indica*, *T. audax*, *I. platypterus*, etc.), se asocian a objetos flotantes ocasionalmente o son raras. Por lo general, este grupo se asocia en pequeños grupos o como organismos solitarios. El tiburón punta blanca muestra su mayor concentración, de acuerdo a las tasas de captura y el índice N/C (ver figs. 12.1 y 12.2) alejado de la costa, con excepción del trimestre dos en donde también se observa al sur del golfo de Panamá. Esta distribución espacial es congruente con lo mencionado por Compagno (1984, citado por Froese y Pauly, *op cit.*) quien menciona que esta especie se encuentra en zonas lejanas a la costa y es altamente migratoria. Las otras especies aparecen poco frecuentes sin mostrar un patrón espacial aparente. En el caso del grupo de los marlines y peces pico, sin embargo, la mayoría de los especímenes se reportan dentro de la clase de tallas superiores a los 150 cm. De acuerdo con lo reportado en la literatura (Skillman y Yong, 1976; Froese y Pauly, *op cit.*), estas tallas pertenecen a individuos adultos.

Parin y Fedoryako (1999) proponen una clasificación de la fauna asociada con objetos flotantes de acuerdo a su cercanía o relación con este. En esta clasificación se hace referencia al ciclo de vida de las especies, de tal forma que la mayoría de las especies que se denominan como intranadantes y extranadantes son representadas por organismos juveniles, mientras que las circundantes se refieren a organismos adultos. Siguiendo esta

clasificación, y de acuerdo a lo observado en cuanto al porcentaje de tallas en la captura (tabla 5) y los índices de tasas de captura y de aglomeración (tabla 4), los marlines y los peces pico, los tiburones punta blanca y martillo, serían especies circundantes. Del mismo modo, el grupo tiburón sedoso*, los peces grandes (dorado, peto, salmonete y jurel), los reclutas de atún aleta amarilla y los reclutas de patudo caerían en los grupos de los intranadantes y extranadantes.

Se observa que los patrones espaciales pueden variar temporal y espacialmente. Por ejemplo, las especies pueden tener una época de máxima reproducción en zonas específicas. Algunas especies de tiburones tienen preferencias por las zonas costeras, como es el caso del tiburón punta negra (*C. limbatus*). Otras, por el contrario, realizan todo su ciclo de vida alejados de la costa, como en el caso del tiburón punta blanca (*C. longimanus*) (Castro, 1983). Las especies de peces de dorado (*Coryphaena hippurus* y *C. equiselis*) llevan a cabo más intensamente su reproducción cerca de la costas y con más intensidad en primavera y verano (Beardsley, 1967), mientras que el peto o wahoo es más bien de hábitos alejados de la costa (Collette, 1995). Asimismo, es importante destacar las posibles barreras físicas, químicas, geológicas y biológicas, que aunque no impiden el intercambio total de individuos, estas lo limitan. En el Pacífico Oriental, una posible barrera pudiera ser la Contracorriente Ecuatorial, que en general se localiza entre los 4 y los 10° N (Wirtky, 1965; Fiedler *et al.*, 1992). Esta posible barrera pudiera afectar no solamente el intercambio de norte a sur de individuos de las diferentes especies, sino también de los objetos flotantes que se encuentran en superficie, como se mencionó en el capítulo dos de este documento. El análisis preliminar de tres de las especies (o grupos)

más frecuentes en la captura incidental: el dorado, el peto (o wahoo) y el grupo tiburón sedoso*, de acuerdo a las tres zonas definidas en el capítulo precedente, reveló diferencias regionales. Se observan diferencias temporales en un ciclo anual. El dorado (*Coryphaena spp.*) muestra una mayor presencia de juveniles en la zona oceánica norte, mientras que en los meses de verano muestra picos altos en la zona costera (ver fig. 2). En cuanto a la presencia de reclutas del grupo tiburón sedoso* (*C. falciformis* y *C. limbatus*), se observa claramente un alto porcentaje de ellos en la zona costera y más fuertemente en la zona oceánica norte; en esta última, en los meses del primero y del último cuatrimestre llegan a ser alrededor del 50% de los individuos. En la zona costera, por su parte, los mayores porcentajes de reclutas se registran durante los trimestres de finales de primavera y verano.

Para observar la presencia de las especies en las tres zonas mencionadas arriba se utilizaron dos índices: la tasa de captura y el índice del número de individuos capturados con respecto a la especie principal (N/C). Los dos se calcularon tomando solamente los lances positivos en donde apareció la especie en cuestión. De este análisis surge un grupo de especies con mayor presencia en la zona oceánica del norte y en la zona costera (costa-norte) y otro grupo con mayor presencia hacia la región del sur (para detalles ver las figuras 5 a la 18). En el primer grupo se encuentran: los reclutas de atún aleta amarilla (*T. albacares*), el grupo tiburón sedoso* (*C. falciformis* y *C. limbatus*) y el salmonete (*E. bipinnulata*). En el segundo grupo destacan los reclutas de patudo (*T. obesus*), el tiburón martillo (*Sphyrna spp.*) y el grupo de las rayas (*Dasyatis spp.*). Asimismo, se destaca la presencia del tiburón punta blanca (*C. longimanus*) solamente en las dos zonas lejanas a

la costa. Las otras especies de la fauna de acompañamiento no muestran un patrón definido con respecto a las zonas de clasificación. En el caso del atún aleta amarilla, Schaeffer (1998) reporta que el desove de esta especie se lleva a cabo en prácticamente todo el Pacífico Oriental. Sin embargo, de acuerdo a lo observado por este autor, las zonas con mayor desove se dan al norte del Ecuador entre la costa y los 110° W, y más al norte de los 5° N en longitudes al oeste de los 110° W. Estas zonas coinciden, más o menos, con las zonas costeras y norte propuestas en este trabajo. Por ello, estas dos zonas muestran una fuerte presencia de reclutas de atún aleta amarilla.

Para corroborar los patrones citados en el párrafo anterior, se analizaron diferentes modelos de función discriminante cuadrática. Estos fueron definidos de acuerdo a los grupos de elementos de la fauna de acompañamiento identificados (ver tabla 8). Los modelos fueron aplicados a 7 diferentes factores que fueron: 1. zona; 2. año de observación; 3. trimestre; 4. Clase de objeto flotante, OF (OF de origen terrestre; OF de origen marino; OF de origen antropogénico; y Dispositivos para agregar peces, DAP); 5. Tronco (noDAP) o DAP; 6. zona-trimestre; 7. zona-año. Obsérvese que los factores (1), (4) y (5) están fuertemente relacionados, ya que las zonas fueron propuestas con respecto a la presencia de las diferentes clases de objetos flotantes. Las variables explicativas son las relacionadas con las abundancia de la especie (definidas sobre un lance de pesca): 1) El número de individuos por lance; y 2) El número de individuos con respecto a la captura principal (N/C). Estos índices fueron transformados a logaritmo con base 10, debido a que se observó, en algunas especies, la existencia de valores con comportamiento diferente al conjunto mayor de datos.

En cada modelo se probaron ocho diferentes estructuras de matriz de varianzas y covarianzas, de las cuales se escogió aquella que mostró el mejor ajuste a los datos (ver tabla 1). De acuerdo al criterio de la prueba de razón de verosimilitud, en la mayoría de los casos el modelo que mejor se ajustó a los datos fue el basado en la estructura de varianzas y covarianzas heteroscedástica. El enfoque de escoger el modelo en este trabajo no es el clásico, sino más bien fue el de analizar diversas estructuras suponiendo que algunas de las cuales pudieran ajustarse mejor a los datos. Contrariamente, el enfoque clásico del Análisis de la Función Discriminante es el de tratar de ajustar los datos a los requerimientos del modelo, ya sea por medio de transformaciones o por medio de la eliminación de algunos valores de la serie. Los supuestos que más comúnmente se violan en este método son: 1) la multicolinealidad; 2) el supuesto de una cierta estructura de las varianzas (por ejemplo, la homoscedasticidad); 3) la multinormalidad; y 4) la presencia de valores influyentes. La potencia del método se basa en el cumplimiento de estos supuestos. En cuanto a los últimos dos supuestos, la transformación permitió disminuir la influencia de los valores aberrantes, así como incrementar la verosimilitud de que la estructura de frecuencias de los datos multivariados sea asintótica a una función de distribución probabilística multinormal. Para el problema de multicolinealidad, referido a la presencia de dependencia lineal entre algunas de las variables predictoras, el enfoque fue la eliminación de aquellos modelos que presentaban dicho problema. El supuesto con que se trabajó en esta etapa fue el suponer alguna estructura de varianzas y covarianzas. En este sentido, en lugar de suponer uno o dos posibles estructuras (lo más común es suponer homoscedasticidad o heteroscedasticidad), se probaron ocho, las más comunes.

La estructura escogida fue aquella que mostró diferencias significativas con la menos compleja (por ejemplo, el modelo nulo), a través de la prueba de razón de verosimilitud. Obsérvese que las pruebas se realizaron del modelo más complejo (heteroscedástico) al más simple, el esférico (considerado como el modelo nulo). Con esto se escogieron los modelos que se listan en las tablas 9 y 10. Con la transformación a logaritmos, eliminando aquellos modelos donde se registra multicolinealidad y escogiendo una estructura de varianzas y covarianzas con base al comportamiento de los datos, los resultados de los modelos escogidos son más verosímiles.

Las zonas de clasificación se definieron con base a la presencia de algún tipo de objeto flotante. En la zona costera y la oceánica del norte (ver figura 1) dominan la presencia de objetos flotantes naturales terrestres. En estas zonas se observa que en la fauna de acompañamiento el grupo tiburón sedoso* (*C. falciformis* y *C. limbatus*) y sus reclutas son muy importantes. Asimismo, los reclutas de atún aleta amarilla (*T. albacares*) y, en menor cantidad, el jurel y el salmonete, también son importantes. Sin embargo, en la zona oceánica sur lo más importante en la fauna de acompañamiento, en comparación con las otras dos zonas, son los reclutas de patudo (*T. obesus*). Las zonas oceánica norte y la costera están íntimamente ligadas por el flujo de las corrientes marinas que se desarrollan en la zona costera que transitan de sur a norte y, posteriormente, se encuentran con la Corriente Ecuatorial del Norte (Wirtky, 1965; Fiedler, *et al.*, 1992). Si en la zona costera se recibe una buena cantidad de objetos desde el continente estos serán retenidos en ella por un tiempo, a través de corrientes que forman ciclos en dirección norte - sur (García *et al.*, 1999) y, posteriormente, serán expulsados viajando primeramente hacia el norte y

posteriormente hacia el occidente alrededor de los 10° N. En este viaje se irán asociando diferentes especies que son más frecuentes en las zonas costeras y norte, como son los reclutas de atún aleta amarilla, los reclutas del grupo de tiburones sedoso*, etc.

La zona oceánica del sur, de acuerdo a la clasificación citada, depende de otra fuente principal de objetos flotantes: la pesca. Desde principios de los noventa se inició la "siembra" de dispositivos para agregar peces en la superficie de la región sur del Pacífico Oriental (Hall, *et al.*, 1999). Evidentemente esta "siembra" no se realiza cerca de la costa, sino más bien en zonas donde se sabe que la dirección de su viaje será gobernado por el giro anticiclónico del sur, buscando un patrón semejante al observado en la siembra de DAP's en el Atlántico occidental (Ariz, *et al.*, 1993). El grupo de organismos asociados con objetos flotantes que distingue a esta zona son los reclutas de patudo (*T. obesus*), aunque también se puede mencionar al tiburón punta blanca (*C. longimanus*).

De acuerdo con los párrafos precedentes se observa que existen dos zonas del Pacífico Oriental con una fauna asociada a los objetos flotantes bien diferenciada: una zona del norte, con una fuerte influencia de la costa y una zona sur. Esto coincide con lo observado por Litvinov (1990) quién distinguió patrones espaciales en comunidades pelágicas de elasmobranquios en un sentido norte y sur. Estas dos zonas tienen como frontera común la Contracorriente Ecuatorial, cuya posición, a su vez, esta influenciada por la zona de convergencia intertropical.

Probablemente el patrón espacial de los objetos flotantes y la fauna asociada cambie en un ciclo anual o por influencia de eventos a gran escala como el fenómeno El Niño - Oscilaciones del Sur (ENSO). En un patrón anual, la distribución de los objetos flotantes puede cambiar por efecto de las condiciones meteorológicas que ocurren en la costa americana (lluvias, aporte de agua dulce, etc.), por la dirección predominante del viento, por la presencia de huracanes, etc. Asimismo, el debilitamiento de los flujos de corriente en años donde se presenta el ENSO también repercute en los patrones de circulación de los objetos flotantes y, finalmente, en los patrones de la fauna asociada a ellos. Sin embargo, el efecto estacional o interanual no se observó en este trabajo.

Tabla 1. Modelos de Funciones Discriminantes (p = variables j , g = grupos i)

Modelo	Estructura de la matriz de Var-covarianza	Número de parámetros que se requieren estimar	Supuestos
Heteroscedástico	$\Sigma_i \neq \Sigma_j$	$\frac{g * p * (p + 1)}{2}$	- 1. Muestras independientes y aleatorias.
Correlación igual	$\Sigma_i = K_i \psi K_i$ donde: $K_i = \text{diag}(\sigma_{i1}, \dots, \sigma_{ip})$ ψ = Matriz de correlación común	$g * p + \frac{p * (p - 1)}{2}$	- Supuesto 1
Covarianzas proporcionales	$\Sigma_i = K_i^2 \Sigma$ K_i = constante de proporcionalidad (obsérvese que K es redundante en un grupo. Por tanto $K_i = 1$).	$(g - 1) + \frac{p * (p + 1)}{2}$	- Supuesto 1 - 2. Se supone que cada matriz de Var-cov es proporcional a una varianza común.
Componentes Principales Comunes.	$\Sigma_i = A \Lambda_i A$ $\Lambda_i = \text{diag}(\lambda_{i1}, \dots, \lambda_{ip})$ A = matriz de los componentes principales comunes.	$g * p + p * p$	- Supuesto 1
Grupo Esférico	$\Sigma_i = \text{diag}(\sigma_{i1}^2, \dots, \sigma_{ip}^2)$	$g * p$	- Supuesto 1 - 3. No existe covarianza entre las variables predictoras.
Esférico	$\Sigma_i = \Sigma = \text{diag}(\sigma_1^2, \dots, \sigma_p^2)$	p	- Supuesto 1 - Supuesto 3 - 4. Homoscedasticidad
Homoscedástico	$\Sigma_i = \Sigma$	$\frac{p * (p + 1)}{2}$	- Supuesto 1 - Supuesto 4

Tabla 3. Frecuencia relativa de captura de especies asociadas en lances sobre objetos flotantes, por trimestre, 1993-1997 (n = 14,569).

Grupos y Nombres Comunes	Nombre científico	TRIMESTRES			
		UNO	DOS	TRES	CUATRO
Marlines y Peces pico					
Marlín azul	<i>Makaira mazara</i>	0.08	0.11	0.12	0.13
Marlín negro	<i>M. indica</i>	0.07	0.08	0.09	0.10
Marlín rayado	<i>Tetrapturus audax</i>	0.02	0.03	0.03	0.02
Pez vela	<i>Istiophorus platypterus</i>	0.01	0.02	< 0.01	< 0.01
Pez espada	<i>Xiphias gladius</i>	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Marlín trompa corta	<i>T. angustirostris</i>	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Otros peces					
Dorado (mahi-mahi)	<i>Coryphaena spp.</i>	0.87	0.88	0.92	0.89
Peto (wahoo)	<i>Acanthocybium solandri</i>	0.65	0.68	0.82	0.83
Salmonete	<i>Elagatis bipinnulata</i>	0.11	0.19	0.19	0.22
Jurel (yellowtail)	<i>Seriola lalandi</i>	0.06	0.10	0.14	0.13
Balistidae (triggerfish)	Balistidae	0.16	0.35	0.45	0.48
Tiburones y rayas					
Tiburón punta blanca	<i>C. longimanus</i>	0.23	0.21	0.25	0.23
Tiburón martillo	<i>Sphyrna spp.</i>	0.07	0.07	0.06	0.08
Grupo tiburón sedoso	<i>C. falciformis</i> y <i>C. limbatus</i>	0.48	0.50	0.53	0.56
Rayas	<i>Dasyatis spp.</i>	0.04	0.03	0.02	0.02
Manta rayas	Mobulidae	0.01	0.02	0.02	0.01

Tabla 4. Tasas de captura de e Índice de Lloyd de las especies asociadas en lances sobre objetos flotantes, por trimestre, 1993-1997 (n = 14,569).

Grupos y Nombres Comunes	Nombre científico	Tasas de Captura		Índice de Lloyd	
		Q1	Q3	Q1	Q3
Reclutas					
Reclutas de atún aleta amarilla	<i>Thunnus albacares</i>	623.0	3721.0	3309.0	17190.0
Reclutas de patudo	<i>T. obesus</i>	958.4	4949.0	4670.0	20320.0
Reclutas de dorado	<i>Coryphaena spp.</i>	1.3	55.8	12.5	1225.0
Reclutas de peto o wahoo	<i>Acanthocybium solandri</i>	0.3	4.0	3.3	31.3
Reclutas del gpo t. sedoso	<i>C. falciformis y C. limbatus</i>	0.6	12.0	5.1	48.6
Marlines y Peces pico					
Marlín azul	<i>Makaira mazara</i>	0.3	0.8	1.6	4.0
Marlín negro	<i>M. indica</i>	0.2	0.7	1.2	3.5
Marlín rayado	<i>Tetrapturus audax</i>	0.1	0.5	1.1	3.2
Pez vela	<i>Istiophorus platypterus</i>	0.2	1.6	1.5	10.7
Pez espada	<i>Xiphias gladius</i>	0.1	0.3	1.1	2.2
Marlín trompa corta	<i>T. angustirostris</i>	0.1	0.3	1.2	3.3
Otros peces					
Dorado (mahi-mahi)	<i>Coryphaena spp.</i>	34.5	267.8	70.8	1215.0
Peto (wahoo)	<i>Acanthocybium solandri</i>	19.0	85.5	45.1	248.2
Salmonete	<i>Elagatis bipinnulata</i>	1.5	12.3	8.6	74.5
Jurel (yellowtail)	<i>Seriola lalandi</i>	1.1	11.0	9.0	66.1
Balistidae (triggerfish)	Balistidae	14.4	423.0	62.1	198.8
Tiburones y rayas					
Tiburón punta blanca	<i>C. longimanus</i>	0.8	3.9	3.5	15.3
Tiburón martillo	<i>Sphyrna spp.</i>	0.2	1.1	1.6	8.8
Grupo Tiburón sedoso	<i>C. falciformis y C. limbatus</i>	6.3	20.9	16.7	56.4
Rayas	<i>Dasyatis spp.</i>	0.1	0.4	1.1	2.5
Manta rayas	Mobulidae	0.1	0.5	1.1	3.4

Tabla 5. Porcentaje de tallas de individuos por especie en la captura sobre objetos flotantes, 1993 - 1997. (n = 14,569).

Grupos y Nombres Comunes	Nombre científico	Porcentaje de tallas en la captura			Número de peces en la muestra
		pequeños < 30 cm	medianos 30 - 60 cm	grandes > 60 cm	
Otros peces					
Dorado (mahi-mahi)	<i>Coryphaena spp.</i>	0.27	0.45	0.28	602,310
Peto (wahoo)	<i>Acanthocybium solandri</i>	0.18	0.32	0.50	278,680
Salmonete	<i>Elagatis bipinnulata</i>	0.16	0.55	0.29	19,928
Jurel (yellowtail)	<i>Seriola lalandi</i>	0.35	0.49	0.17	23,715
Tiburones y rayas					
		pequeños < 90 cm	medianos 90 - 150 cm	grandes > 150 cm	
Tiburón punta blanca	<i>C. longimanus</i>	0.11	0.49	0.38	20,385
Tiburón martillo	<i>Sphyrna spp.</i>	0.01	0.10	0.89	711
Grupo Tiburón sedoso	<i>C. falciformis</i> y <i>C. limbatus</i>	0.19	0.41	0.40	27,493
Manta rayas	Mobulidae	0.33	0.25	0.42	92

Tabla 6. Clasificación de especies asociadas con objetos flotantes.

Presencia*	Especies Muy frecuentes	Especies Frecuentes	Especies Ocasionales	Especies Raras
Tamaño del grupo**				
Especies en Grupos Grandes	Dorado	reclutas de AAA reclutas de patudo Balistidae		reclutas de dorado
Especies en Grupos Medianos	peto o wahoo	gpo tib sedoso	salmonete reclutas gpo tib sedoso jurel o "yellowtail"	reclutas de peto
Especies en Grupos pequeños o solitarias			tib. punta blanca marlín azul	m. negro m. rayado pez vela pez espada m. trompa corta tib. martillo Rayas Mantas

***Presencia:**

MUY FRECUENTES: Especies presentes en más del 50% de los lances

FRECUENTES: Especies presentes entre el 30 y el 50% de los lances.

OCASIONALES: Especies presentes entre el 10 y el 30% de los lances.

RARAS: Especies presentes en menos del 10% de los lances

****Tamaño del grupo**

GRANDES: Especies que presentan una tasa de captura mayor a 50 individuos en al menos el 25% de los lances y el índice de Lloyd es superior a 50, en la misma pr

MEDIANOS: Especies que presentan una tasa de captura superior a 5 individuos en al menos el 25% de los lances y el índice de Lloyd es superior a 10, en la misma pr

PEQUEÑOS: Especies que presentan una tasa de captura menor a 5 individuos en al menos el 25% de los lances y el índice de Lloyd es menor a 10, en la misma pr

Tabla 7. Estadísticas descriptivas de las capturas de atún por año y tipo de objeto flotante, en la muestra (1993-1997)

Año	OF	n	min	Q1	Mediana media	Q3	max	var	DS	EE	CV	
1993	OFTE	218	0.00	4.06	15.50	32.21	37.75	258.00	2034.86	45.11	3.06	0.09
	OFMA	22	0.15	7.25	54.62	64.69	91.40	258.00	4154.84	64.46	13.74	0.21
	OFA	154	0.00	8.40	33.00	45.67	66.00	300.00	2582.42	50.82	4.09	0.09
	FAD	353	0.00	10.00	25.30	42.24	52.00	325.00	2517.36	50.17	2.67	0.06
1994	OFTE	419	0.00	0.00	0.00	14.66	10.00	245.60	1171.43	34.23	1.67	0.11
	OFMA	98	0.01	11.00	38.60	62.15	85.78	350.00	4745.88	68.89	6.96	0.11
	OFA	254	0.00	13.00	29.75	53.92	75.75	301.00	3689.74	60.74	3.81	0.07
	FAD	1247	0.00	13.00	30.00	43.42	57.00	318.00	2016.18	44.90	1.27	0.03
1995	OFTE	195	0.00	6.00	20.00	36.39	46.00	220.00	1952.67	44.19	3.16	0.09
	OFMA	80	0.01	10.00	32.50	49.28	66.00	237.00	2864.47	53.52	5.98	0.12
	OFA	224	0.00	6.88	23.50	43.73	55.00	300.00	3026.90	55.02	3.68	0.08
	FAD	2436	0.00	15.00	33.00	49.27	66.00	400.00	2477.50	49.77	1.01	0.02
1996	OFTE	126	0.00	4.00	17.00	33.65	48.75	215.00	1718.23	41.45	3.69	0.11
	OFMA	101	0.02	7.00	25.10	42.94	65.00	276.00	2426.85	49.26	4.90	0.11
	OFA	207	0.00	6.53	21.00	40.66	60.00	275.00	2120.30	46.05	3.20	0.08
	FAD	3276	0.00	13.00	33.00	49.27	65.00	420.00	2844.99	53.34	0.93	0.02
1997	OFTE	197	0.00	7.00	25.00	34.04	44.00	176.00	1383.41	37.19	2.65	0.08
	OFMA	76	0.00	6.00	23.25	40.40	53.50	297.00	2732.28	52.27	6.00	0.15
	OFA	313	0.00	12.70	30.20	48.33	62.00	370.00	2784.49	52.77	2.98	0.06
	FAD	4470	0.00	13.00	30.00	44.80	60.00	363.00	2180.99	46.70	0.70	0.02

Tabla 8. Modelos para funciones discriminantes (estos modelos fueron ajustados suponiendo diferentes estructuras de matrices de varianzas-covarianzas y para las dos variables de presencia -número de individuos y el número de individuos con respecto a la captura principal)

Modelo	Especies Involucradas	Modelo	Especies Involucradas
Modelos 1 (especies raras)	marlín negro, m. rayado, pez vela, pez espada, m trompa corta, reclutas de dorado, tiburón martillo, rayas, mantas, reclutas de peto	Modelos 9 especies raras + especies ocasionales	marlín negro, m. rayado, pez vela, pez espada, m trompa corta, reclutas de dorado, tiburón martillo, rayas, mantas, reclutas de peto, tiburón punta blanca, salmonete, reclutas gpo tiburón sedoso jurel, marlín azul
Modelos 2 (especies ocasionales)	salmonete, reclutas gpo tiburón sedoso jurel, tiburón punta blanca, marlín azul	Modelos 10 especies raras + especies ocasionales + especies frecuentes	marlín negro, m. rayado, pez vela, pez espada, m trompa corta, tiburón martillo, rayas, mantas, tiburón punta blanca salmonete, reclutas gpo tiburón sedoso jurel, marlín azul, rAAA, rec patudo, Balistidae, gpo tib sedoso
Modelos 3 (especies frecuentes)	reclutas de atún aleta amarilla (rAAA), reclutas de patudo, Balistidae, gpo tiburón sedoso.	Modelos 11 especies raras + especies ocasionales + especies frecuentes + especies muy frecuentes (no se consideran los reclutas de peto y los reclutas de dorado)	marlín negro, m. rayado, pez vela, pez espada, m trompa corta, tiburón martillo, rayas, mantas, tiburón punta blanca salmonete, reclutas gpo tiburón sedoso jurel, marlín azul, rAAA, rec patudo, Balistidae, gpo tib sedoso, dorado, peto
Modelos 4 (especies muy frecuentes)	dorado, peto (wahoo)	Modelos 12 especies raras + especies ocasionales + especies frecuentes + especies muy frecuentes	marlín negro, m. rayado, pez vela, pez espada, m trompa corta, tiburón martillo, rayas, mantas, tiburón punta blanca salmonete, reclutas gpo tiburón sedoso jurel, marlín azul, rAAA, rec patudo, Balistidae, gpo tib sedoso, dorado, peto, rec de peto, rec de dorado
Modelos 5 (especies de grupos grandes)	dorado, rAAA, reclutas de patudo, Balistidae, reclutas de dorado.		
Modelos 6 (especies de grupos medianos)	gpo tiburón sedoso, salmonete, reclutas gpo de tiburón sedoso, jurel, reclutas de peto		
Modelos 7 (especies de grupos pequeños)	marlín negro, m. rayado, pez vela, pez espada, m trompa corta, reclutas de dorado, tiburón martillo, rayas, mantas, reclutas de peto, m azul, tib pta blanca		
Modelos 8 (especies reclutas)	rAAA, rec de patudo, rec de peto, rec de dorado		

Tabla 9. Estructuras de la matriz de varianzas y covarianzas escogidas por clase de modelo y factor (número de organismos)

Modelo (clase)	Factor	Estructura de la Matriz de Varianza-Covarianza escogida**	Valor de la Razón de Verosimilitud R	P	Modelo (clase)	Factor	Estructura de la Matriz de Varianza-Covarianza escogida	Valor de la Razón de Verosimilitud R	P
Modelo 1	Zona (z)	Multicolinealidad	***	***	Modelo 7	Zona (z)	Multicolinealidad	***	***
	Año (a)	Multicolinealidad	***	***		Año (a)	Igual correlación	11098	0.0E+00
	Trimestre (t)	Multicolinealidad	***	***		Trimestre (t)	Heteroscedástico	144.05	1.0E-02
	Dap - noDap	Multicolinealidad	***	***		Dap - noDap	Igual correlación		0.0E+00
	Objeto Flotante	Multicolinealidad	***	***		Objeto Flotante	Multicolinealidad	***	***
	zt	Multicolinealidad	***	***		zt	Multicolinealidad	***	***
za	Multicolinealidad	***	***	za	Multicolinealidad	***	***		
Modelo 2	Zona (z)	Heteroscedástico	188.3	0.0E+00	Modelo 8	Zona (z)	Heteroscedástico	246.6	0.0E+00
	Año (a)	Heteroscedástico	417.8	0.0E+00		Año (a)	Heteroscedástico	237.5	0.0E+00
	Trimestre (t)	Heteroscedástico	196.9	0.0E+00		Trimestre (t)	Heteroscedástico	132.6	7.7E-15
	Dap - noDap	Heteroscedástico	56.0	1.2E-06		Dap - noDap	Heteroscedástico	71.95	1.9E-11
	Objeto Flotante	Heteroscedástico	121.3	5.5E-09		Objeto Flotante	Heteroscedástico	102.2	8.4E-10
	zt	Heteroscedástico	713.4	0.0E+00		zt	Heteroscedástico	571.4	0.0E+00
za	Heteroscedástico	787.4	0.0E+00	za	Heteroscedástico	726.4	0.0E+00		
Modelo 3	Zona (z)	Heteroscedástico	180.3	0.0E+00	Modelo 9	Zona (z)	Multicolinealidad	***	***
	Año (a)	Heteroscedástico	237.4	0.0E+00		Año (a)	Heteroscedástico	579.8	0.0E+00
	Trimestre (t)	Heteroscedástico	88.1	3.2E-11		Trimestre (t)	Heteroscedástico	922.4	0.0E+00
	Dap - noDap	Heteroscedástico	22.3	1.0E-03		Dap - noDap	Heteroscedástico	191.9	3.0E-09
	Objeto Flotante	Heteroscedástico	48.8	1.0E-04		Objeto Flotante	Multicolinealidad	***	***
	zt	Heteroscedástico	370.5	0.0E+00		zt	Multicolinealidad	***	***
za	Heteroscedástico	505.5	0.0E+00	za	Multicolinealidad	***	***		
Modelo 4	Zona (z)	Heteroscedástico	124.6	0.0E+00	Modelo 10	Zona (z)	Multicolinealidad	***	***
	Año (a)	Heteroscedástico	47.5	1.2E-09		Año (a)	Heteroscedástico	2138.9	0.0E+00
	Trimestre (t)	Heteroscedástico	126.6	0.0E+00		Trimestre (t)	Heteroscedástico	1475.9	0.0E+00
	Dap - noDap	Heteroscedástico	18.2	2.0E-05		Dap - noDap	Heteroscedástico	561.7	0.0E+00
	Objeto Flotante	Igual correlación	27.0	6.0E-06		Objeto Flotante	Multicolinealidad	***	***
	zt	Heteroscedástico	242.7	0.0E+00		zt	Multicolinealidad	***	***
za	Heteroscedástico	142.7	0.0E+00	za	Multicolinealidad	***	***		
Modelo 5	Zona (z)	Heteroscedástico	433.7	0.0E+00	Modelo 11	Zona (z)	Multicolinealidad	***	***
	Año (a)	Heteroscedástico	447.2	0.0E+00		Año (a)	Heteroscedástico	2685.2	0.0E+00
	Trimestre (t)	Heteroscedástico	607.5	0.0E+00		Trimestre (t)	Heteroscedástico	2320.8	0.0E+00
	Dap - noDap	Heteroscedástico	128.7	0.0E+00		Dap - noDap	Heteroscedástico	769.2	0.0E+00
	Objeto Flotante	Heteroscedástico	220.7	0.0E+00		Objeto Flotante	Multicolinealidad	***	***
	zt	Heteroscedástico	1264.5	0.0E+00		zt	Multicolinealidad	***	***
za	Heteroscedástico	1079.5	0.0E+00	za	Multicolinealidad	***	***		
Modelo 6	Zona (z)	Heteroscedástico	675.0	0.0E+00	Modelo 12	Zona (z)	Multicolinealidad	***	***
	Año (a)	Heteroscedástico	403.0	0.0E+00		Año (a)	Heteroscedástico	3220.3	0.0E+00
	Trimestre (t)	Heteroscedástico	285.6	0.0E+00		Trimestre (t)	Heteroscedástico	2657.3	0.0E+00
	Dap - noDap	Heteroscedástico	208.9	0.0E+00		Dap - noDap	Heteroscedástico	872.2	0.0E+00
	Objeto Flotante	Heteroscedástico	259.8	0.0E+00		Objeto Flotante	Multicolinealidad	***	***
	zt	Heteroscedástico	1313.2	0.0E+00		zt	Multicolinealidad	***	***
za	Heteroscedástico	1274.2	0.0E+00	za	Multicolinealidad	***	***		

** Multicolinealidad: Este problema se presenta cuando dos o más variables predictoras involucradas en el modelo son linealmente dependientes.

Tabla 10. Estructuras de las matrices de varianzas y covarianzas escogidas por clase de modelo y factor (N/C)

Modelo (clase)	Factor	Estructura de la Matriz de Varianza-Covarianza escogida**	Valor de la Razón de Verosimilitud R	P	Modelo (clase)	Factor	Estructura de la Matriz de Varianza-Covarianza escogida	Valor de la Razón de Verosimilitud R	P
Modelo 1	Zona (z)	Multicolinealidad	***	***	Modelo 7	Zona (z)	Heteroscedástico	114.5	3.0E-15
	Año (a)	Multicolinealidad	***	***		Año (a)	Heteroscedástico	359.7	0.0E+00
	Trimestre (t)	Heteroscedástico	727.29	0.0E+00		Trimestre (t)	Heteroscedástico	332.6	0.0E+00
	Dap - noDap	Heteroscedástico	165.57	0.0E+00		Dap - noDap	Heteroscedástico	51.5	1.0E-07
	Objeto Flotante	Multicolinealidad	***	***		Objeto Flotante	Heteroscedástico	115.1	7.0E-12
	zt	Multicolinealidad	***	***		zt	Multicolinealidad	***	***
	za	Multicolinealidad	***	***		za	Multicolinealidad	***	***
Modelo 2	Zona (z)	Heteroscedástico	291.4	0.0E+00	Modelo 8	Zona (z)	Multicolinealidad	***	***
	Año (a)	Covarianza proporcional	1207.9	0.0E+00		Año (a)	Multicolinealidad	***	***
	Trimestre (t)	Heteroscedástico	337.2	0.0E+00		Trimestre (t)	Multicolinealidad	***	***
	Dap - noDap	Heteroscedástico	136.3	0.0E+00		Dap - noDap	Multicolinealidad	***	***
	Objeto Flotante	Heteroscedástico	531.3	0.0E+00		Objeto Flotante	Multicolinealidad	***	***
	zt	Heteroscedástico	1696.0	0.0E+00		zt	Multicolinealidad	***	***
	za	Heteroscedástico	992.0	0.0E+00		za	Multicolinealidad	***	***
Modelo 3	Zona (z)	Heteroscedástico	154.1		Modelo 9	Zona (z)	Multicolinealidad	***	***
	Año (a)	Igual correlación	66	2.00E-12		Año (a)	Multicolinealidad	***	***
	Trimestre (t)	Heteroscedástico	69.5	5.0E-08		Trimestre (t)	Heteroscedástico	2932.9	0.0E+00
	Dap - noDap	Igual correlación	96.2	0.0E+00		Dap - noDap	Heteroscedástico	649.7	0.0E+00
	Objeto Flotante	Multicolinealidad	***	***		Objeto Flotante	Multicolinealidad	***	***
	zt	Heteroscedástico	124.7	0.0E+00		zt	Multicolinealidad	***	***
	za	Heteroscedástico	210.8	2.0E-15		za	Multicolinealidad	***	***
Modelo 4	Zona (z)	Covarianza proporcional	8.2	2.0E-02	Modelo 10	Zona (z)	Heteroscedástico	2626.2	0.0E+00
	Año (a)	Igual correlación	12.7	1.0E-02		Año (a)	Multicolinealidad	***	***
	Trimestre (t)	Heteroscedástico	33.4	3.0E-07		Trimestre (t)	Heteroscedástico	37888.0	0.0E+00
	Dap - noDap	Grupos esféricos	5244.6	0.0E+00		Dap - noDap	Heteroscedástico	831.0	0.0E+00
	Objeto Flotante	Igual correlación	12.0	7.0E-04		Objeto Flotante	Multicolinealidad	***	***
	zt	Igual correlación	206.7	0.0E+00		zt	Multicolinealidad	***	***
	za	Igual correlación	43.1	1.0E-05		za	Multicolinealidad	***	***
Modelo 5	Zona (z)	Multicolinealidad	***	***	Modelo 11	Zona (z)	Heteroscedástico	2863.5	0
	Año (a)	Multicolinealidad	***	***		Año (a)	Multicolinealidad	***	***
	Trimestre (t)	Multicolinealidad	***	***		Trimestre (t)	Heteroscedástico	4442.9	0.0E+00
	Dap - noDap	Multicolinealidad	***	***		Dap - noDap	Heteroscedástico	967.0	0.0E+00
	Objeto Flotante	Multicolinealidad	***	***		Objeto Flotante	Multicolinealidad	***	***
	zt	Multicolinealidad	***	***		zt	Multicolinealidad	***	***
	za	Multicolinealidad	***	***		za	Multicolinealidad	***	***
Modelo 6	Zona (z)	Multicolinealidad	***	***	Modelo 12	Zona (z)	Heteroscedástico	3175.3	0.0E+00
	Año (a)	Multicolinealidad	***	***		Año (a)	Multicolinealidad	***	***
	Trimestre (t)	Multicolinealidad	***	***		Trimestre (t)	Heteroscedástico	5154.8	0.0E+00
	Dap - noDap	Multicolinealidad	***	***		Dap - noDap	Heteroscedástico	1139.1	0.0E+00
	Objeto Flotante	Multicolinealidad	***	***		Objeto Flotante	Multicolinealidad	***	***
	zt	Multicolinealidad	***	***		zt	Multicolinealidad	***	***
	za	Multicolinealidad	***	***		za	Multicolinealidad	***	***

** Multicolinealidad: Este problema se presenta cuando dos o más variables predictoras involucradas en el modelo son linealmente dependientes.

Tabla 11. Modelo de discriminante cuadrático escogido para clasificar zonas

Tamaño de muestra		
Zonas	muestra	Prob a priori
1	3440	0.24
2	1101	0.08
3	10028	0.69

Centroides							
Zonas	gpo t sedoso	rec gpo t sedoso	rec patudo	rec AAA	t pta blanca	jurel	salmonete
1	0.66	0.26	0.84	1.65	0.08	0.20	0.39
2	1.05	0.65	0.74	1.52	0.22	0.41	0.33
3	0.62	0.10	1.33	0.96	0.23	0.10	0.17

Constantes por zona		
zona1	zona2	zona3
0.23	-2.71	2.27

Coeficientes Lineales							
Zonas	gpo t sedoso	rec gpo t sedoso	rec patudo	rec AAA	t pta blanca	jurel	salmonete
1	1.06	-0.27	0.31	0.40	1.16	0.32	0.31
2	1.40	-0.36	0.22	0.27	0.98	0.22	0.18
3	1.51	-0.44	0.27	0.26	1.23	0.29	0.13

Coeficientes Cuadráticos							
Zonas	gpo t sedoso	rec gpo t sedoso	rec patudo	rec AAA	t pta blanca	jurel	salmonete
1	-1.72	-2.57	-0.23	-0.17	-7.45	-1.80	-1.10
2	-1.46	-1.35	-0.24	-0.17	-2.26	-0.76	-1.05
3	-1.68	-5.67	-0.18	-0.22	-3.03	-4.06	-2.79

Tabla de Validación Cruzada					
Zonas	1	2	3	Error anterior	Error posterior
1	975	248	2217	0.72	0.53
2	236	317	548	0.71	0.35
3	979	315	8734	0.13	0.00
Error global				0.31	0.15

Intervalos de Confianza Simultáneos usando del método de Sidak		
Grupo 1 vs 2	Estimación	Error estándar
gpo t sedoso**	-0.39	0.03
rec t gpo sedoso**	-0.40	0.03
rec patudo	0.09	0.05
rec AAA	0.13	0.06
t pta blanca	-0.14	0.02
jurel**	-0.21	0.03
salmonete**	0.06	0.03

Grupo 1 vs 3	Estimación	Error estándar
gpo t sedoso**	0.04	0.01
rec t gpo sedoso**	0.16	0.01
rec patudo**	-0.49	0.03
rec AAA**	0.69	0.03
t pta blanca**	-0.16	0.01
jurel**	0.10	0.01
salmonete**	0.22	0.01

Grupo 2 vs 3	Estimación	Error estándar
gpo t sedoso**	0.43	0.03
rec gpo t sedoso**	0.55	0.03
rec patudo**	-0.58	0.05
rec AAA**	0.55	0.06
t pta blanca	-0.01	0.02
jurel**	0.31	0.03
salmonete**	0.16	0.02

** altamente significativos (P < 0.01)

gpo t sedoso = gpo tiburón sedoso (*C. falciiformis* y *C. limbatus*)

rec gpo t sedoso = reclutas del gpo tiburón sedoso

rec patudo = reclutas de patudo (*T. obesus*)

rec AAA = reclutas de atún aleta amarilla (*T. albacares*)

t pta blanca = tiburón punta blanca (*C. longimanus*)

jurel = yellowtail (*Seriola lalandi*)

salmonete = rainbow runner (*Elagatis bipinulata*)

Tabla 12. Modelo de discriminante cuadrático escogido para clasificar objetos flotantes

Tamaño de muestra

OBJETOS	muestra	Prob a priori
OFTE	1157	0.08
OFA	1154	0.08
DAP	11881	0.84

Centroides

OBJETOS	gpo t sedoso	rec gpo t sedoso	rec patudo	salmonete
OFTE	0.81	0.36	0.23	0.37
OFA	0.71	0.30	0.48	0.22
DAP	0.65	0.15	1.35	0.23

Constantes por zona

OFTE	OFA	DAP
-1.81	-1.76	0.69

Coefficientes Lineales

OBJETOS	gpo t sedoso	rec gpo t sedoso	rec patudo	salmonete
OFTE	1.37	-0.43	0.19	0.46
OFA	1.32	-0.41	0.27	0.32
DAP	1.57	-0.42	0.33	0.31

Coefficientes Cuadráticos

OBJETOS	gpo t sedoso	rec gpo t sedoso	rec patudo	salmonete
OFTE	-1.35	-1.76	-0.67	-0.94
OFA	-1.47	-2.04	-0.34	-1.42
DAP	-1.67	-3.64	-0.17	-1.97

Tabla de Validación Cruzada

OBJETOS	OFTE	OFA	DAP	Error anterior	Error posterior
OFTE	268	4	885	0.77	0.43
OFA	183	1	970	0.99	0.97
DAP	571	45	11265	0.05	0.03
Error global				0.19	0.14

Intervalos de Confianza Simultáneos usando del método de Sidak

OFTE vs OFA	Estimación	Error estándar
gpo t sedoso**	0.1	0.03
rec t gpo sedoso**	0.06	0.03
rec patudo**	-0.25	0.04
salmonete**	0.15	0.03

OFTE vs DAP	Estimación	Error estándar
gpo t sedoso**	0.16	0.02
rec t gpo sedoso**	0.21	0.02
rec patudo**	-1.13	0.03
salmonete**	0.14	0.02

** altamente significativos (P < 0.01)

OFA vs DAP	Estimación	Error estándar
gpo t sedoso**	0.06	0.02
rec t gpo sedoso**	0.15	0.02
rec patudo**	-0.87	0.04
salmonete	-0.01	0.02

gpo t sedoso = gpo tiburón sedoso (*C. falciformis* y *C. limbatus*)

rec gpo t sedoso = reclutas del gpo tiburón sedoso

rec patudo = reclutas de patudo (*T. obesus*)

salmonete = rainbow runner (*Elagatis bipinulata*)

Tabla 13. Modelo discriminante cuadrático escogido para clasificar dispositivos agregadores de peces

Tamaño de muestra

OBJETOS	muestra	Prob a priori
noDAP	2783	0.19
DAP	11786	0.81

Centroides

OBJETOS	gpo t sedoso	rec gpo t sedoso	rec patudo	pez vela	marlín negro	marlín rayado	salmonete
noDAP	0.72	0.30	0.35	0.02	0.05	0.03	0.26
DAP	0.65	0.15	1.36	0.00	0.05	0.01	0.23

Constantes por zona

noDAP	DAP
5.02	8.06

Coefficientes Lineales

OBJETOS	gpo t sedoso	rec gpo t sedoso	rec patudo	pez vela	marlín negro	marlín rayado	salmonete
noDAP	1.30	-0.47	0.25	1.54	1.23	1.21	0.35
DAP	1.54	-0.41	0.34	1.10	1.50	1.74	0.31

Coefficientes Cuadráticos

OBJETOS	gpo t sedoso	rec gpo t sedoso	rec patudo	pez vela	marlín negro	marlín rayado	salmonete
noDAP	-1.44	-2.04	-0.44	-34.19	-16.26	-29.70	-1.27
DAP	-1.67	-3.71	-0.17	-350.53	-17.19	-61.95	-1.97

Tabla de Validación Cruzada

OBJETOS	OFA	DAP	Error anterior	Error posterior
noDAP	493	2290	0.82	0.65
DAP	597	11189	0.05	0.00
Error global			0.2	0.05

Intervalos de Confianza Simultáneos usando del método de Sidak

noDAP vs DAP	Estimación	Error estándar
gpo t sedoso**	0.07	0.02
rec t gpo sedoso**	0.15	0.01
rec patudo**	-1.01	0.03
pez vela**	0.02	0.002
marlín negro	0	0.003
marlín rayado**	0.01	0.001
salmonete	0.03	0.01

** altamente significativos (P < 0.01)

gpo t sedoso = gpo tiburón sedoso (*C. falciformis* y *C. limbatus*)

rec gpo t sedoso = reclutas del gpo tiburón sedoso

rec patudo = reclutas de patudo (*T. obesus*)

pez vela = *Istiophorus platypterus*

marlín negro = *Makaira indica*

marlín rayado = *Tetrapturus audax*

salmonete = rainbow runner (*Elagatis bipinulata*)

Tabla 14. Ejemplos de clasificación de lances con respecto a una zona. Los valores se refieren a la probabilidad de clasificar un lance en una zona.

$$\tau(x_j) = \frac{\pi_i f_i(x_j)}{\sum_{k=1}^g \pi_k f_k(x_j)}$$

ZONAS	COSTERA zona1	OCEAN. NORTE zona2	OCEAN. SUR zona3
costera	0.68	0.25	0.07
costera	0.78	0.19	0.03
costera	0.63	0.37	0.00
costera	0.95	0.04	0.01
costera	0.96	0.03	0.01
costera	0.67	0.10	0.22
costera	0.90	0.09	0.01
costera	0.61	0.02	0.37
costera	0.75	0.08	0.17
costera	0.71	0.29	0.00
costera	0.97	0.03	0.00
costera	0.93	0.04	0.03
ocean sur	0.34	0.06	0.60
ocean sur	0.22	0.01	0.77
ocean sur	0.01	0.00	0.98
ocean sur	0.11	0.01	0.89
ocean sur	0.10	0.00	0.90
ocean sur	0.22	0.04	0.73
ocean sur	0.14	0.02	0.85
ocean sur	0.11	0.01	0.88
ocean sur	0.08	0.00	0.92
ocean sur	0.10	0.00	0.90
ocean norte	0.40	0.60	0.00
ocean norte	0.00	1.00	0.00
ocean norte	0.03	0.97	0.00
ocean norte	0.09	0.90	0.01
ocean norte	0.00	1.00	0.00
ocean norte	0.24	0.50	0.26
ocean norte	0.22	0.59	0.20
ocean norte	0.10	0.89	0.01

Tabla 15. Ejemplos de clasificación de lances con respecto al modelo para objetos flotantes. Los valores se refieren a la probabilidad de clasificar un lance en algún tipo de objeto flotante.

$$\tau(x_j) = \frac{\pi_i f_i(x_j)}{\sum_{k=1}^g \pi_k f_k(x_j)}$$

OBJETOS	OFTE	OFMA	OFART	DAP
terrestre	0.77	0.00	0.22	0.01
terrestre	0.97	0.00	0.01	0.02
terrestre	0.47	0.00	0.46	0.07
terrestre	0.79	0.00	0.05	0.15
terrestre	0.77	0.00	0.09	0.15
terrestre	1.00	0.00	0.00	0.00
terrestre	0.49	0.00	0.47	0.04
terrestre	0.81	0.00	0.08	0.11
terrestre	0.57	0.00	0.07	0.36
terrestre	0.95	0.00	0.03	0.02
terrestre	0.98	0.00	0.01	0.01
dap	0.00	0.00	0.01	0.99
dap	0.00	0.00	0.01	0.99
dap	0.06	0.13	0.06	0.75
dap	0.05	0.13	0.06	0.75
dap	0.09	0.11	0.07	0.73
dap	0.20	0.00	0.10	0.70
dap	0.05	0.13	0.06	0.75
dap	0.00	0.00	0.01	0.99
dap	0.05	0.13	0.06	0.75
dap	0.05	0.13	0.06	0.75
dap	0.05	0.13	0.06	0.75
dap	0.05	0.13	0.06	0.75
dap	0.05	0.13	0.06	0.75
artificial	0.32	0.00	0.34	0.34
artificial	0.32	0.00	0.34	0.34
artificial	0.40	0.00	0.40	0.20
artificial	0.40	0.00	0.40	0.20
artificial	0.32	0.00	0.34	0.34
artificial	0.32	0.00	0.34	0.34

Tabla 16. Ejemplos de clasificación de lances con respecto a un dispositivo agregador de peces. Los valores se refieren a la probabilidad de clasificar un lance en uno u otro grupo.

$$\tau(x_j) = \frac{\pi_i f_i(x_j)}{\sum_{k=1}^g \pi_k f_k(x_j)}$$

OBJETO	NoDAP	DAP
DAP	0.00	1.00
DAP	0.04	0.96
DAP	0.04	0.96
DAP	0.07	0.93
DAP	0.04	0.96
DAP	0.04	0.96
DAP	0.04	0.96
DAP	0.04	0.96
DAP	0.45	0.55
DAP	0.42	0.58
DAP	0.04	0.96
DAP	0.04	0.96
DAP	0.00	1.00
DAP	0.12	0.88
DAP	0.01	0.99
DAP	0.42	0.58
DAP	0.36	0.64
DAP	0.20	0.80
DAP	0.38	0.62
NoDAP	0.98	0.02
NoDAP	0.69	0.31
NoDAP	0.84	0.16
NoDAP	1.00	0.00
NoDAP	1.00	0.00
NoDAP	1.00	0.00
NoDAP	0.61	0.39
NoDAP	0.98	0.02
NoDAP	0.76	0.24
NoDAP	0.76	0.24

Fig 1. Zonas por tipos de Objetos Flotantes para el Océano Pacífico Oriental Tropical.

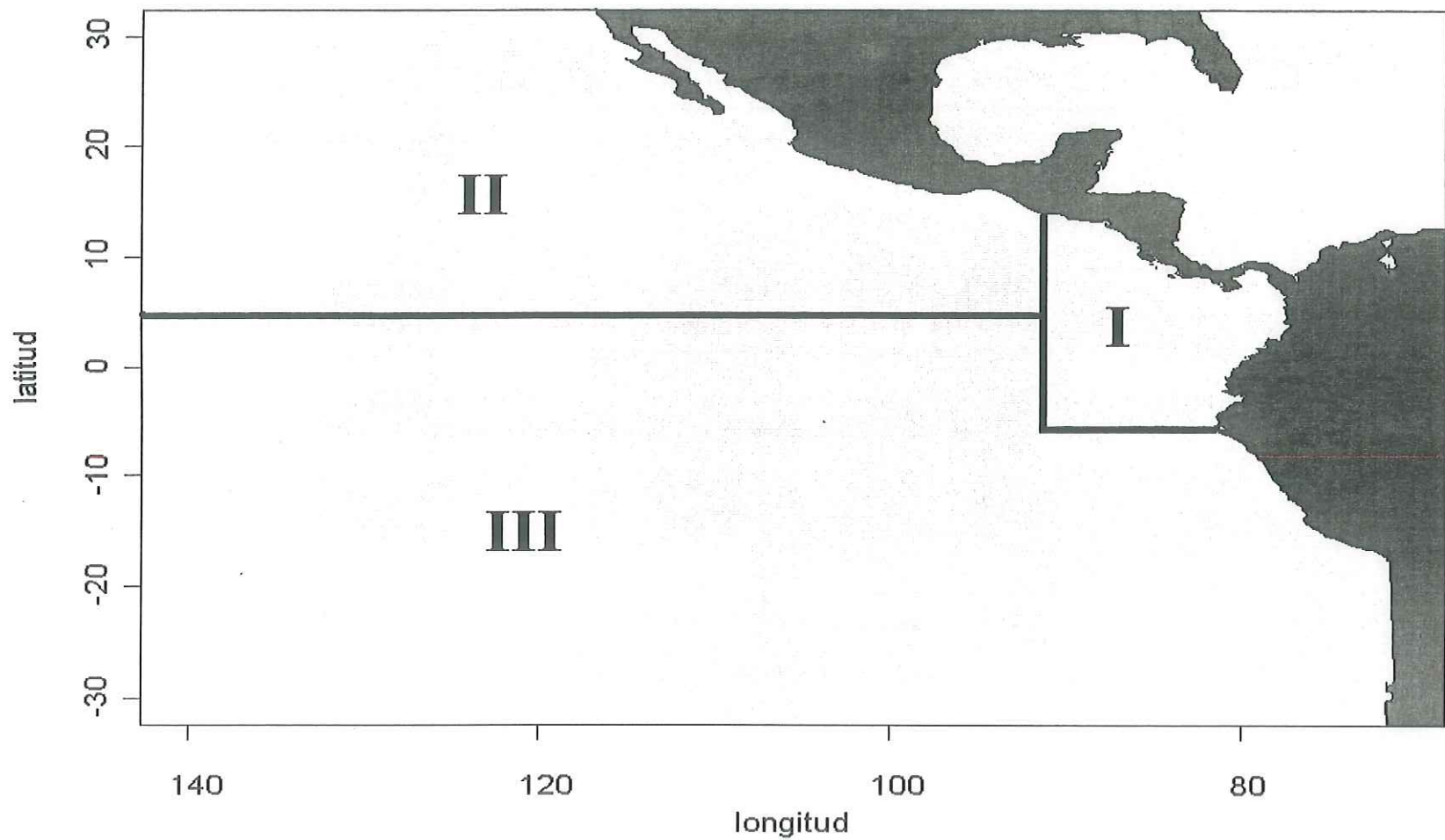


Fig 2. Porcentaje de individuos de dorado (*Coryphaena spp*) por clases de talla, por zona: a. zona 1, costera; b. zona 2, oceánica norte; c. zona 3, oceánica sur. (notas: 1. En el eje de las abscisas de las gráficas, los números se refieren al año - los primeros dos dígitos de izquierda a derecha - y el tercer número se refiere al trimestre)

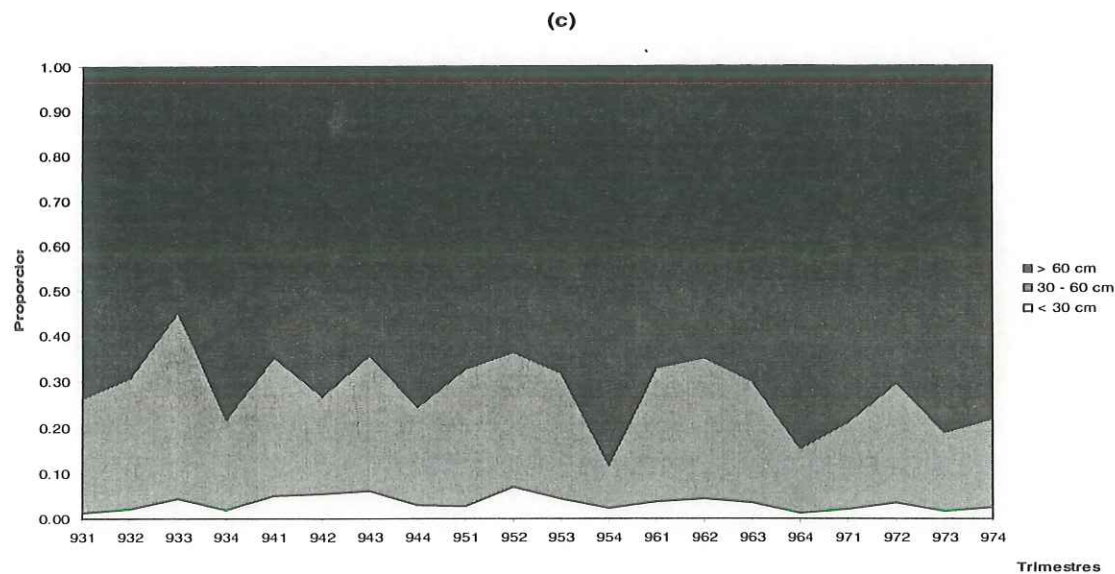
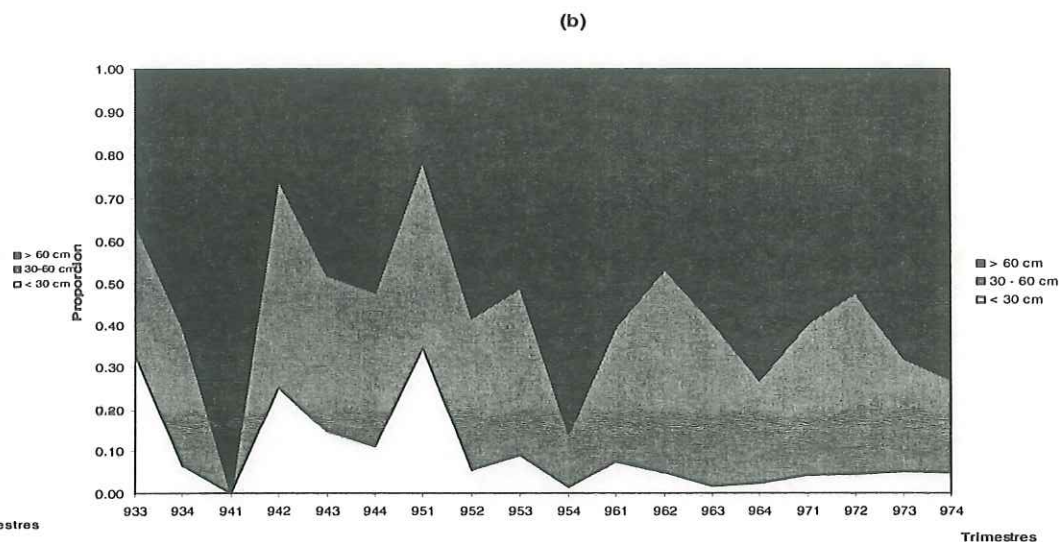
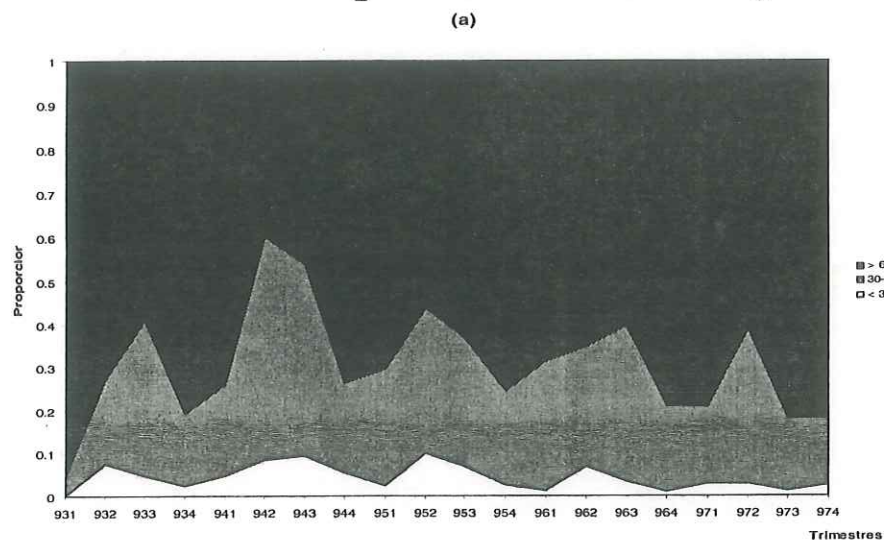
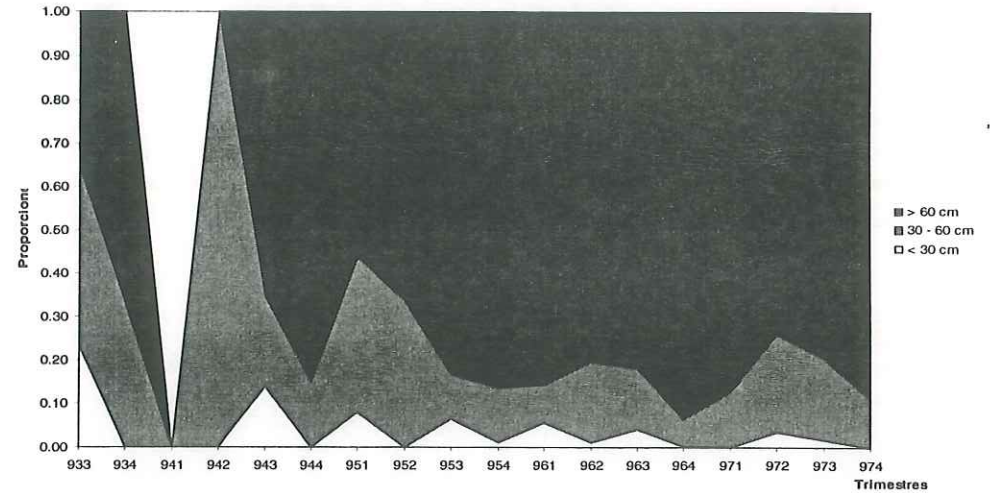
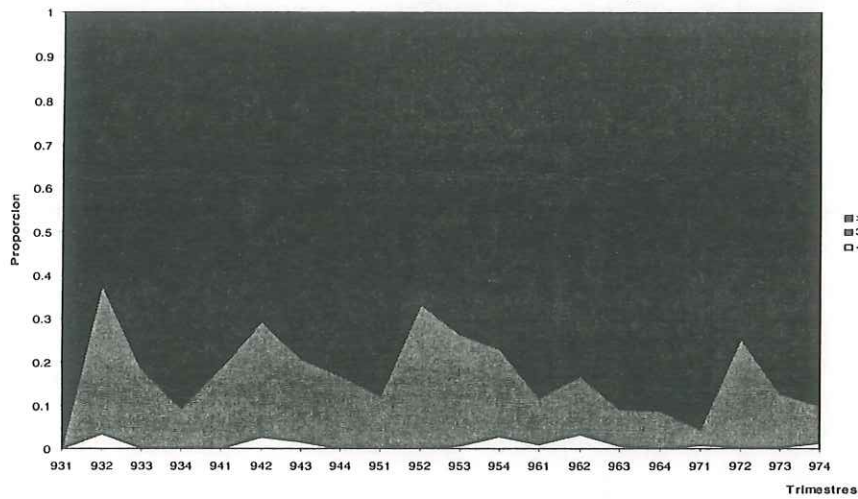


Fig 3. Porcentaje de individuos de peto (*Acanthocybium solandri*) por clases de talla, por zona: a. zona 1, costera; b. zona 2, oceánica norte; c. zona 3, oceánica sur. (notas: 1. En el eje de las abscisas de las gráficas, los números se refieren al año - los primeros dos dígitos de izquierda a derecha - y el tercer número se refiere al trimestre; 2. Obsérvese que esta especie no aparece durante el primer trimestre de 1994)



(c)

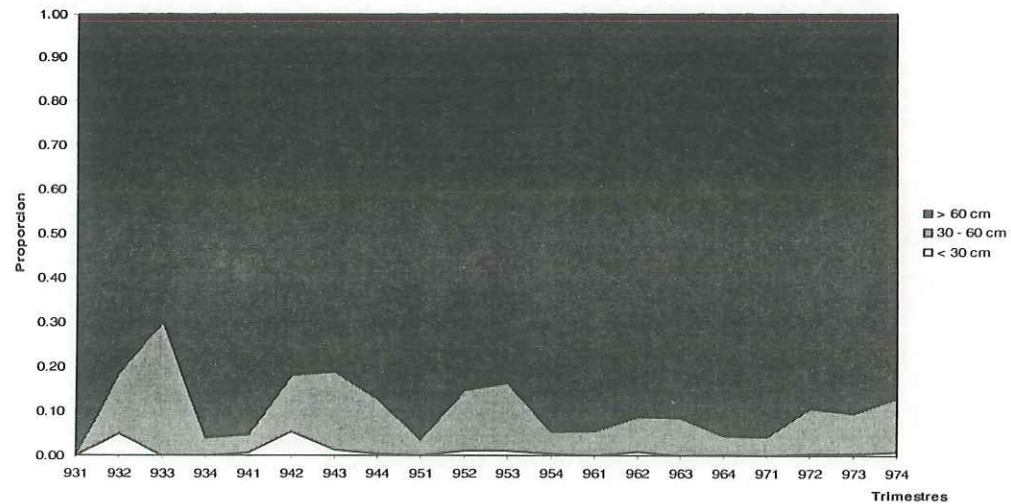


Fig 4. Porcentaje de individuos del grupo tiburón sedoso* (*C. falciformis* y *C. limbatus*) por clases de talla, por zona: a. zona 1, costera; b. zona 2, oceánica norte; c. zona 3. Oceánica sur. (notas: 1. En el eje de las abscisas de las gráficas, los números se refieren al año - los primeros dos dígitos de izquierda a derecha - y el tercer número se refiere al trimestre)

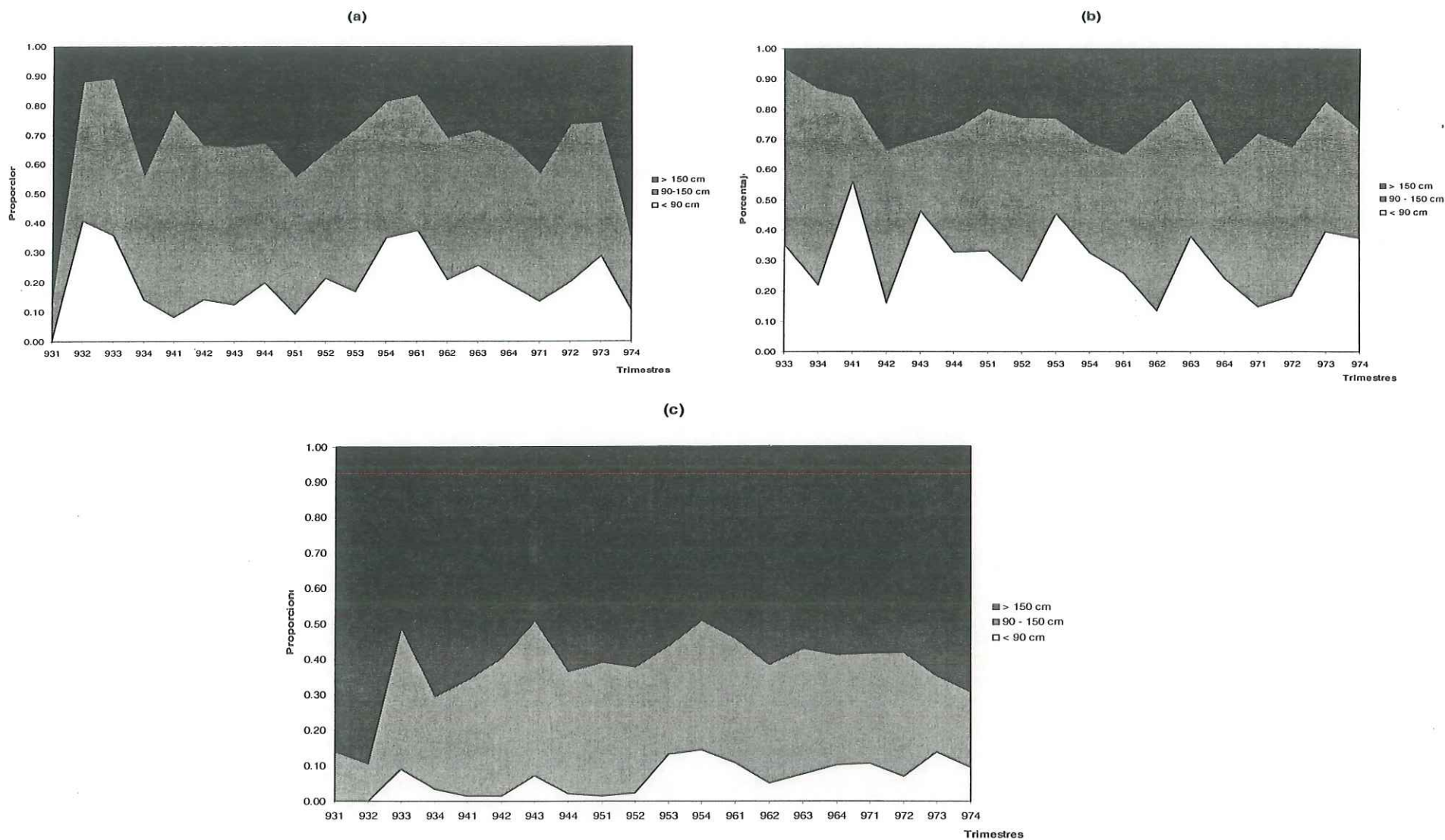


Fig 5.1. Tasas de captura de reclutas de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) durante 1993-1997. a: enero- marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

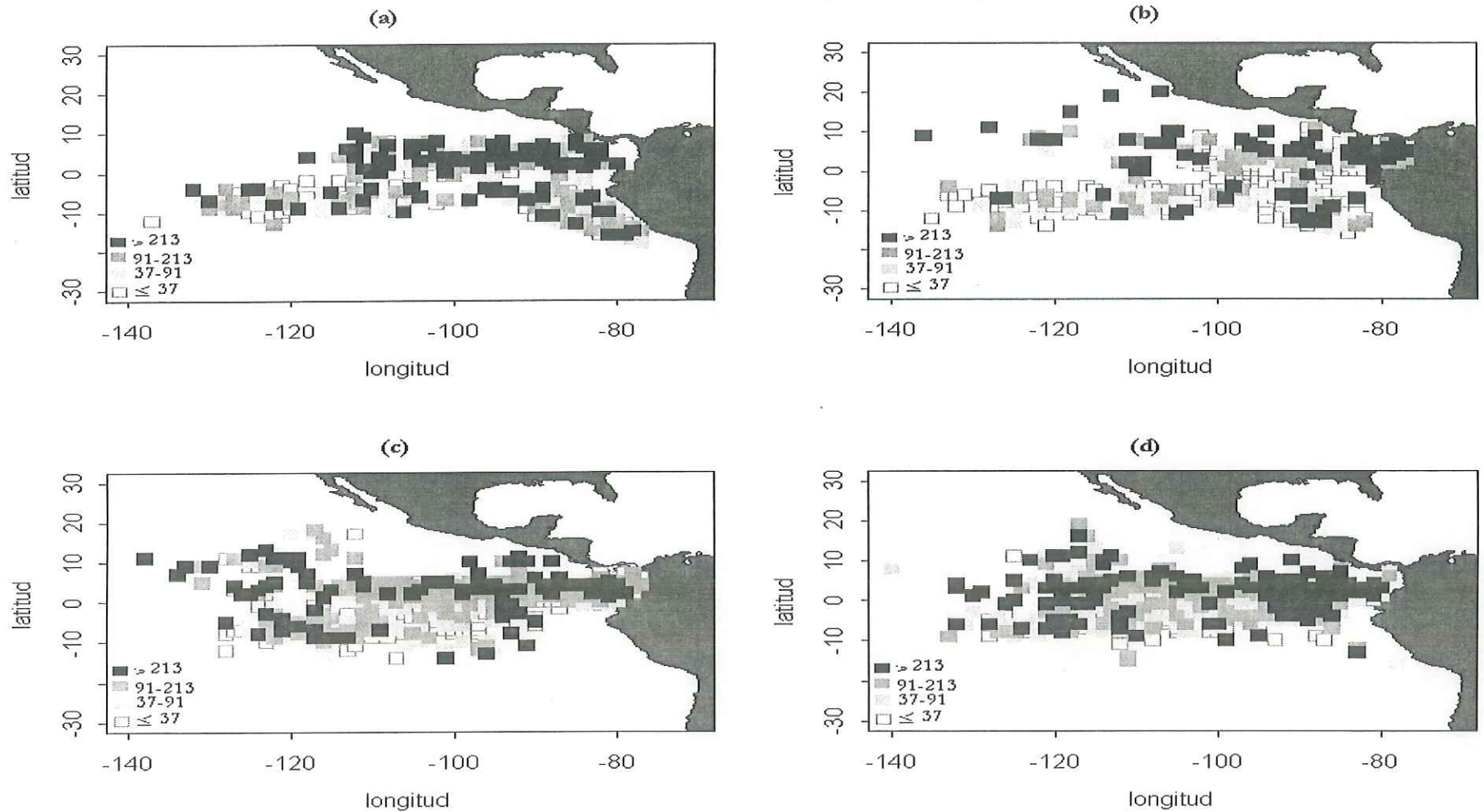
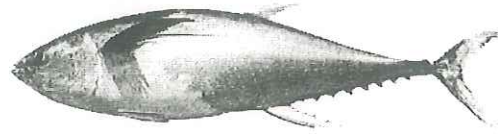


Fig 5.2. Número de individuos capturados de reclutas de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) con respecto a la captura principal, durante 1993-1997. a: enero- marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

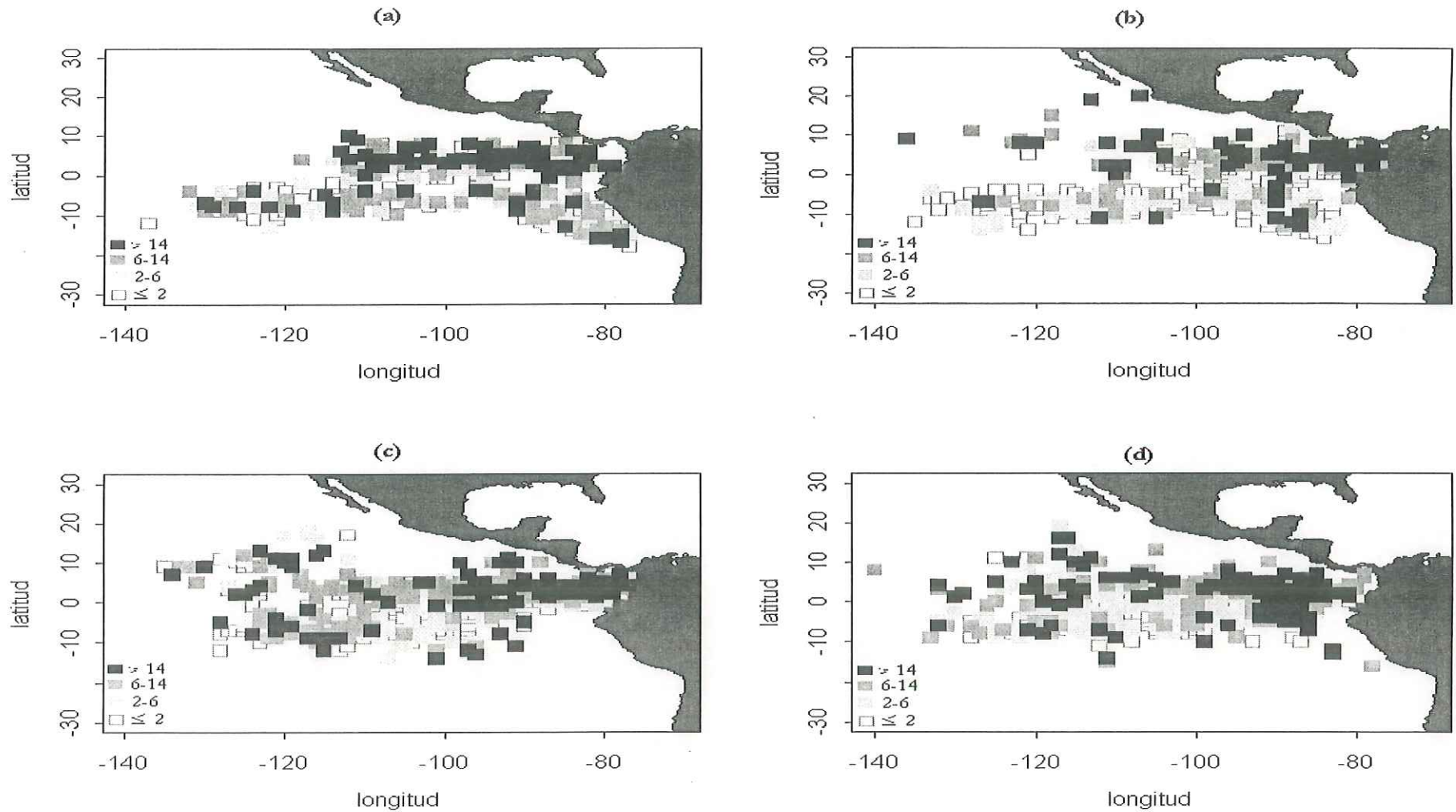


Fig 6.1. Tasas de captura de reclutas de atún patudo (*Thunnus obsesus*) durante 1993-1997. a: enero- marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

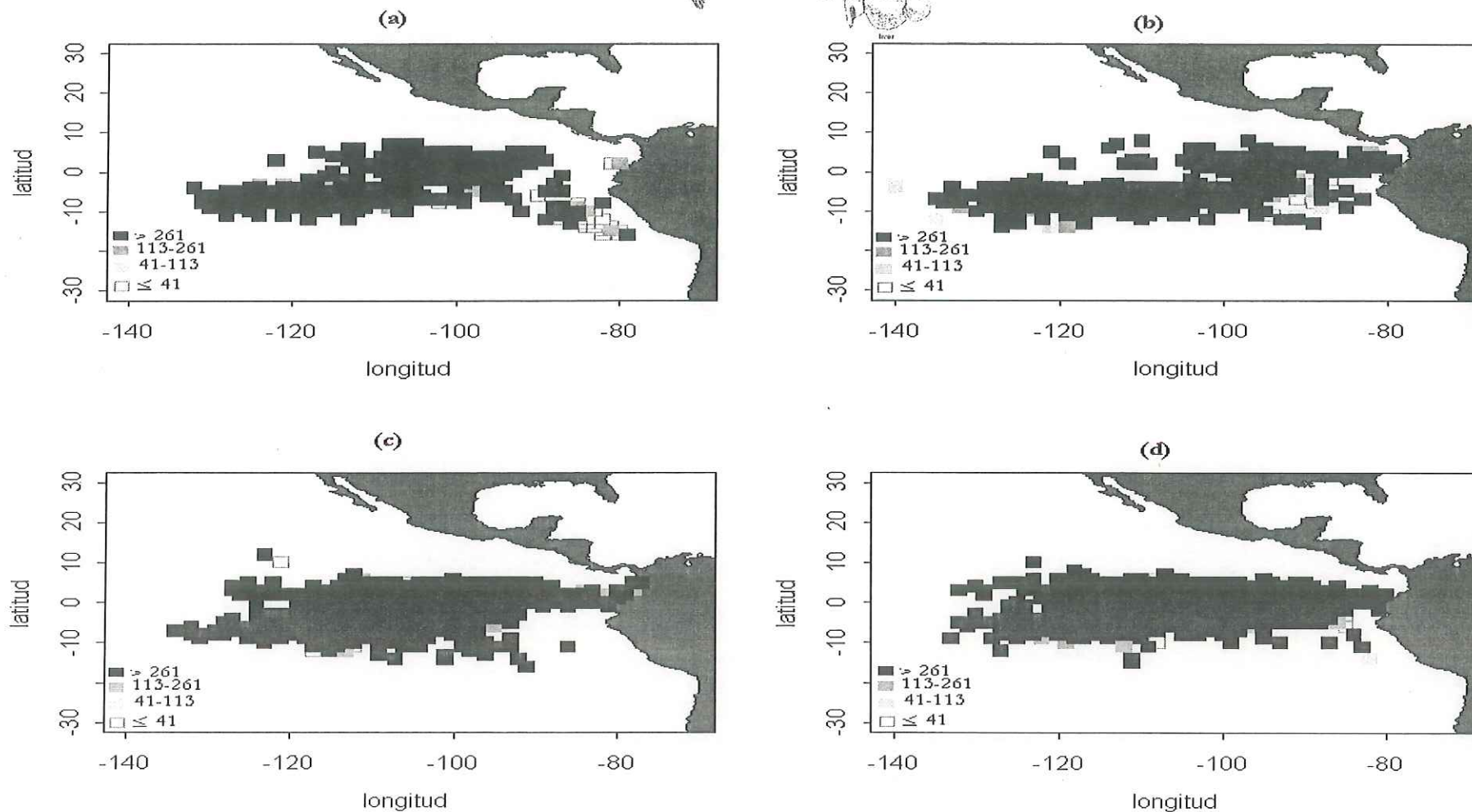
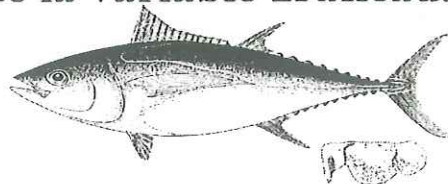


Fig 6.2. Número de individuos capturados de reclutas de atún patudo (*Thunnus obesus*) con respecto a la captura principal, durante 1993-1997. a: enero- marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

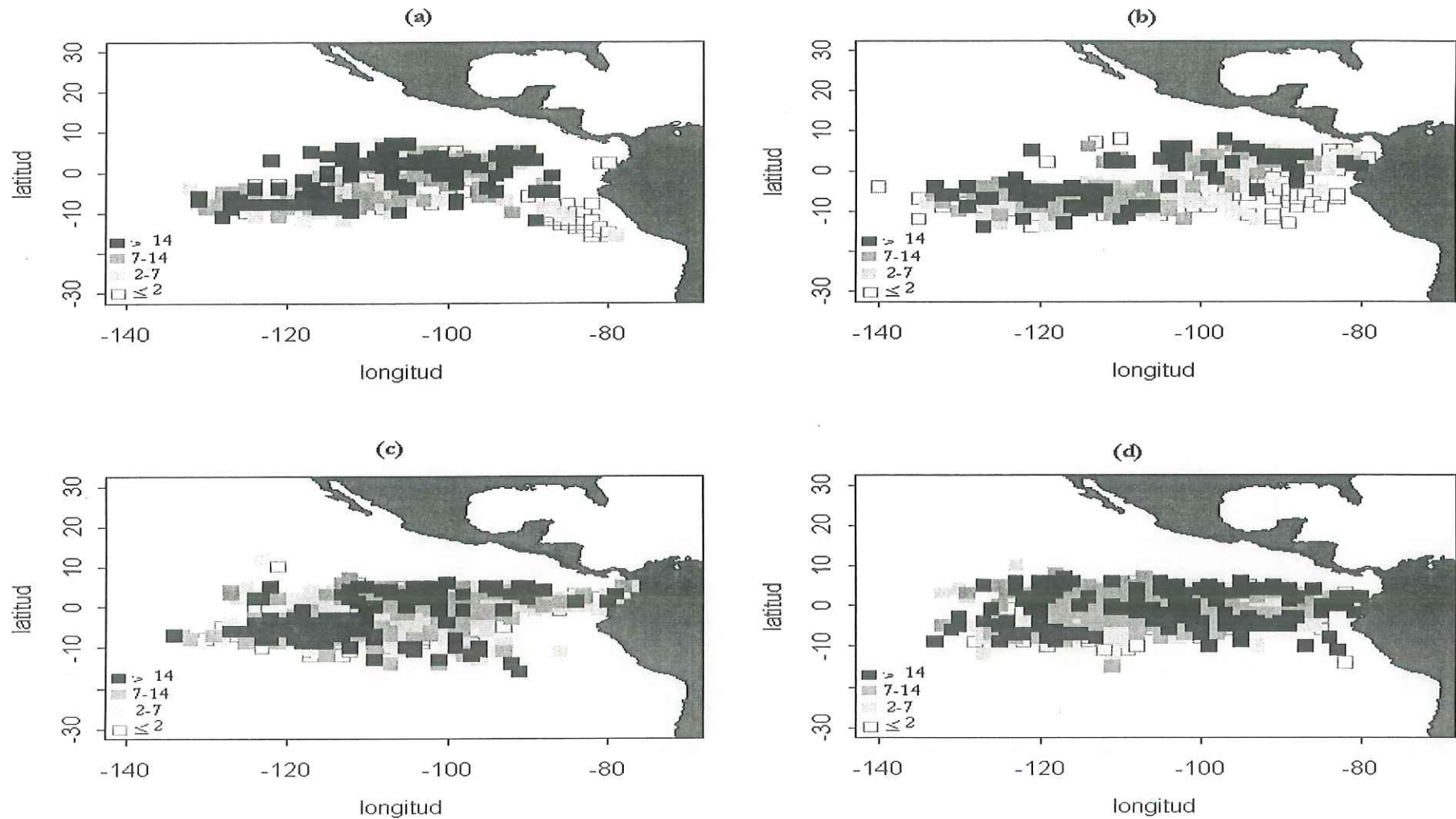


Fig 7.1. Tasa de captura del dorado (*Coryphaena spp.*) durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

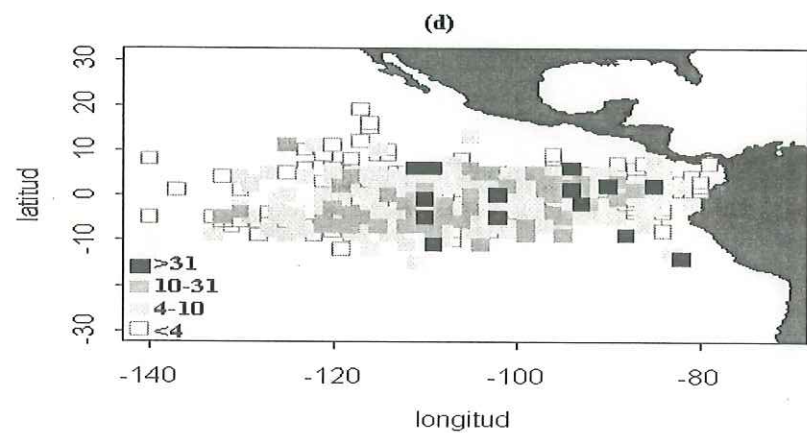
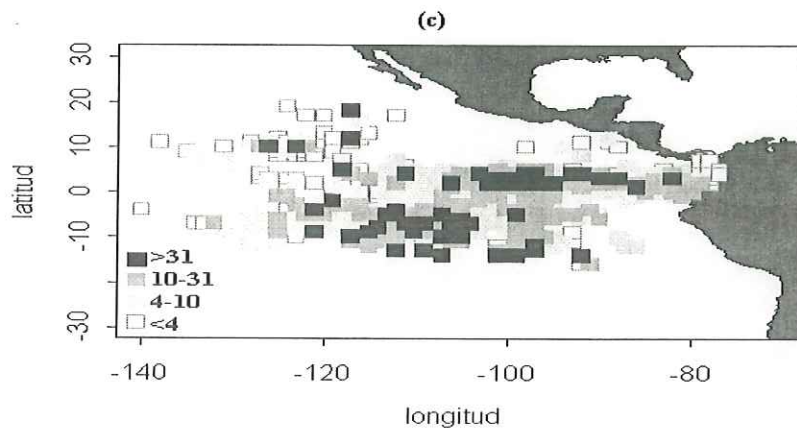
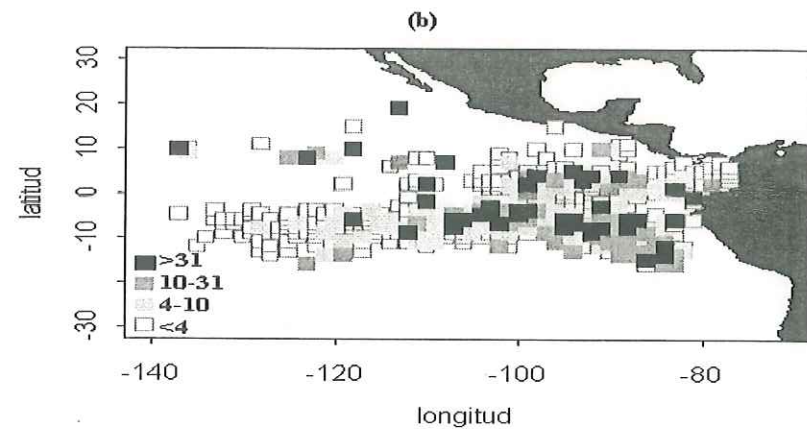
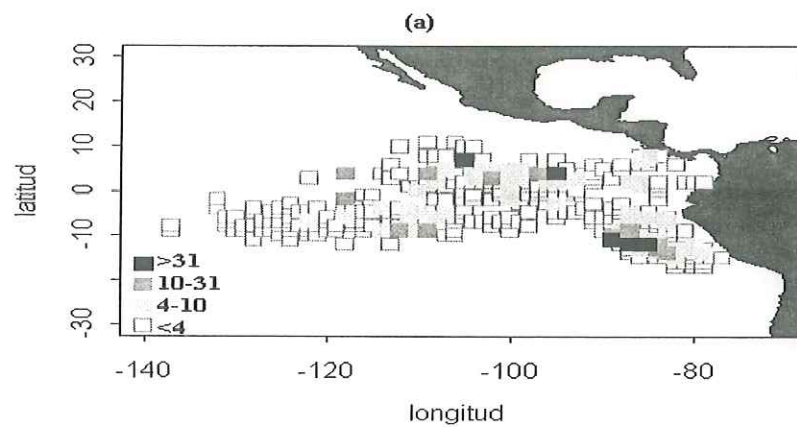
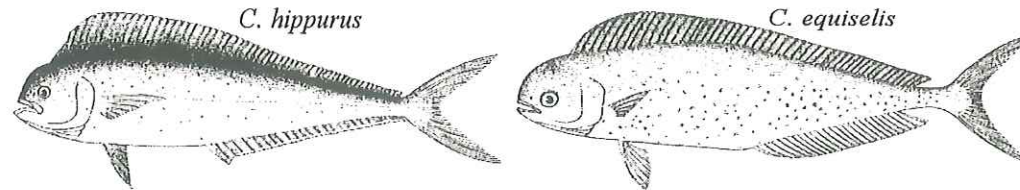


Fig 7.2. Número de individuos capturados de dorado (*Coryphaena spp.*) con respecto a la captura principal, durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

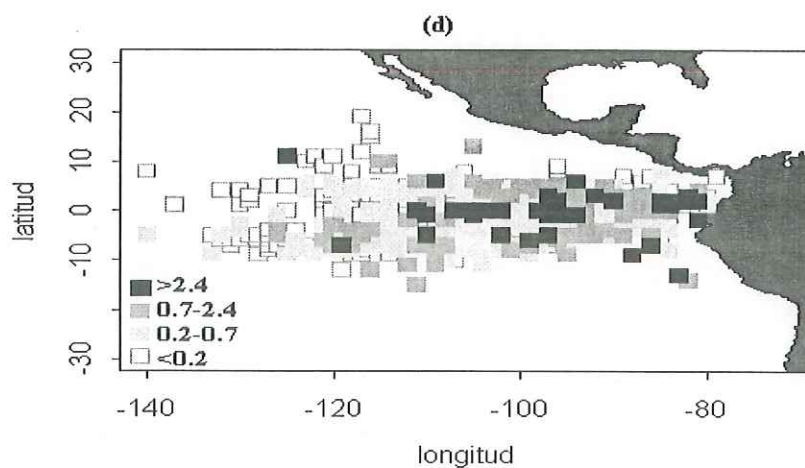
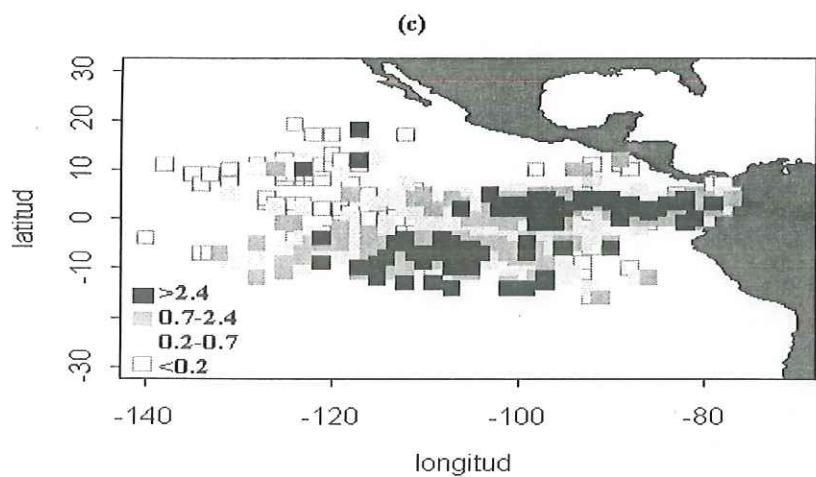
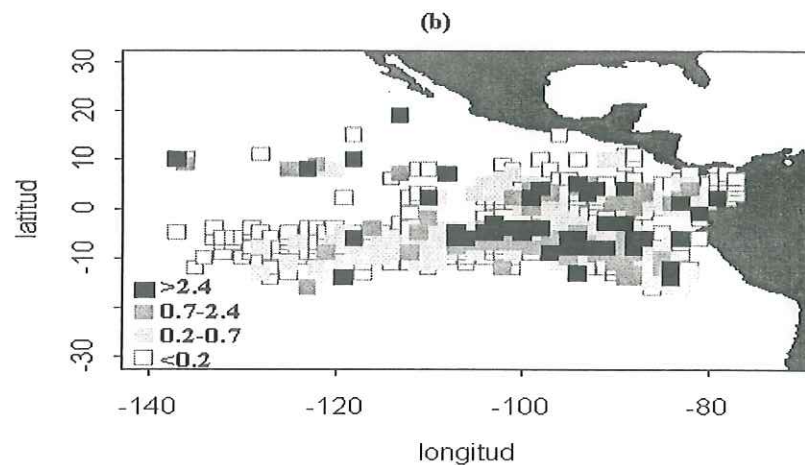
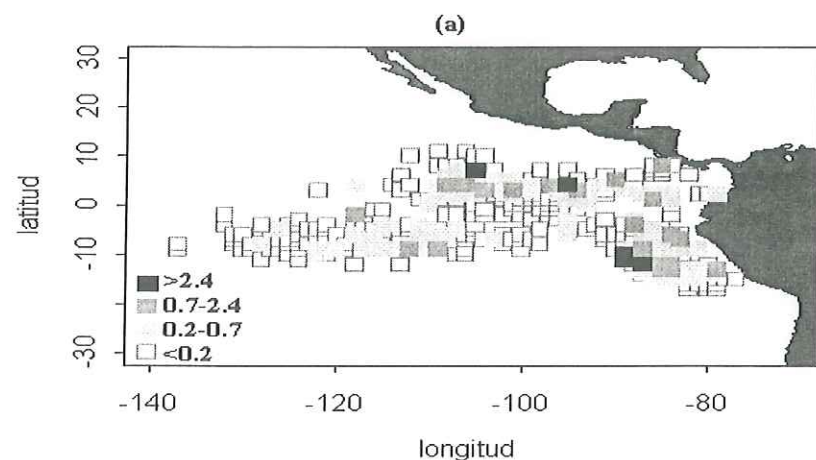


Fig 8.1. Tasas de captura del peto (*Acanthocybium solandri*) durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

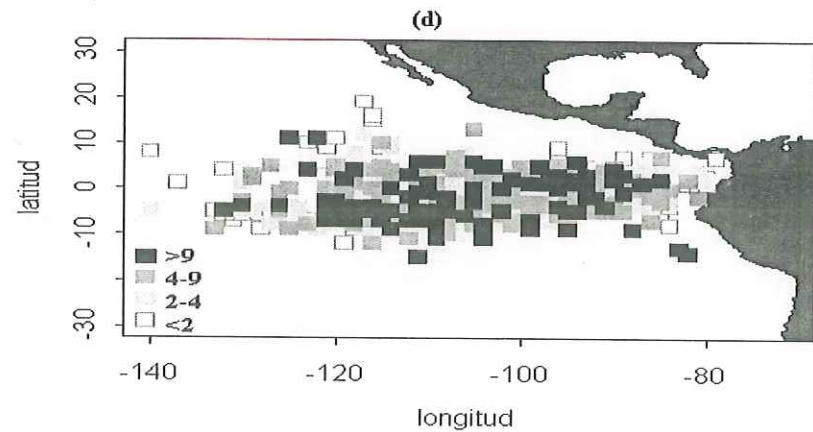
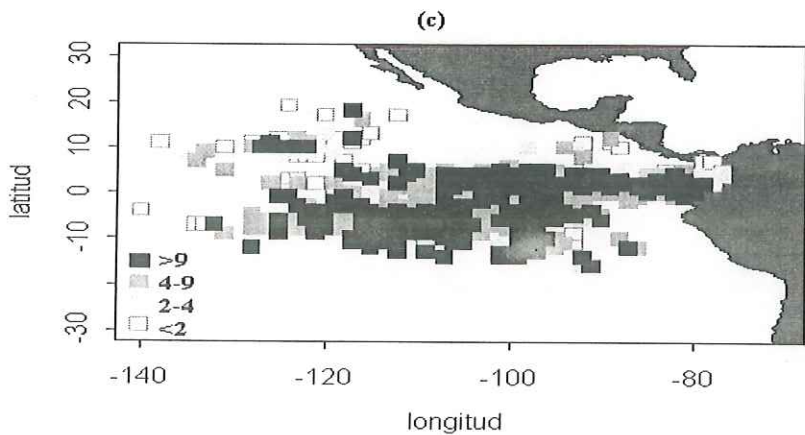
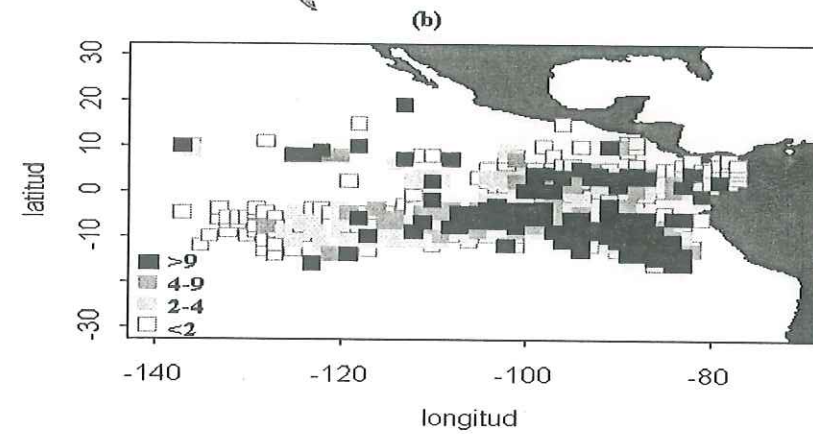
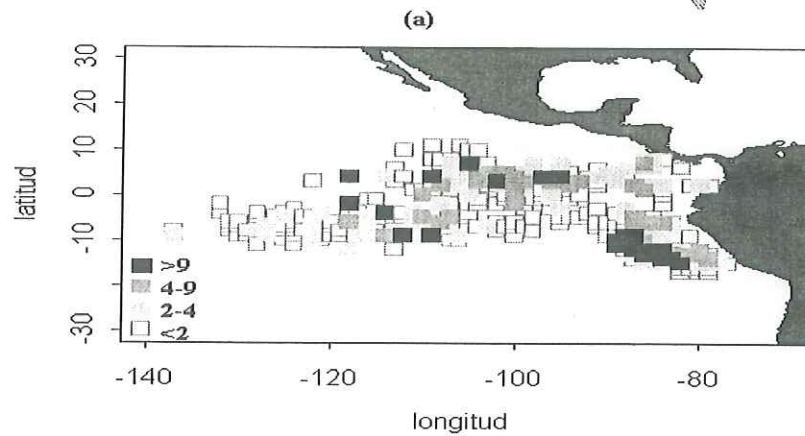
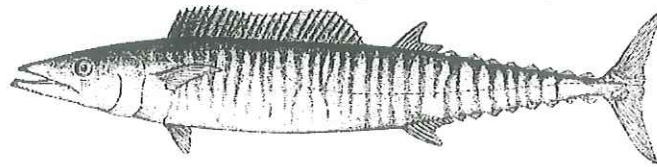


Fig 8.2. Número de individuos capturados del peto (*Acanthocybium solandri*) con respecto a la captura principal, durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

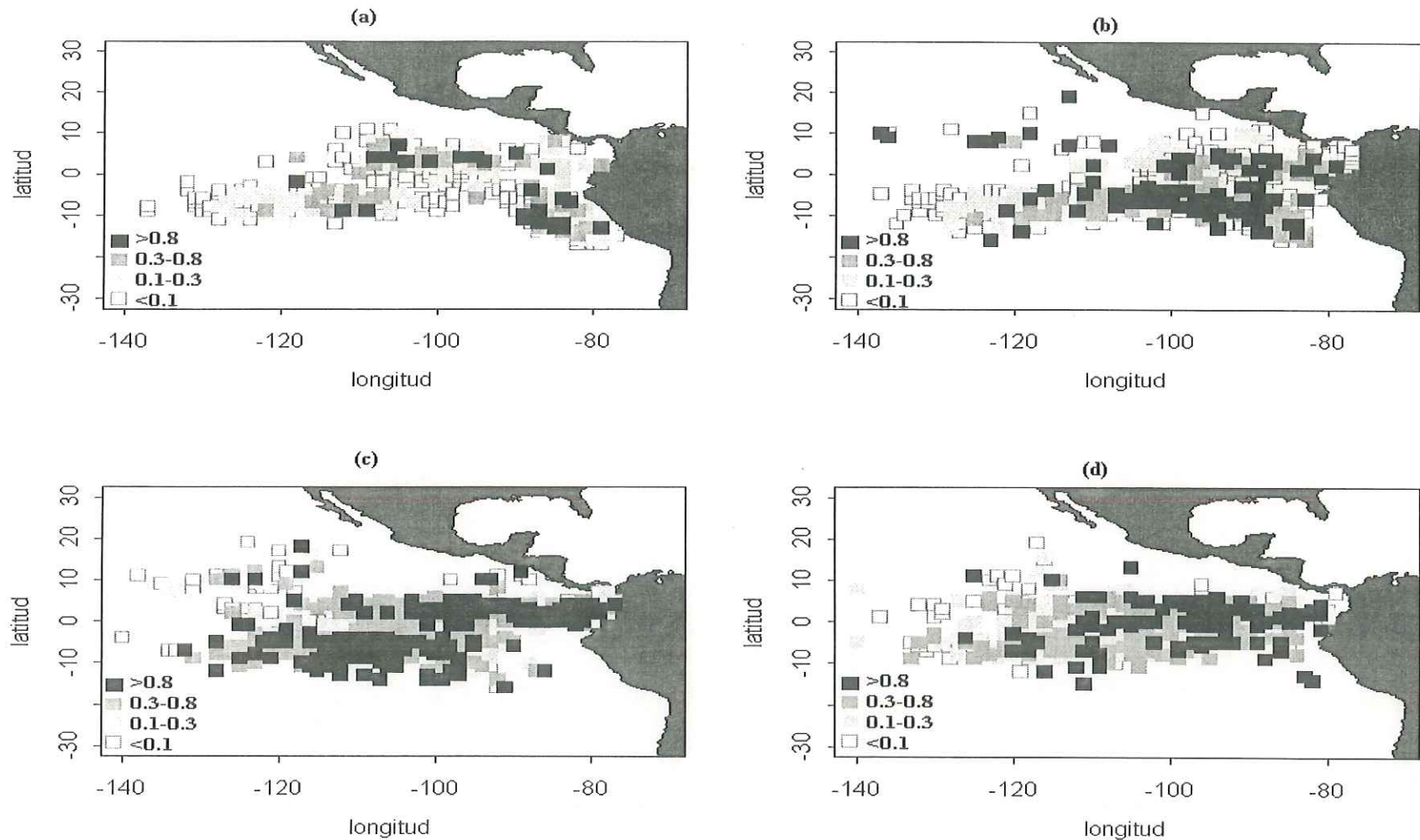


Fig 9.1. Tasas de captura del salmonete (*Elagatis bipinnulata*) durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

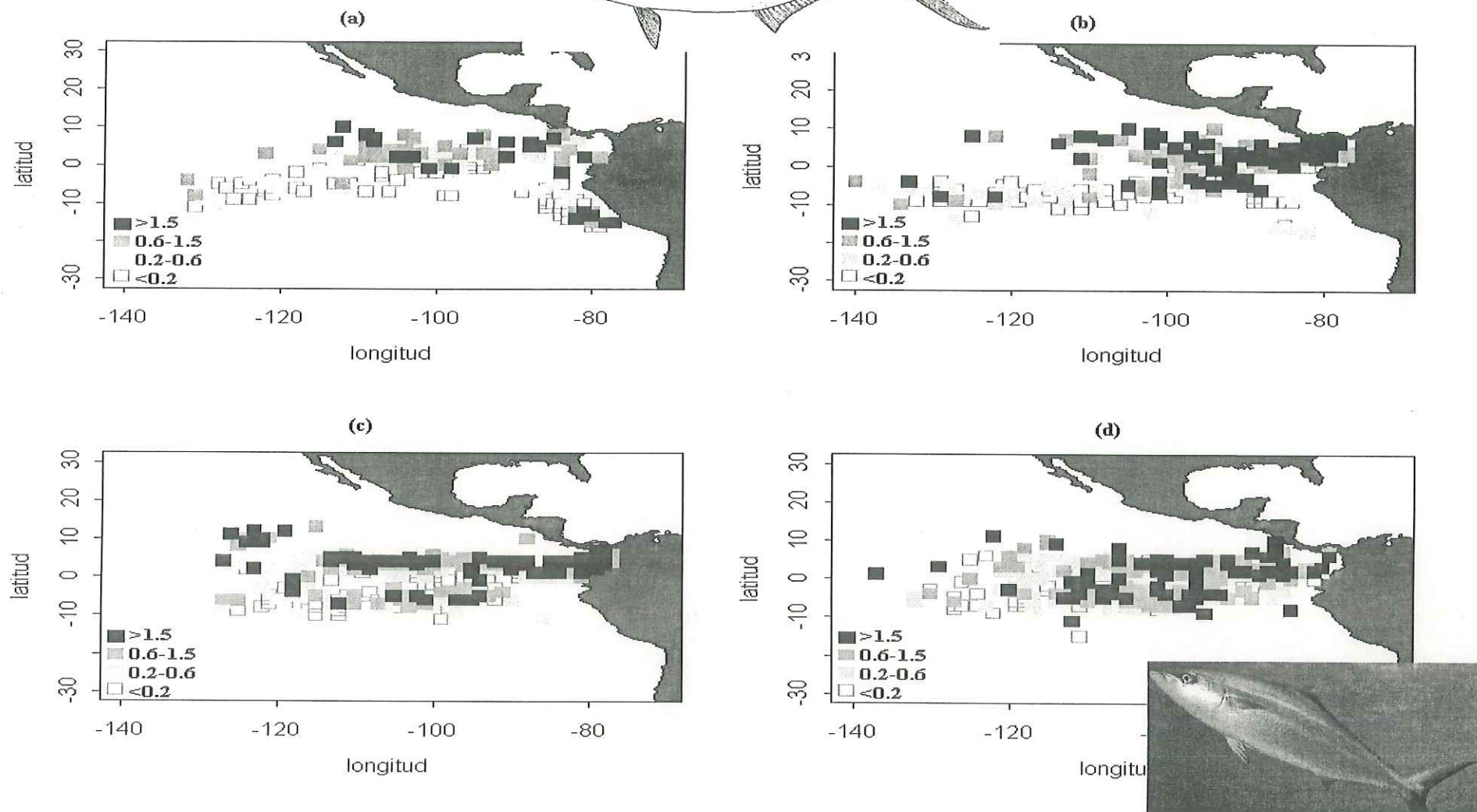
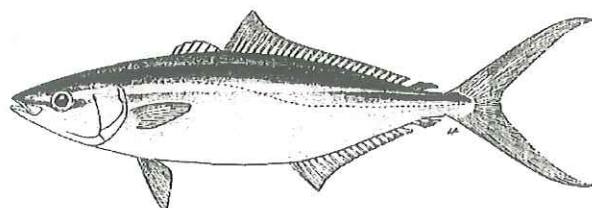


Fig 9.2. Número de individuos capturados del salmonete (*Elagatis bipinnulata*) con respecto a la captura principal, durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

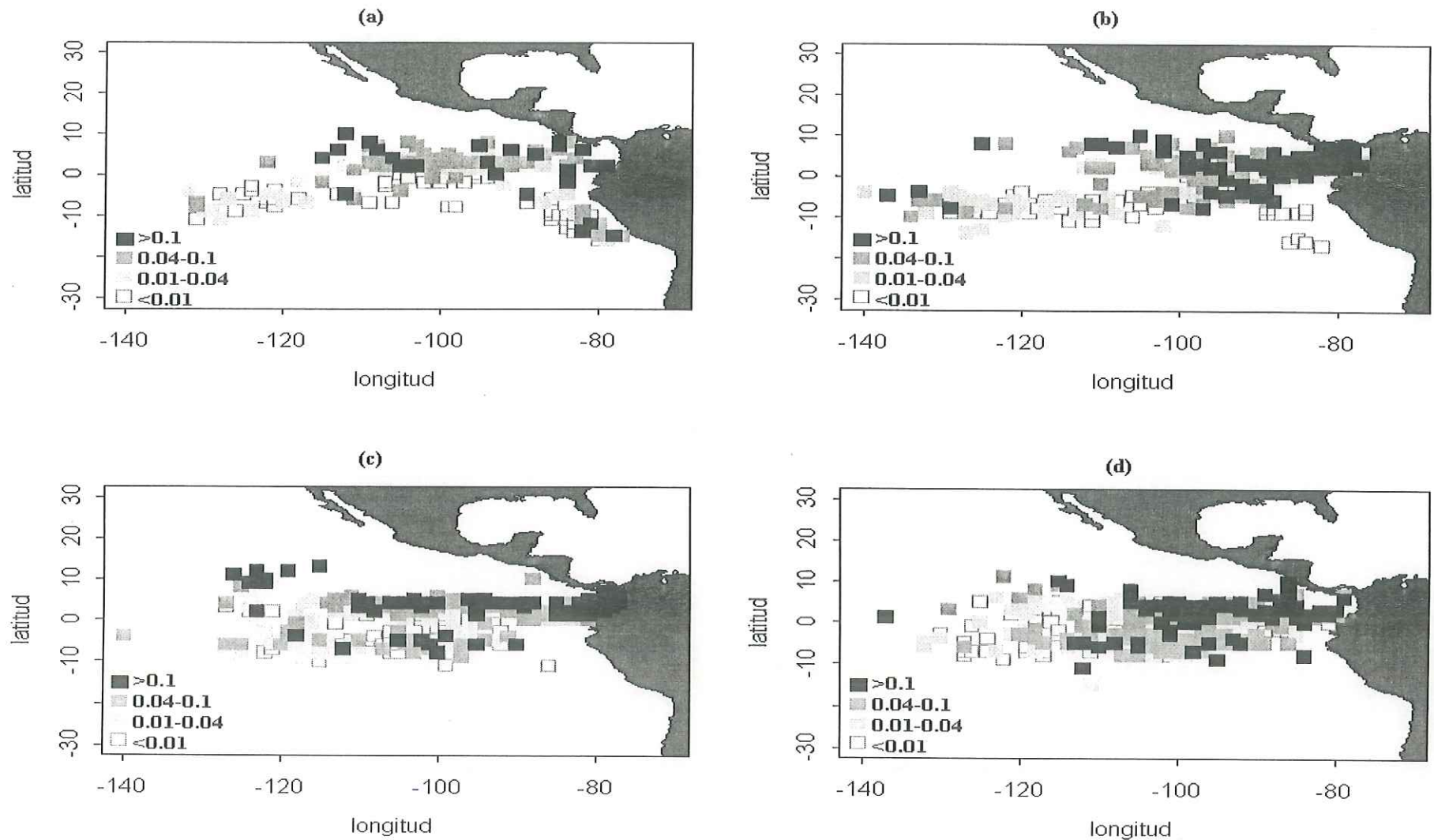


Fig 10.1. Tasas de captura del jurel (*Seriola lalandi*) durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

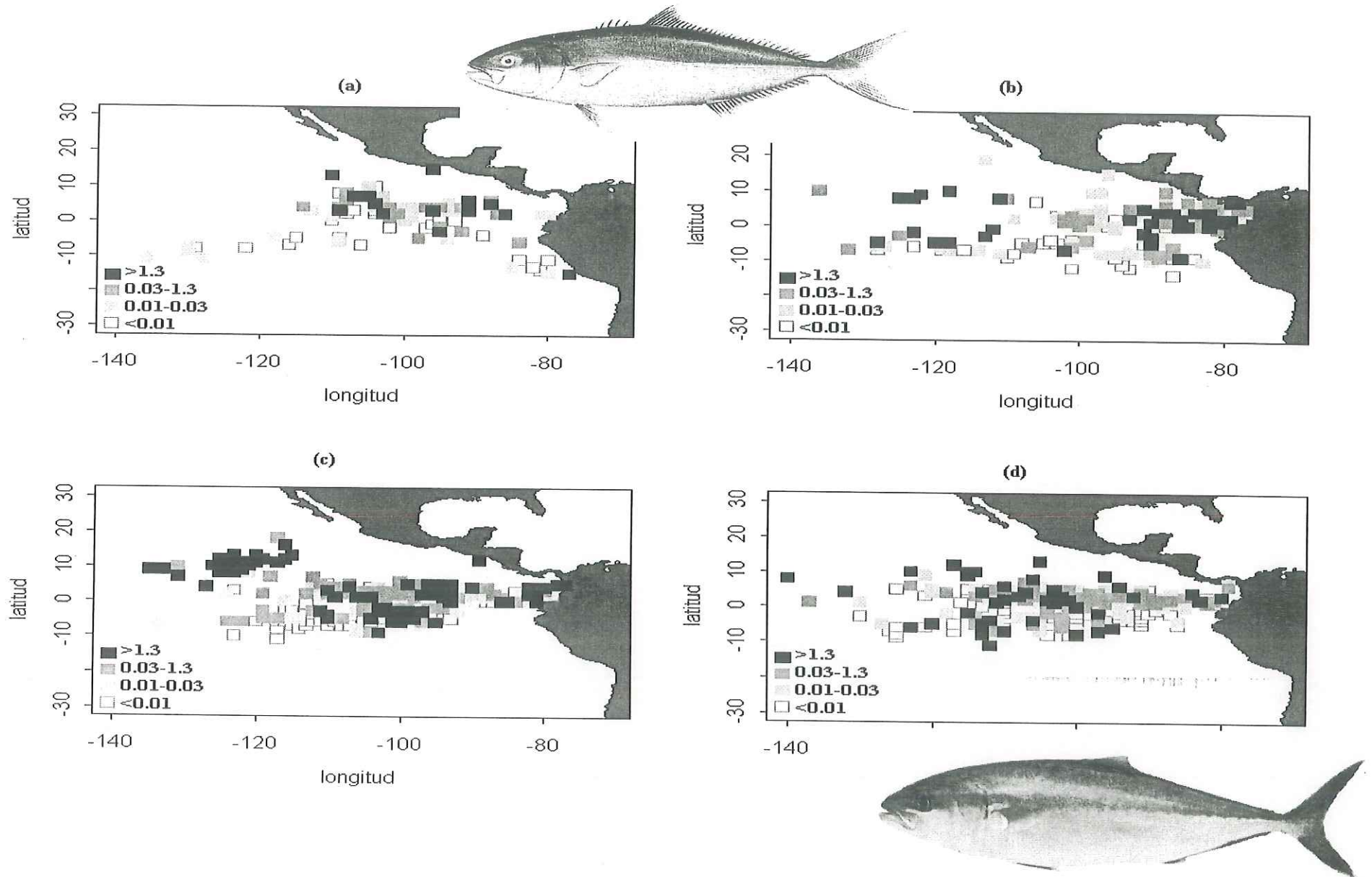


Fig 10.2. Número de individuos capturados del jurel (*Seriola lalandi*) con respecto a la captura principal, durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

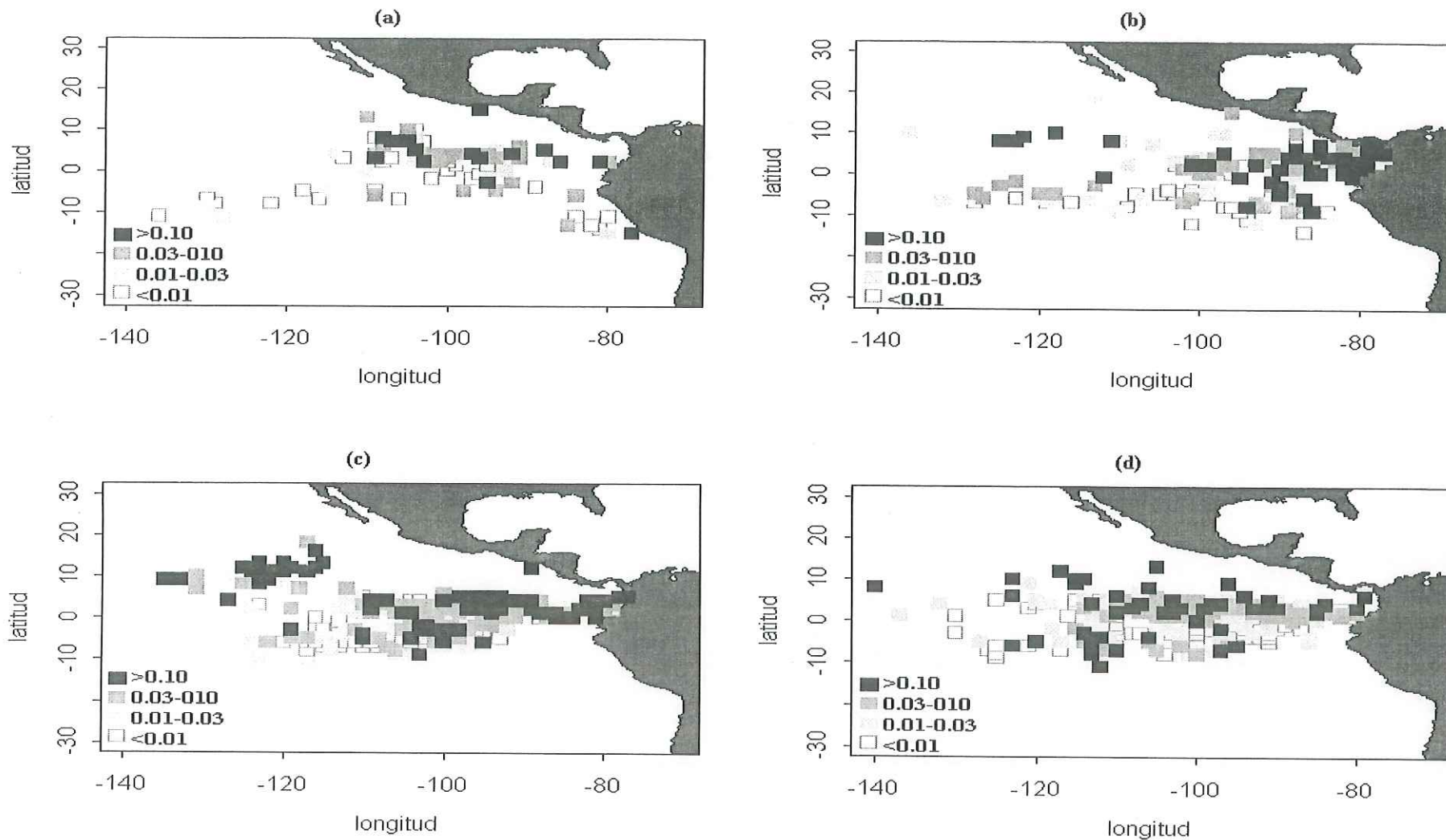
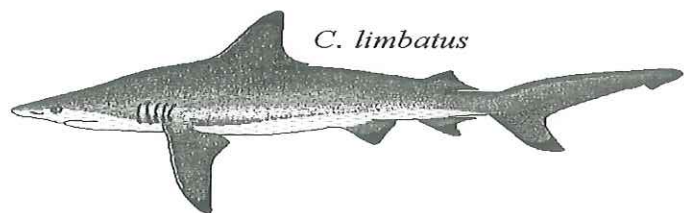
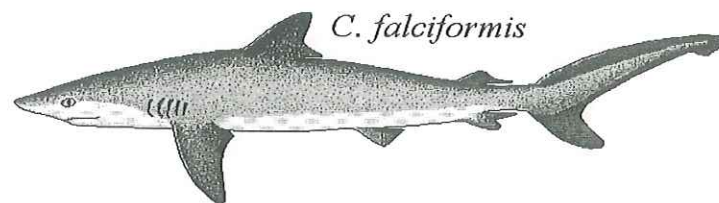
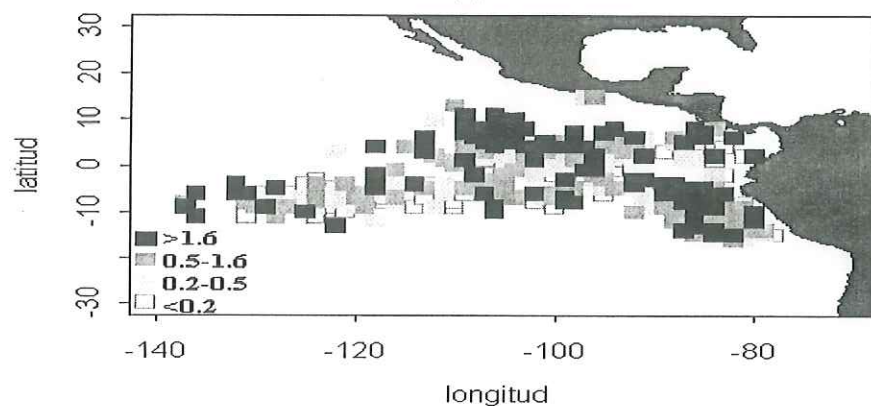


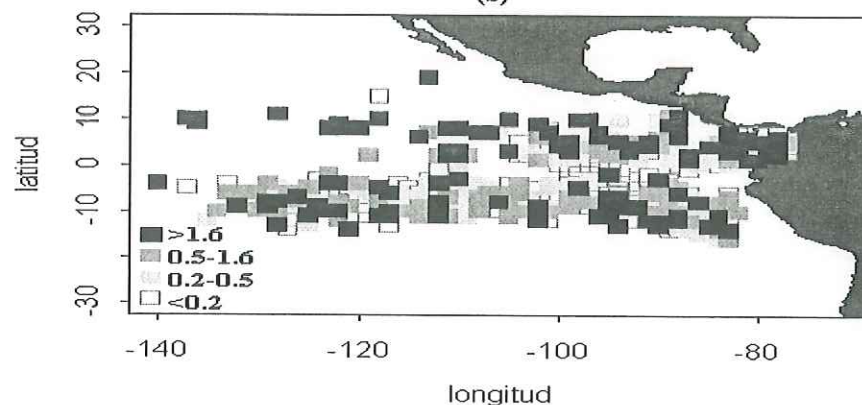
Fig 11.1. Tasas de captura del grupo tiburón sedoso* (*C. falcoformis* y *C. limbatus*) durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)



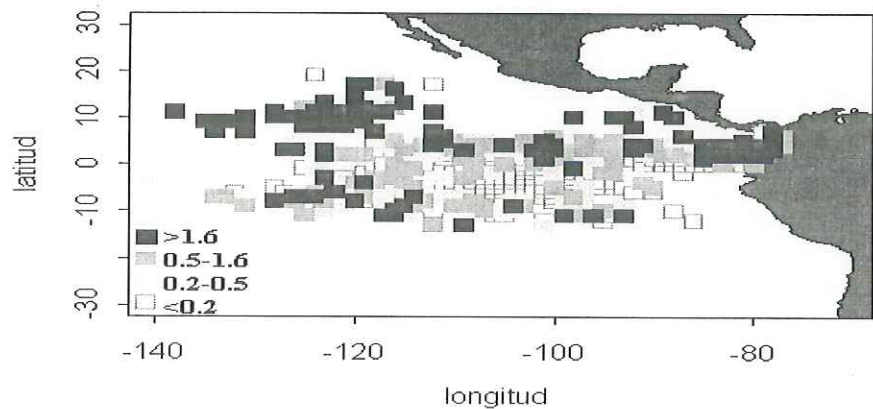
(a)



(b)



(c)



(d)

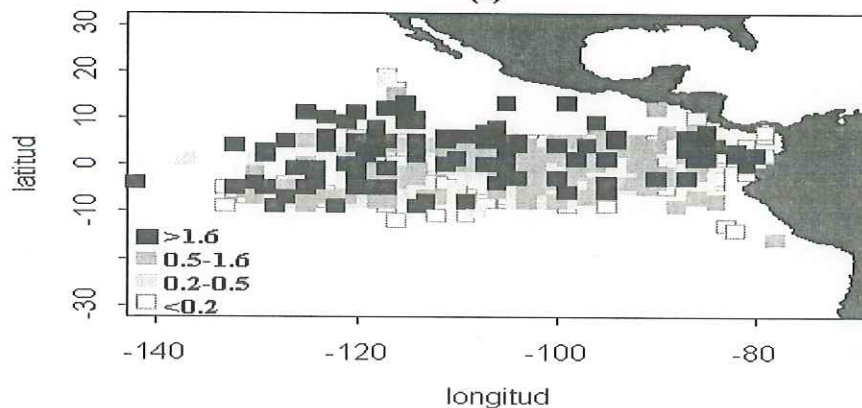


Fig 11.2. Número de individuos capturados del grupo tiburón sedoso* (*C. falciformis* y *C. limbatus*) con respecto a la captura principal, durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

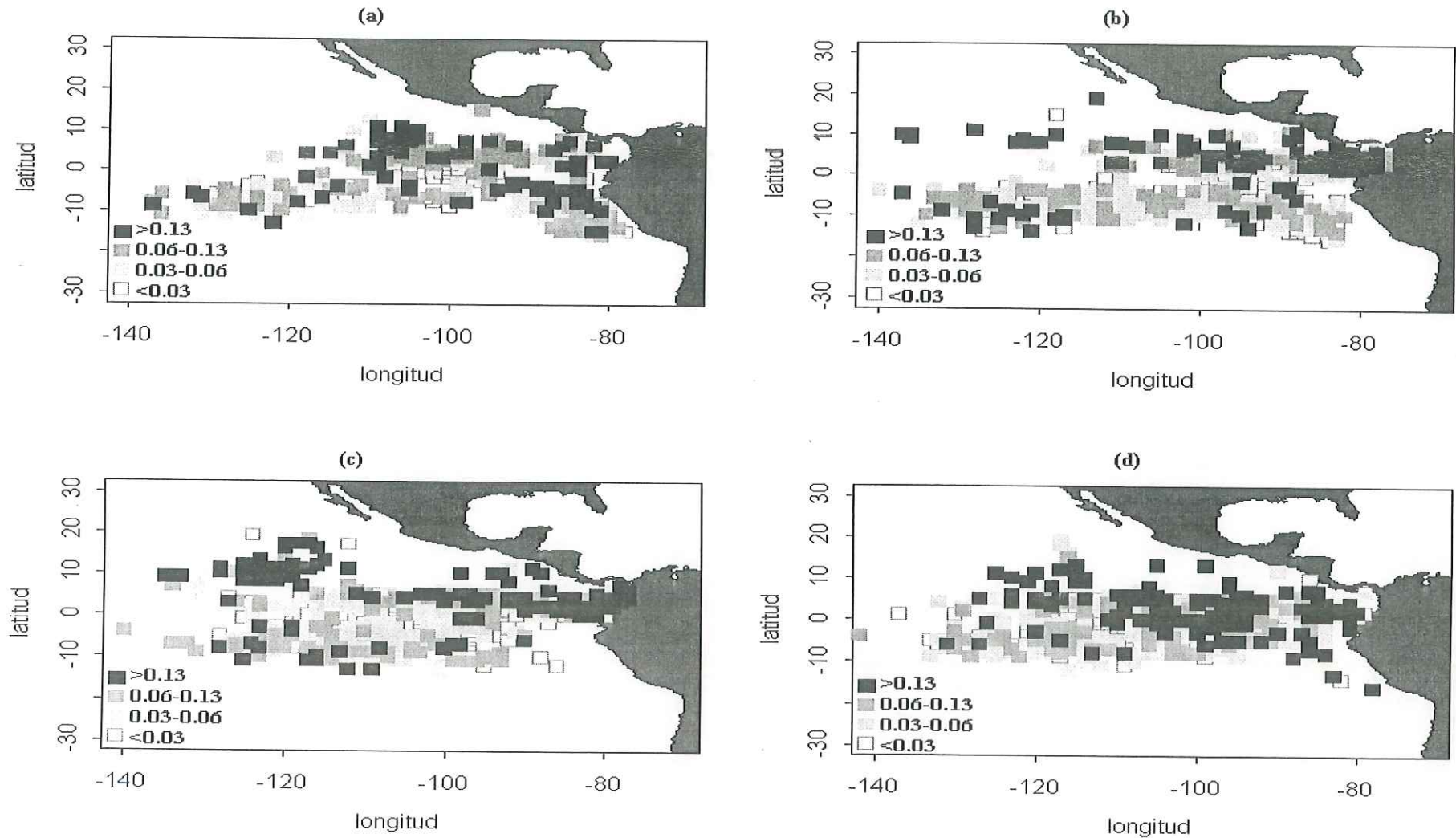


Fig 12.1. Tasas de captura del tiburón punta blanca (*Carcharhinus longimanus*) durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

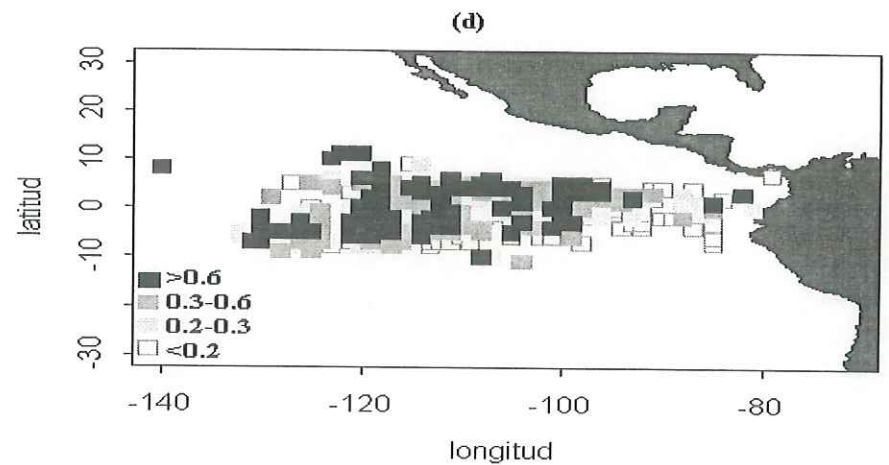
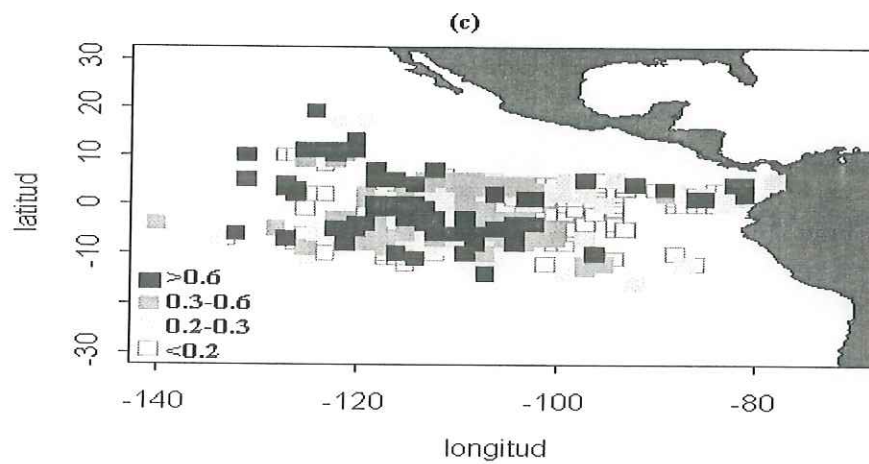
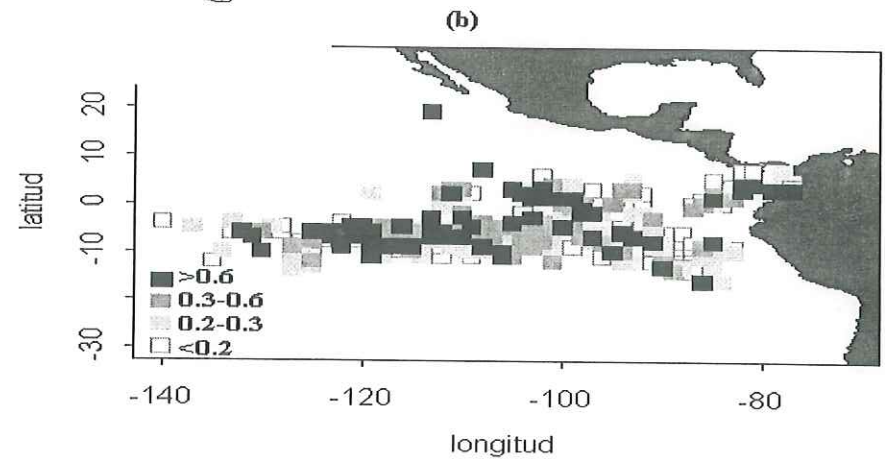
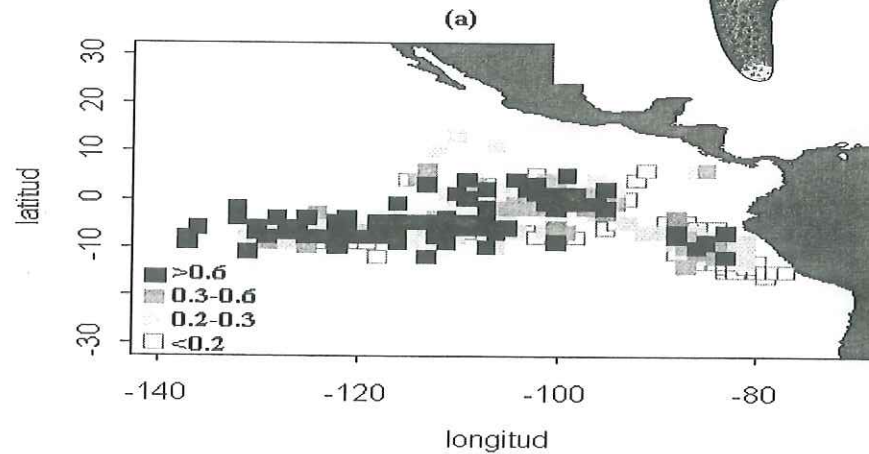
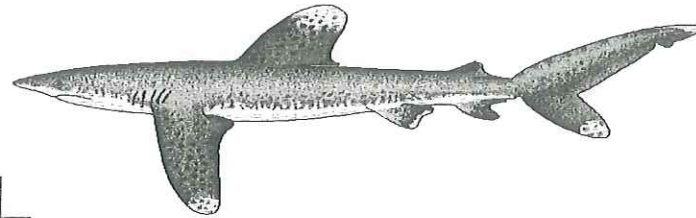


Fig 12.2.. Número de individuos capturados del tiburón punta blanca (*Carcharhinus longimanus*) con respecto a la captura principal, durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

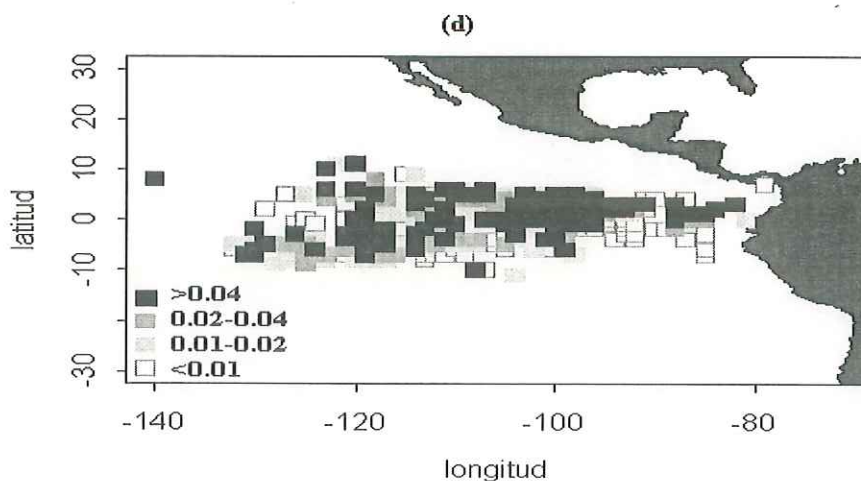
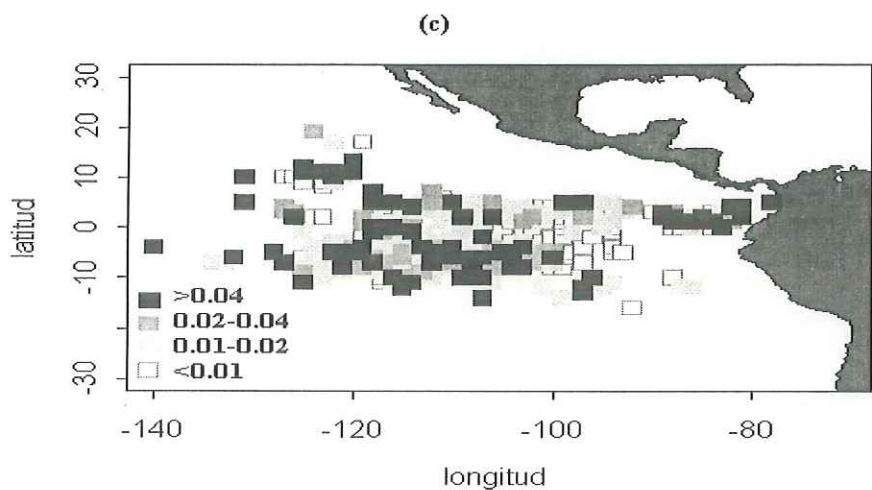
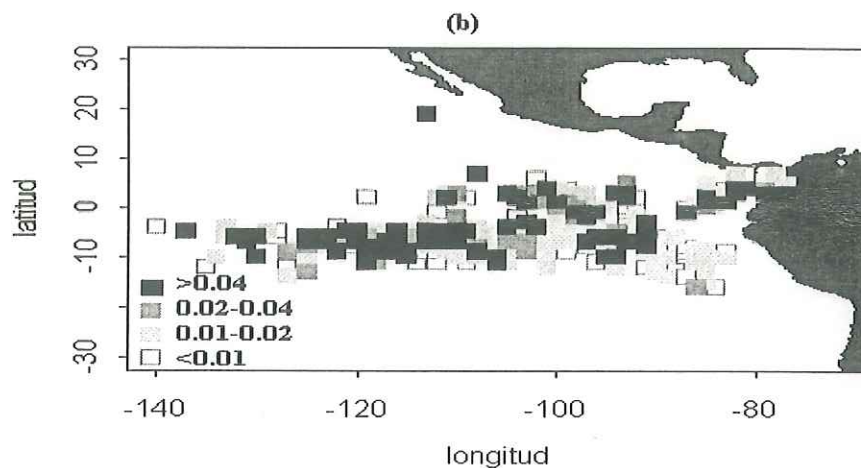
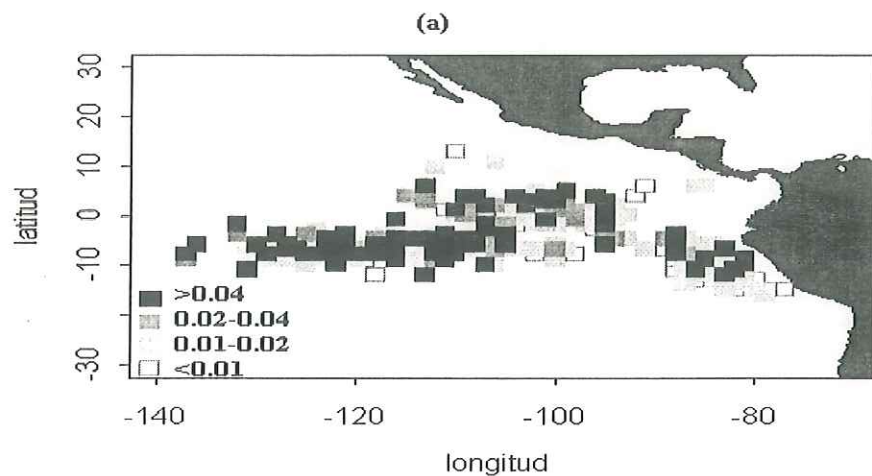


Fig 13.2. Número de individuos capturados del tiburón martillo (*Sphyrna spp.*) con respecto a la captura principal, durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

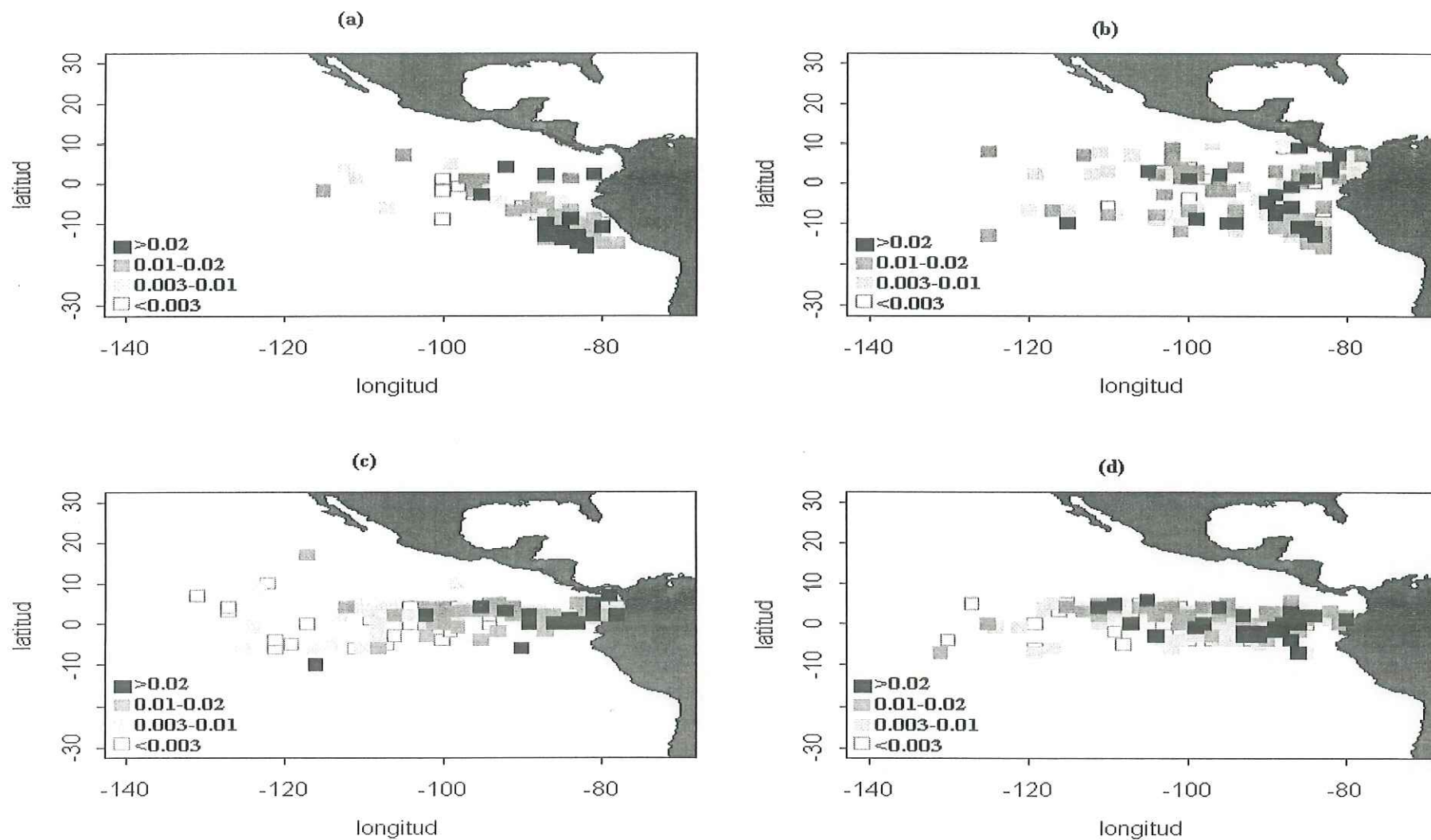


Fig 14.1. Tasas de captura de rayas (*Dasyatis spp.*) durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

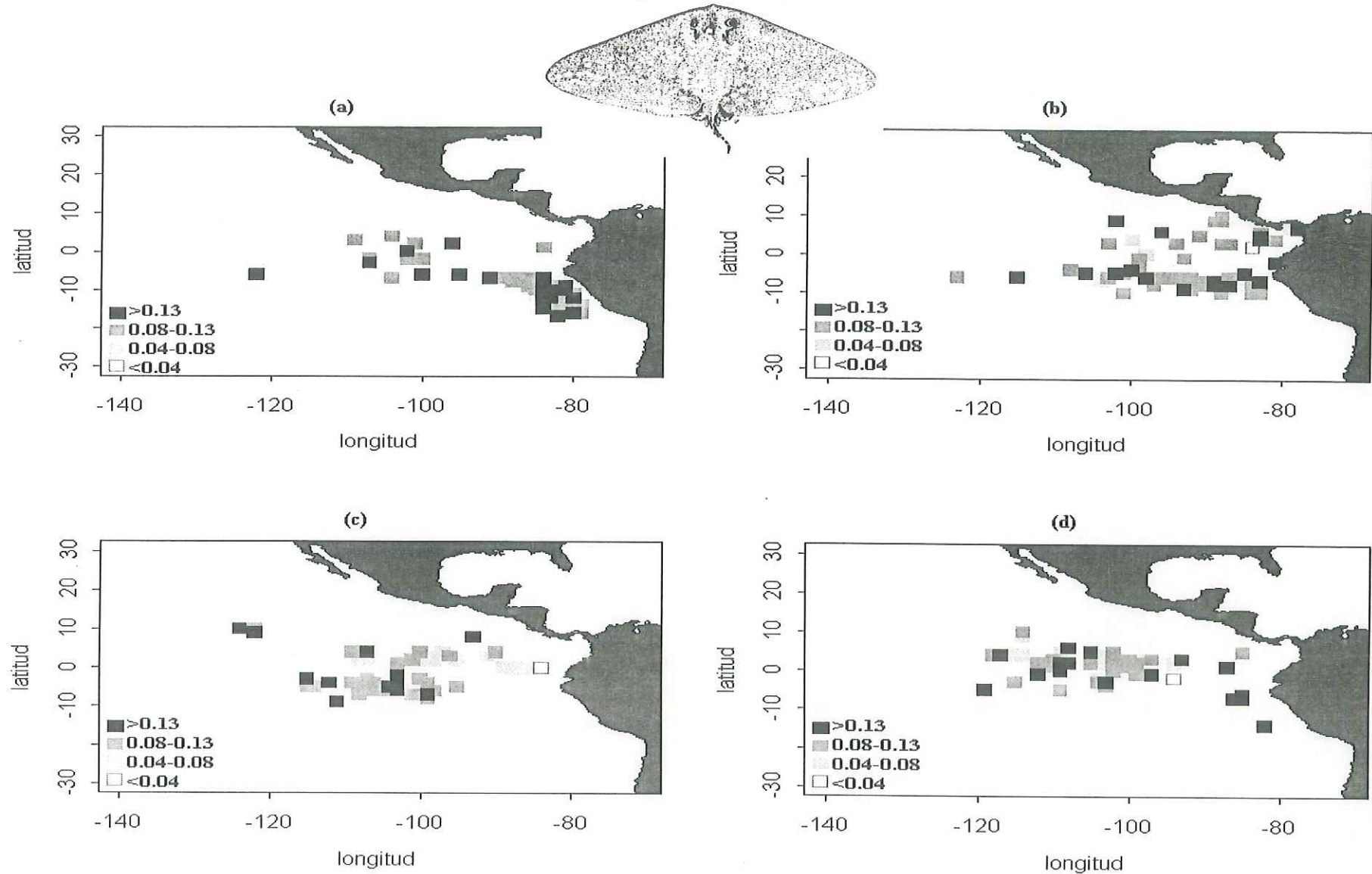


Fig 14.2. Número de individuos capturados de rayas (*Dasyatis spp.*) con respecto a la captura principal, durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

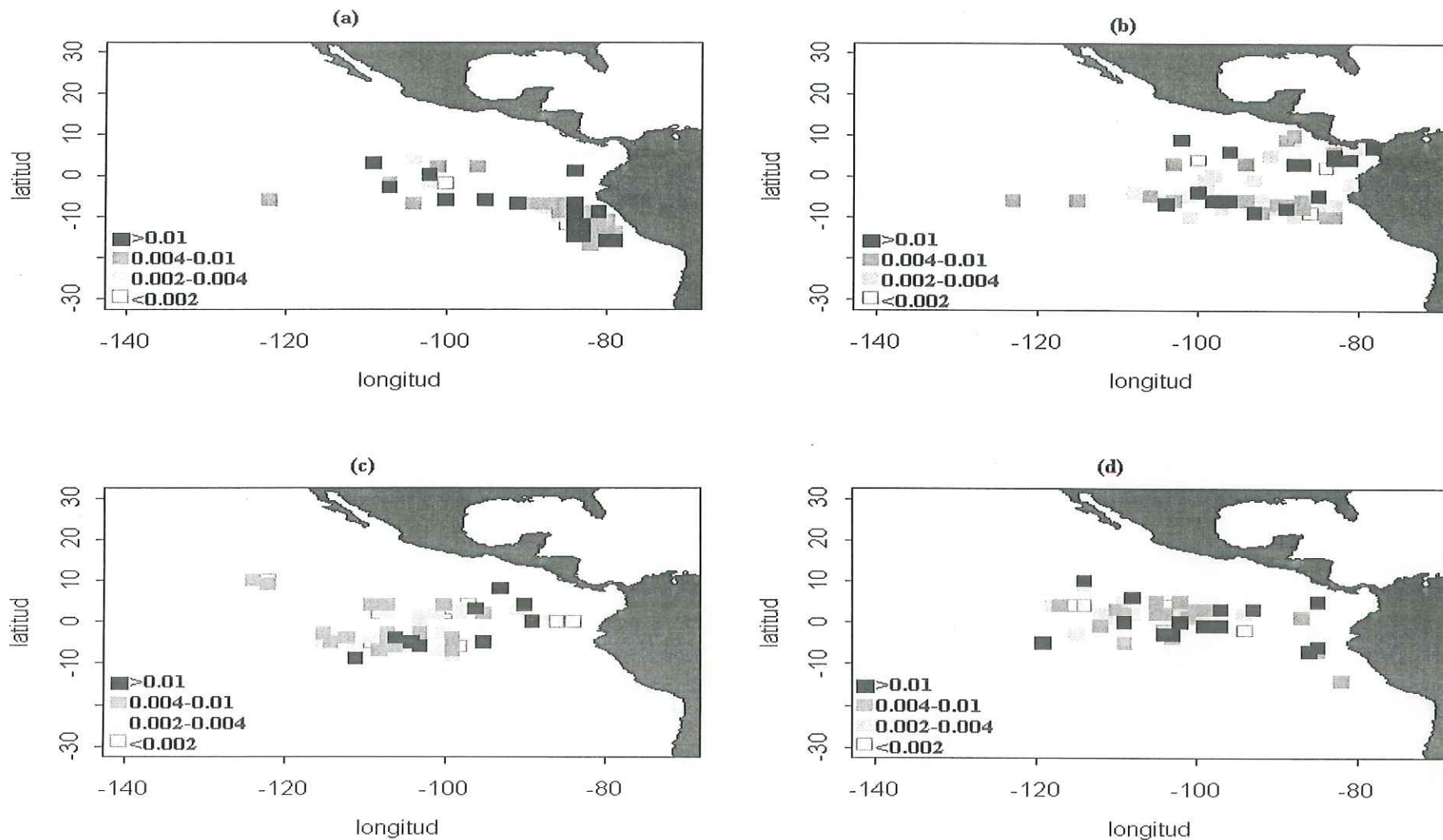


Fig 15.1. Tasas de captura de mantas (Mobulidae) durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

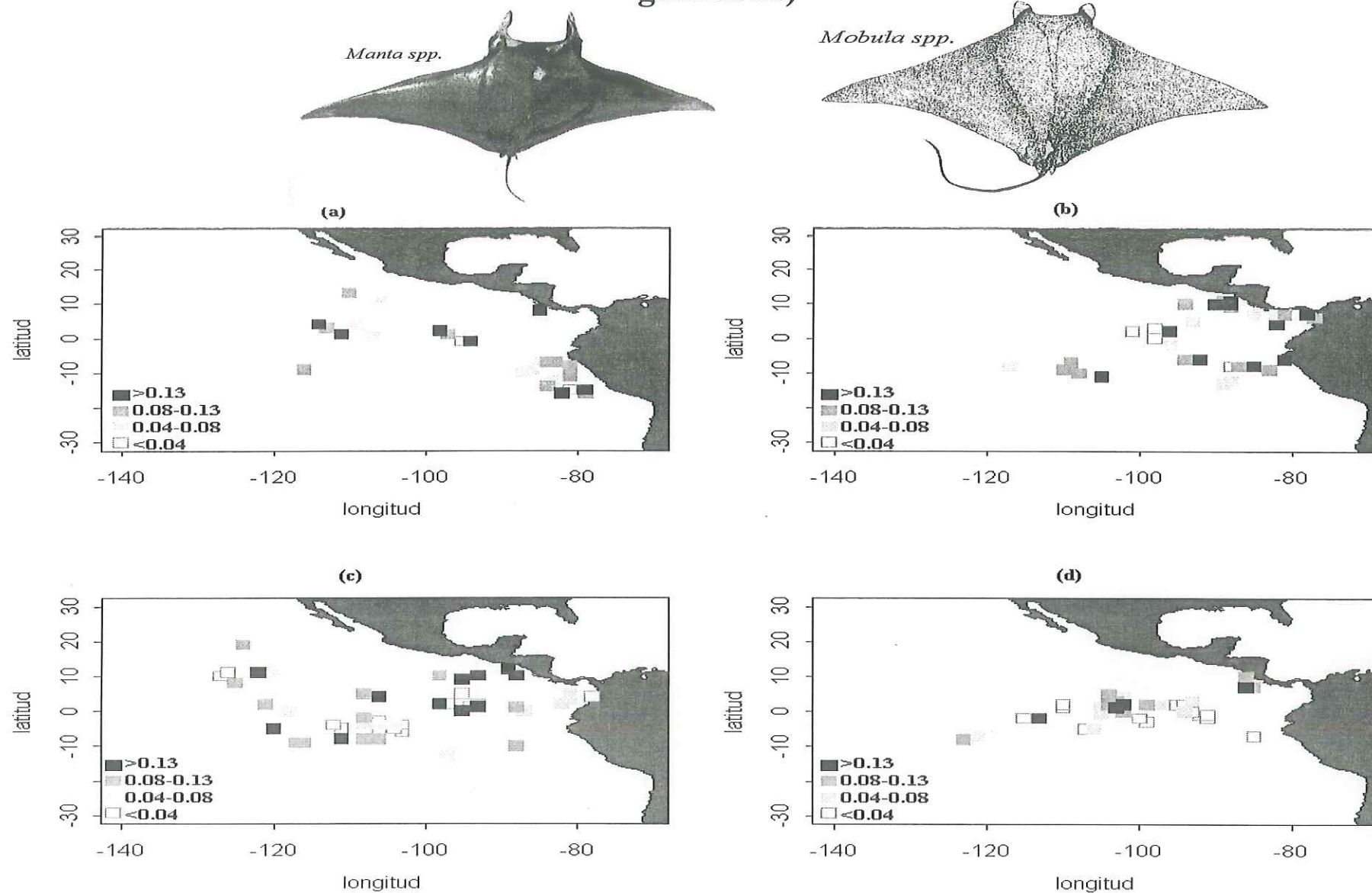


Fig 15.2. Número de individuos capturados de mantas (Mobulidae) con respecto a la captura principal, durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

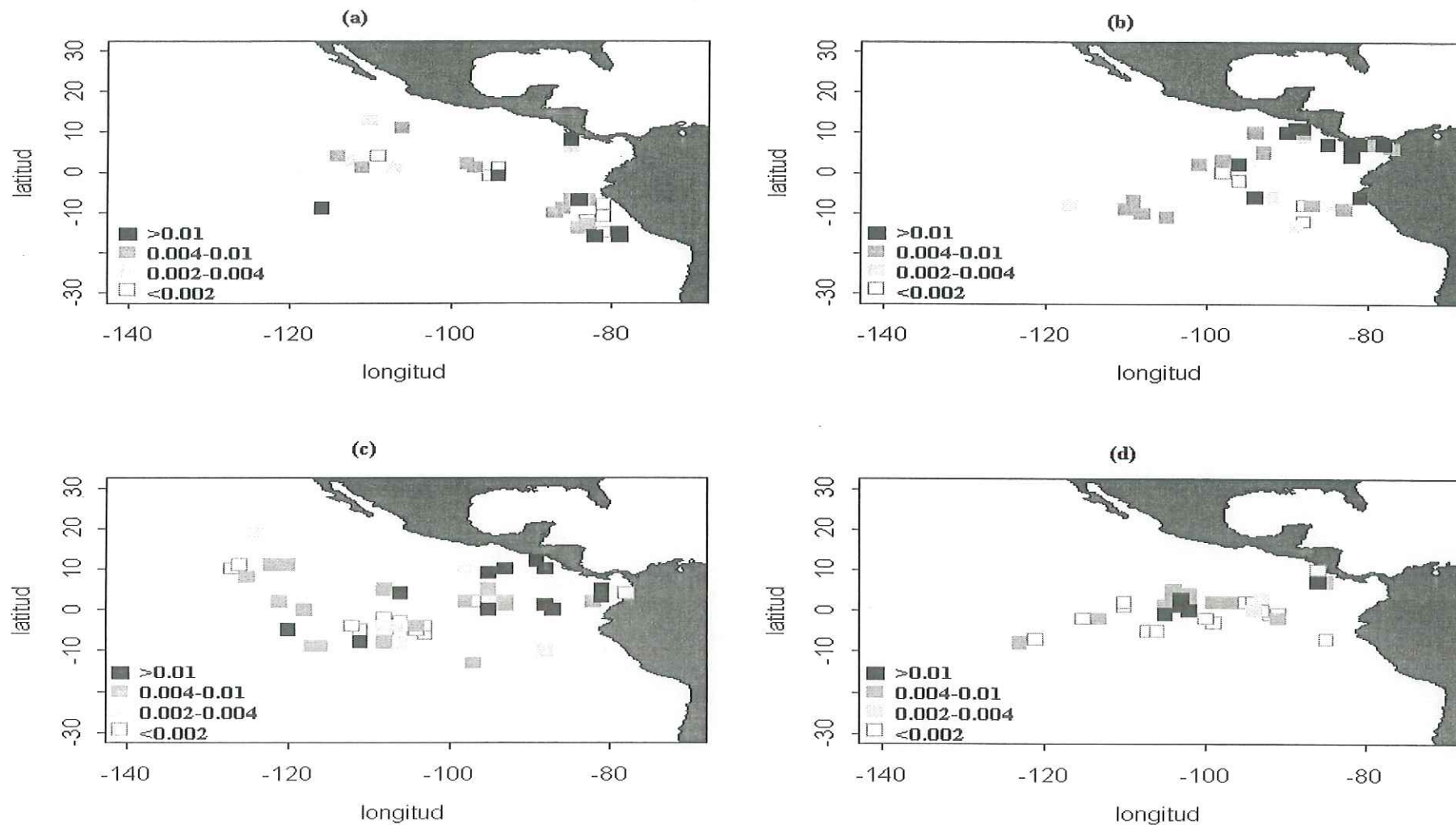


Fig 16.1. Tasas de captura del marlín azul (*Makaira mazara*) durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

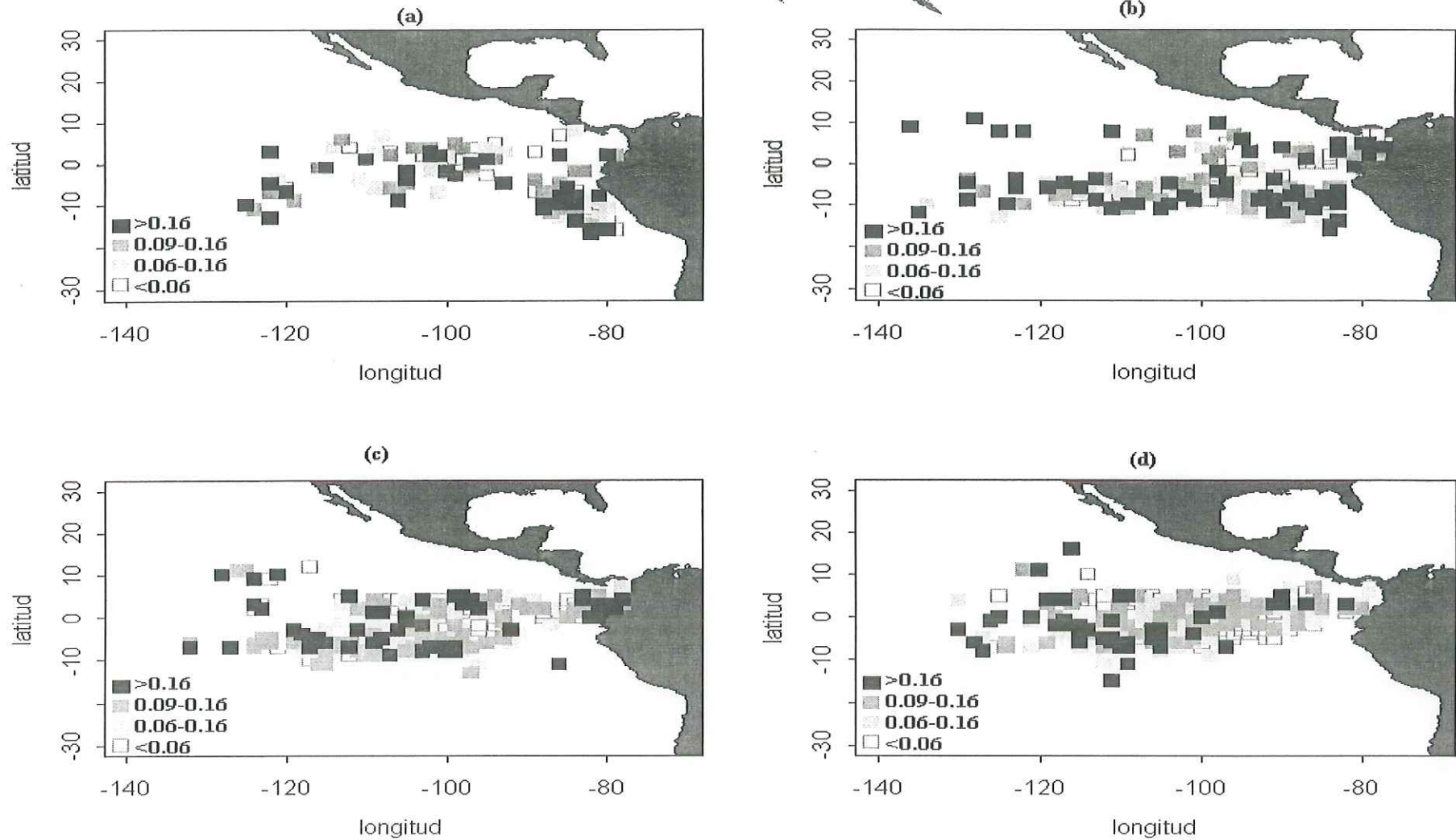
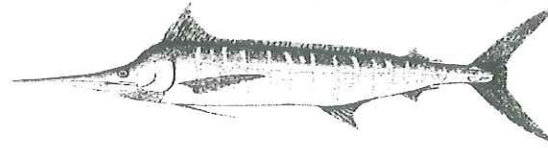


Fig 16.2. Número de individuos capturados del marlín azul (*Makaira mazara*) con respecto a la captura principal, durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

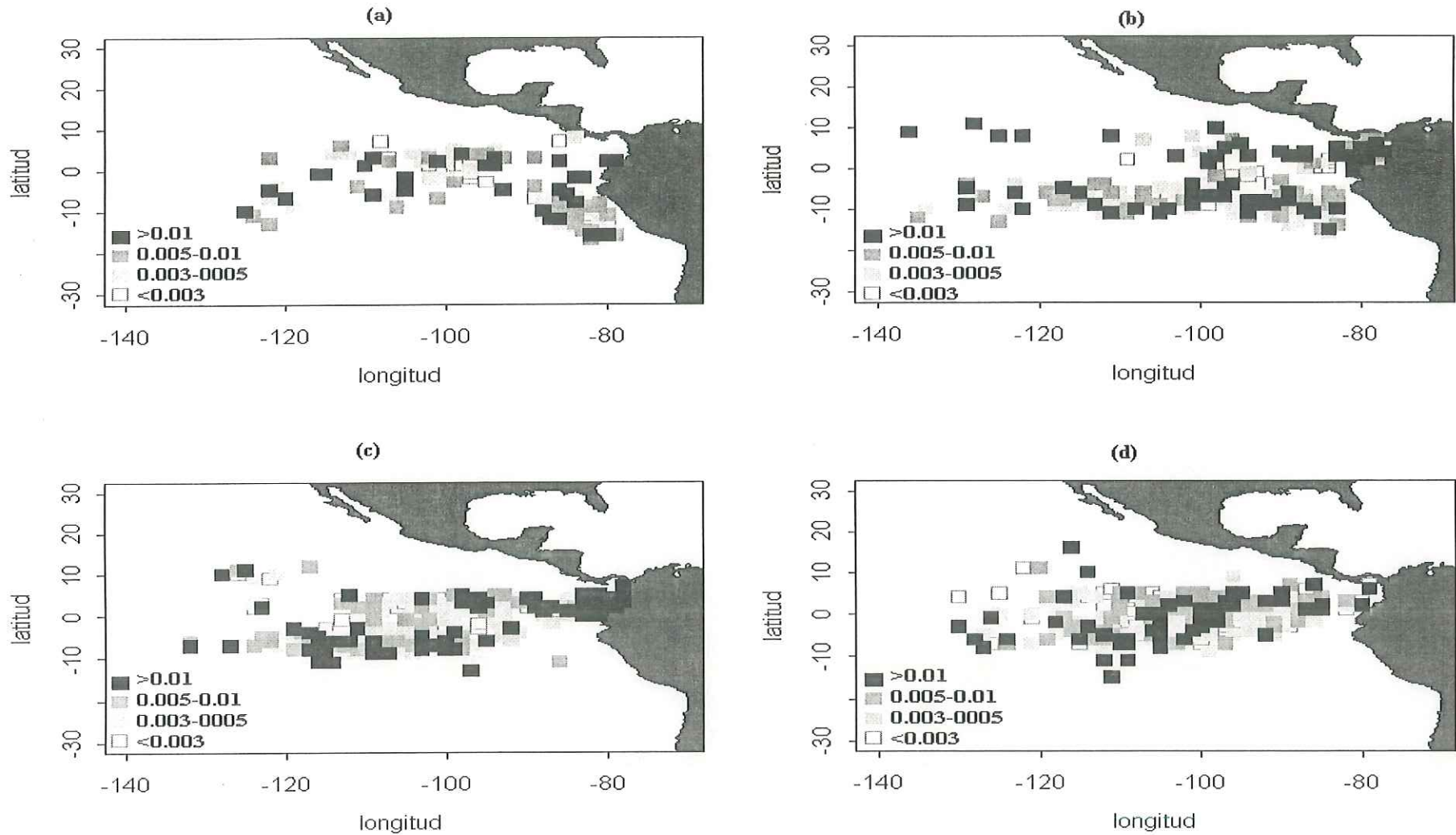


Fig 17.1. Tasas de captura del marlín negro (*Makaira indica*) durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

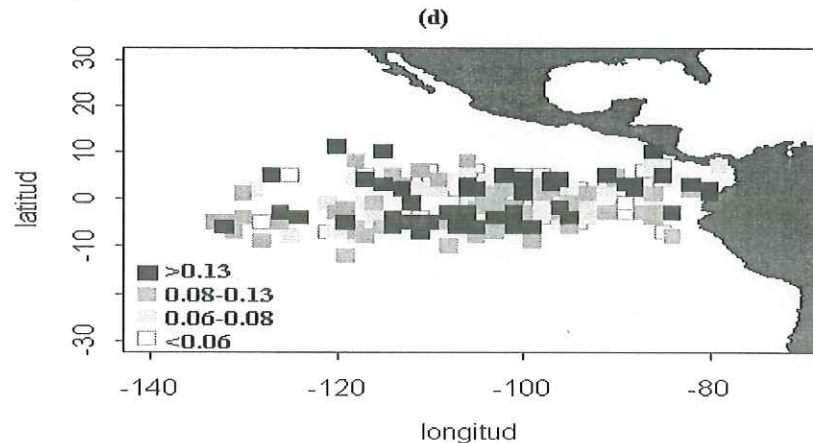
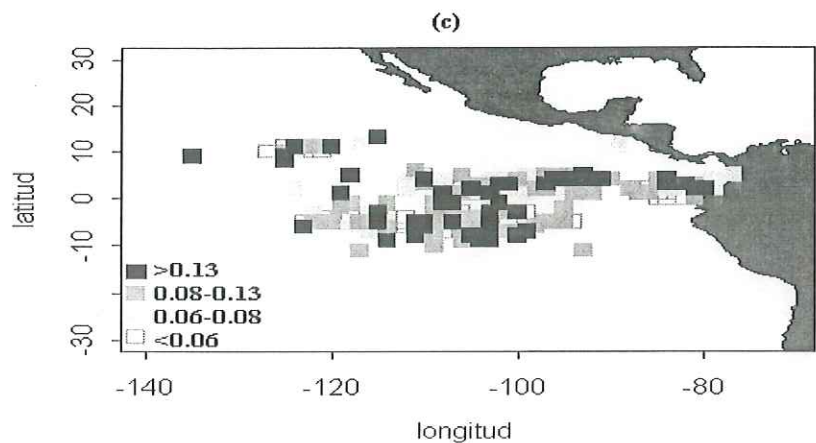
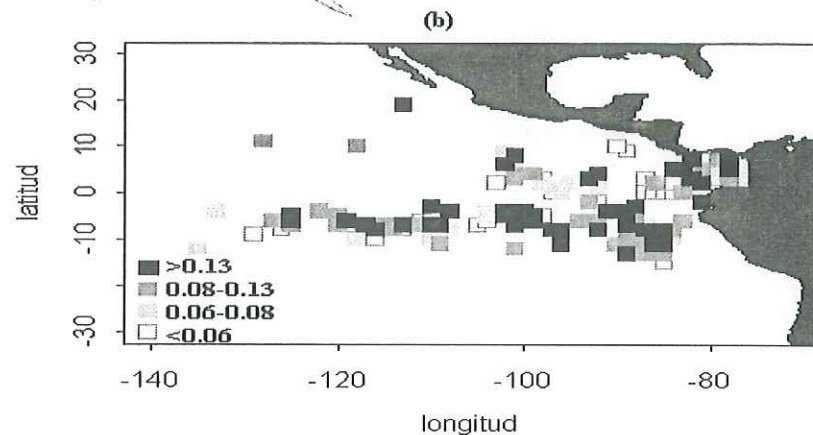
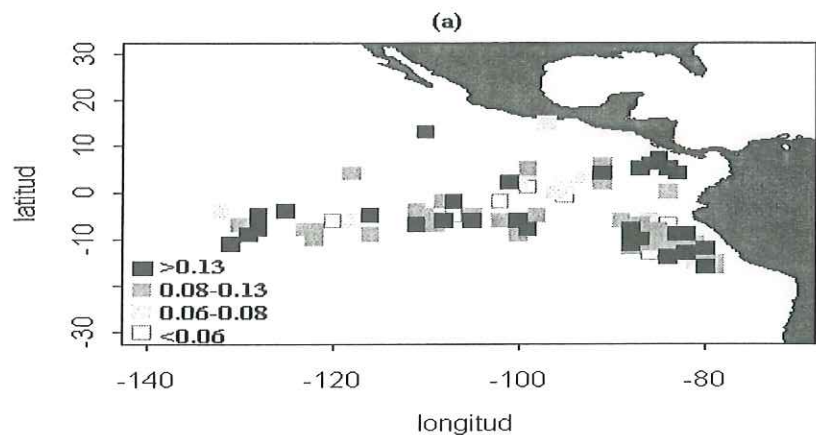
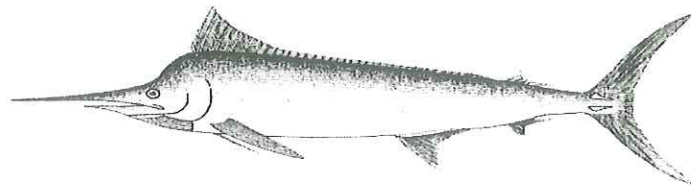


Fig 17.2. Número de individuos capturados del marlín negro (*Makaira indica*) con respecto a la captura principal , durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

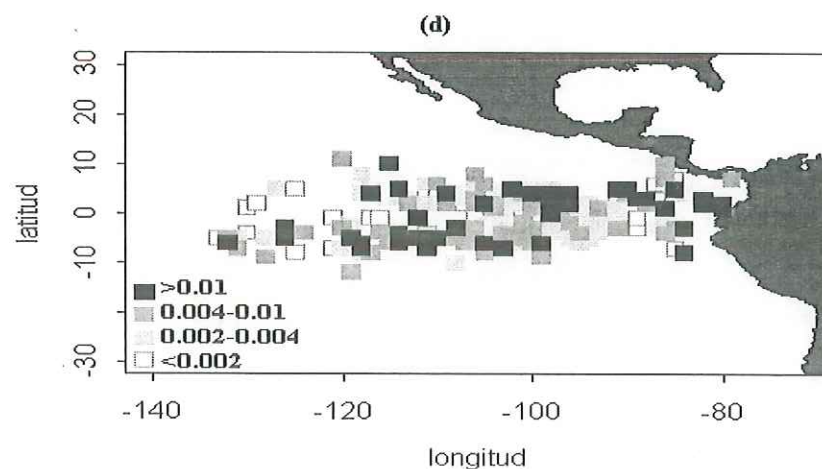
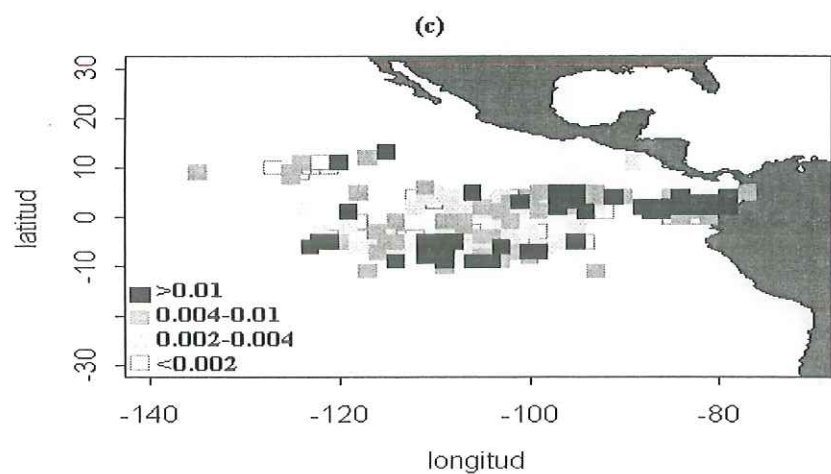
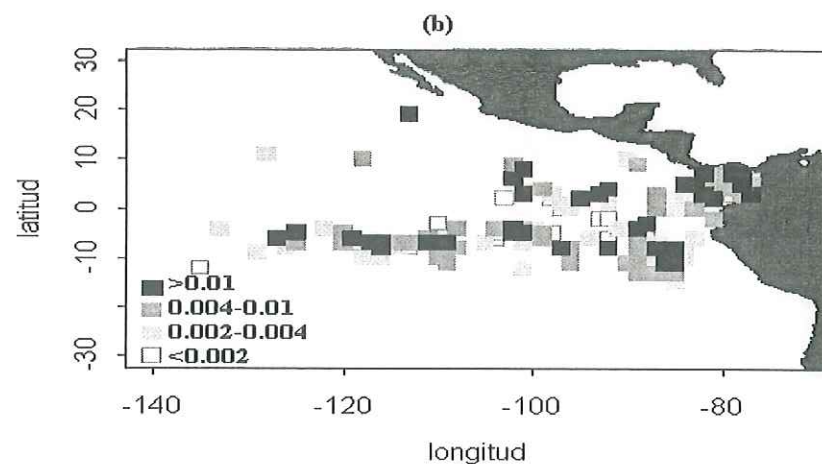
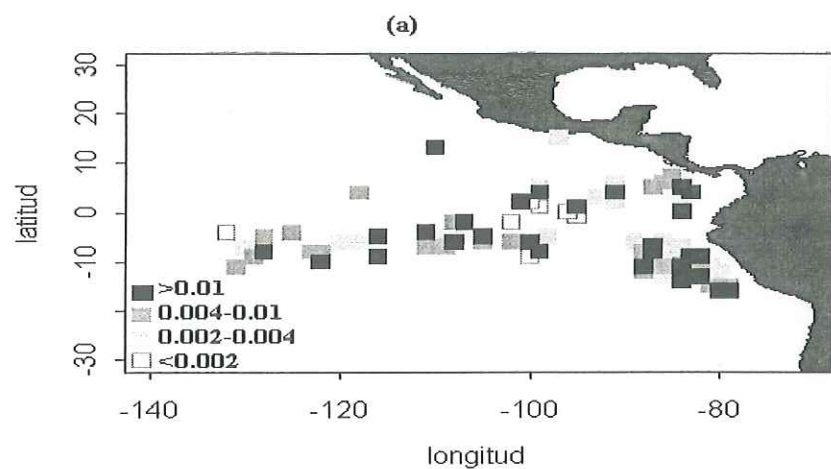


Fig 18.1. Tasas de captura del marlín rayado (*Tetrapturus audax*) durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

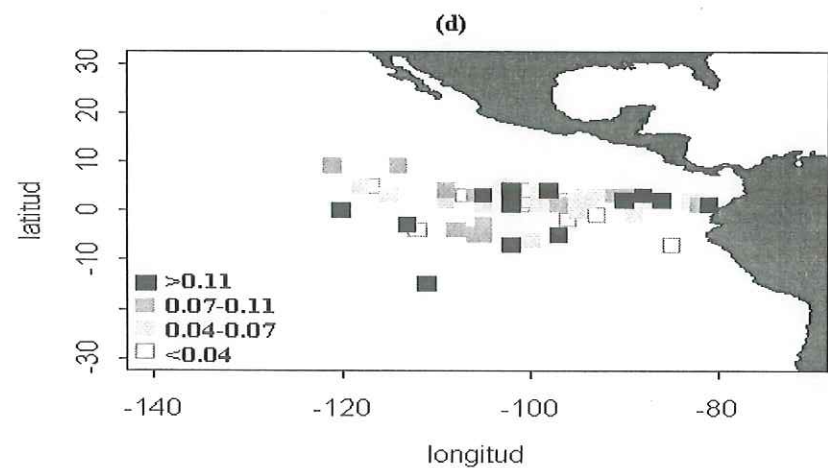
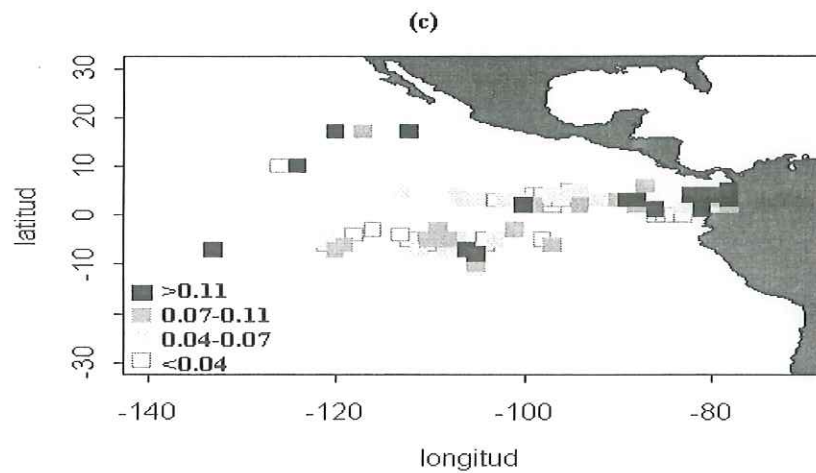
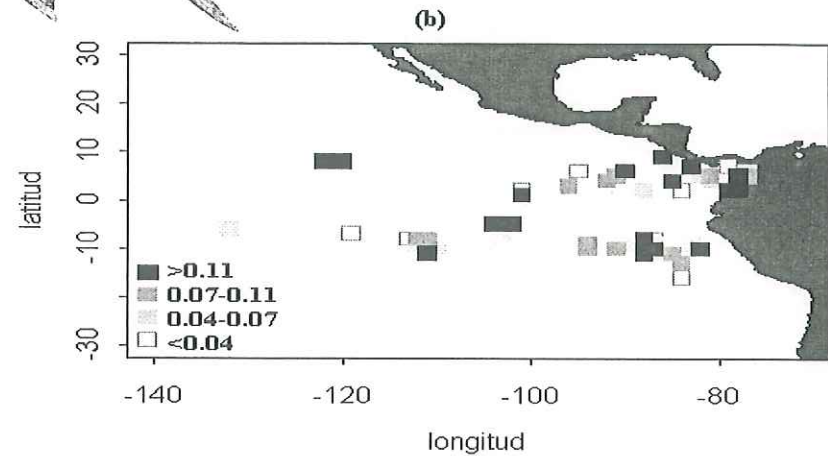
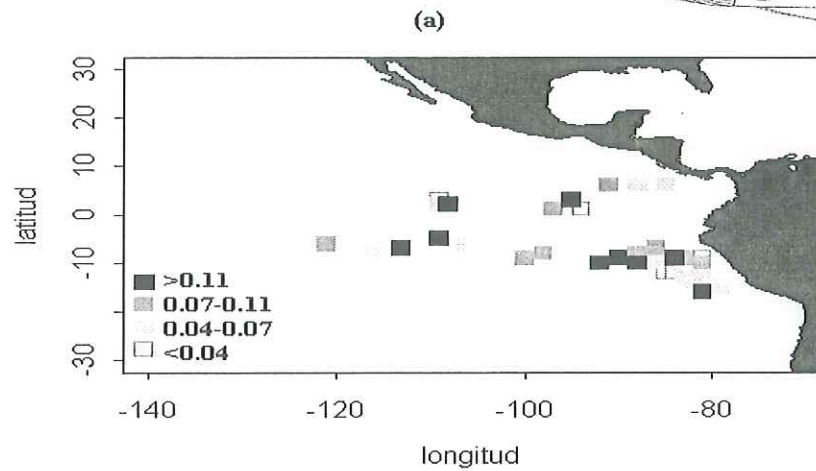
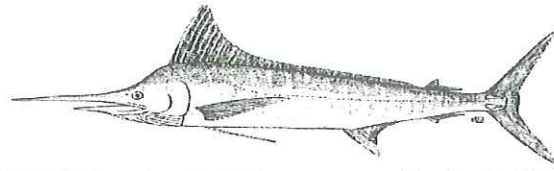
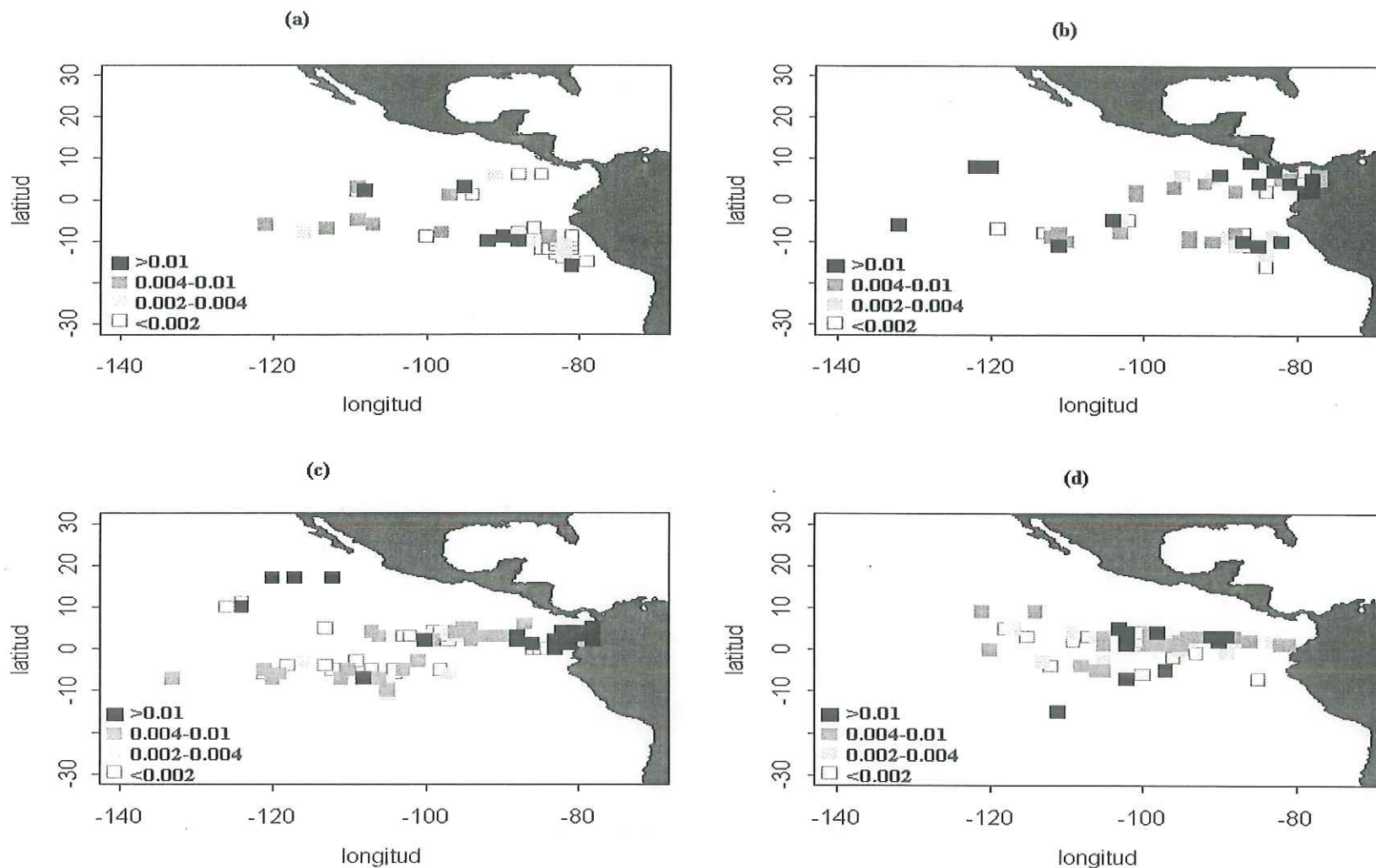
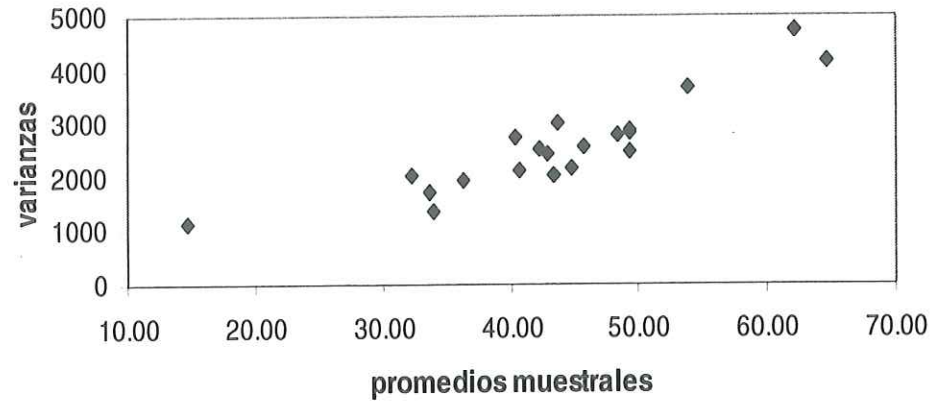


Fig 18.2. Número de individuos capturados del marlín rayado (*Tetrapturus audax*) con respecto a la captura principal, durante 1993-1997. a: enero-marzo; b: abril-junio; c: julio-septiembre; d: octubre-diciembre (los límites de las categorías se refieren a los tres cuartiles observados en la distribución de frecuencia de la variable graficada)

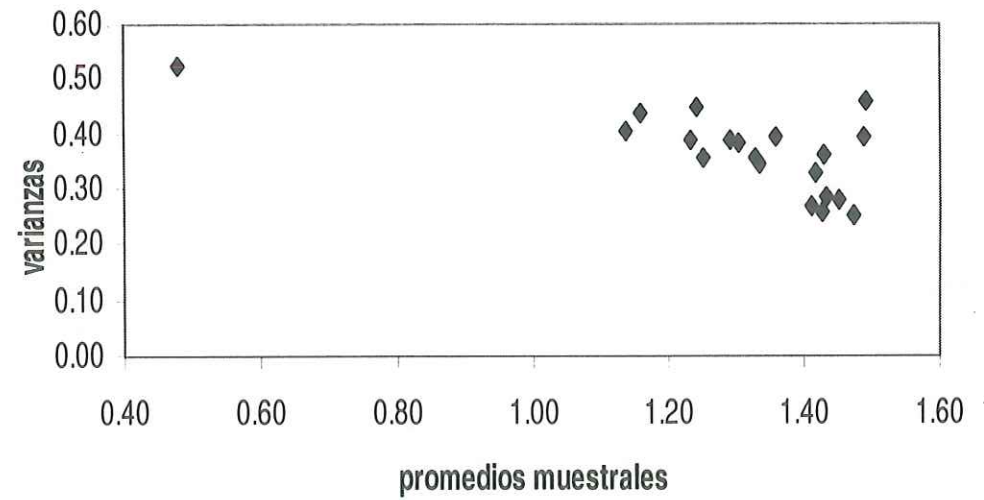


Figs 19 a y b. Relación entre la media y la varianza de las capturas en toneladas métricas (a) y de los logaritmos en base de 10 de las capturas (b), de todas las clases de objetos flotantes (OFTE, OFMA, OFA y DAP) y años, (1993-1997)

(a)



(b)



CONCLUSIONES GENERALES

Los objetos flotantes en el Pacífico Oriental han sido un elemento esencial en el desarrollo de diversas actividades de la pesca, así como un constituyente importante en el ecosistema. El trabajo presentado en este documento está relacionado a dos aspectos: uno con respecto a la distribución y la abundancia de los objetos flotantes; el otro, sobre las características espaciales de la fauna asociada a ellos.

Se han planteado varias preguntas relacionadas con los aspectos analizados aquí. Con respecto a la distribución y la abundancia de los objetos flotantes destacan las siguientes: ¿Los objetos flotantes tienen un mismo origen?; ¿La distribución espacial de los objetos flotantes depende de su origen?; ¿Existen cambios en la abundancia de objetos flotantes a través del tiempo?; ¿A través de un periodo anual?; ¿Estos cambios en abundancia son iguales en todo el Océano Pacífico Oriental?; ¿Las diferentes clases de objetos flotantes tienen la misma distribución?.

En el presente trabajo se analizó el patrón espacial de las diferentes clases de objetos flotantes en el Océano Pacífico Oriental.

El otro aspecto está relacionado con los patrones de distribución de la fauna asociada a los objetos flotantes. En este sentido se plantea lo siguiente: ¿Cuál es el papel de los objetos flotantes en la ecología de los atunes y de otras especies? ¿Cuál es el papel de los objetos flotantes en la constitución de comunidades biológicas? ¿Cómo afectan los ciclos

de vida de las especies? ¿Son todas las especies asociadas similares en los distintos océanos?.

Los resultados presentados de este trabajo permiten observar las características de la fauna asociada con objetos flotantes en grandes regiones y su distribución espacial.

Abundancia y distribución de los objetos flotantes.

Antes del año de 1992, los objetos flotantes a la deriva que dominaban las aguas del Pacífico Oriental eran fundamentalmente de origen natural. Entre ellos destacan los que tienen su origen en el continente americano, como son árboles (o partes de ellos) de diversas especies tropicales arrastrados por las desembocaduras de los ríos. Aunque parece ser que solamente una porción de estos objetos alcanzan la costa y se remontan hacia el mar, existe una gran cantidad de ellos que si logran penetrar en él. De hecho, se han podido establecer pesquerías de atún en torno a ellos, como en el Pacífico Oriental (Greenblatt, 1979; Hunter y Mitchel, 1966) y en otros océanos tropicales del mundo (Inoue *et al.*, 1968; Ariz *et al.*, 1993; Hallier y Parajua, 1999). Estas pesquerías se han establecido cerca de costas con bosques tropicales adyacentes (Caddy y Majkowsky, 1996).

En el Pacífico Oriental se recibe una cantidad importante de vegetación terrestre en las costas de Centroamérica y Sudamérica. Destaca por su importancia el golfo de Panamá, en particular, y las costas de Centroamérica en lo general. Estos objetos son retenidos

cerca de sus lugares de origen ya sea por acción de los vientos predominantes o por las corrientes superficiales circulares. Por ejemplo, en el golfo de Panamá es donde se observa una gran cantidad de estos objetos que se desplazan hacia su parte sur y posteriormente regresan hacia el norte. En este movimiento, muchos de estos objetos flotantes se pierden, ya sea por hundimiento, dependiendo del tipo de madera (Bilby *et al.*, 1999) o regresa al continente. Sin embargo, un porcentaje de estos logran salir de estos movimientos circulares y ser atrapados por corrientes costeras que se dirigen hacia el noroeste, como la corriente costera de Costa Rica. Esta corriente costera transporta a los objetos flotantes hasta una franja latitudinal entre los 10 y 15° N. Por acción de los vientos que prevalecen en esa zona y las corrientes costeras, estos objetos flotantes se dirigen hacia el oeste en donde se encuentran con la corriente ecuatorial del norte que los lleva hacia el oeste.

Un segundo grupo de objetos flotantes se constituye de elementos vivos o muertos de la flora y la fauna marina. Estos no son muy abundantes, en comparación con los objetos terrestres, o han tenido poca importancia para la pesca de atún entorno a objetos flotantes. En el Pacífico Oriental son importantes cerca de la península de Baja California y en la inmediaciones de las Islas Galápagos. En la primera zona destaca la vegetación marina a la deriva, mientras que en la segunda son principalmente cadáveres de organismos marinos. Contrariamente a lo reportado en el Atlántico Oriental en donde son importantes los organismos de natación lenta, como el tiburón ballena (*Rinichodon typus*) (Gaertner, *et al.*, 1996), en el Pacífico Oriental este tipo de objetos flotantes no son frecuentemente involucrados en la pesca del atún.

En el Pacífico Oriental las rutas comerciales y pesqueras contribuyen a la propagación de objetos flotantes a la deriva. Susuki (1999) por ejemplo, utiliza la información obtenida desde embarcaciones pesqueras y comerciales, para estimar la abundancia de objetos flotantes. Estos objetos, conjuntamente, con los provenientes del continente americano forman una clase aparte de objetos flotantes denominada de origen antropogénico. Esta clase no tiene un patrón definido, pero se observa que han sido menos importantes en la pesca del atún, que los de origen terrestre.

A partir de 1991 y 1992, aparece un nuevo elemento dentro de los objetos flotantes en el Pacífico Oriental: los dispositivos para agregar peces, DAP (Amstrong y Oliver, 1995). La acción de poner en superficie a este tipo de objetos se llama "sembrar". La presencia de esta clase de objeto se ha incrementado, tanto en número como en su distribución espacial, de tal forma que desde 1995 aparecen grandes extensiones al sur de la línea ecuatorial, frente a las costas de Perú y en dos franjas alejadas de las costas americanas. Una franja más al norte se localiza entre los 95 y 110° W, alrededor de la línea ecuatorial; la otra, localizada al sur de la primera, se extiende más hacia el oeste. Esta distribución de los DAP es muy semejante a la observada en el Atlántico Occidental (Ariz, *et al.*, 1993). Como en ese océano, los DAP han permitido extender la zona de pesca superficial del atún en donde anteriormente era inexistente.

Características espaciales de la fauna asociada con los objetos flotantes.

Los objetos flotantes tienen un impacto en la distribución de la fauna asociada. Por ejemplo, se ha observado que ellos han sido un factor en el transporte de la fauna de un lugar a otro (Cox y Moore, 1993). En el Pacífico Oriental se observa que existen dos grandes regiones en donde se distinguen componentes específicos de la fauna asociada. Una región que abarca la zona costera de Colombia, el golfo de Panamá, Centroamérica y el sur de México. Esta zona está conectada con la zona oceánica a través de los objetos flotantes, principalmente de origen terrestre, que la transitan. La fauna asociada a objetos flotantes en esta zona incluye organismos que son reclutas de especies epipelágicas que habitan el Pacífico Oriental. Por ejemplo, se observan reclutas de atún aleta amarilla y de especies de tiburón (*Carcharhinus spp.*). Una de estas especies es el tiburón sedoso (*C. falciformis*). La otra región es la que coincide con la distribución de los dispositivos para agregar peces, la cual tiene como grupo representante a los reclutas del atún patudo (*Thunnus obesus*). Sin embargo a ello, algunas especies son compartidas por ambas zonas, como es el caso del tiburón oceánico punta blanca (*Carcharhinus longimanus*).

Se observan especies que frecuentemente se asocian a los objetos flotantes. Este es el caso de especies de dorado (*Coryphaena spp.*) y el peto (*Acanthocybium solandri*). Otras que lo hacen de manera ocasional o rara, como algunas especies de marlines y peces pico (*Makaira mazara*, *M. indica*, etc.). Estos grupos son importantes en la cadena trófica de las comunidades epipelágicas, en la transferencia de materiales y de energía de un nivel a otro de la trama trófica, como organismos ápice de esta cadena y por su abundancia.

Asimismo, son importantes en pesquerías comerciales o deportivas de la región. Sin embargo, en el análisis de los patrones espaciales de la fauna asociada a objetos flotantes estos no aportaron información relevante.

Con respecto a la distribución y abundancia de los objetos flotantes se concluye lo siguiente:

1. De 1983 a 1991 en el Océano Pacífico Oriental dominan los objetos flotantes de origen natural terrestre, OFTE. Estos entran al océano principalmente por el golfo de Panamá durante el segundo y cuarto trimestre del año. Los OFTE son retenidos cerca de la costa por la acción de la corriente costera de Costa Rica (ramal de la Contracorriente Ecuatorial) y, posteriormente, giran hacia el oeste por el paralelo de los 10° N, por encima de la cresta de la termoclina.
2. En años posteriores al periodo, con presencia de El Niño - Oscilaciones del Sur (ENSO), los objetos flotantes se dispersan en la superficie lejos de la costa y viajan al oeste sobre una banda entre el Ecuador y los 5° N, más al sur que en años normales. Asimismo, no se observan OFTE dentro del golfo de Panamá
3. De 1991 en adelante, la "señal" de distribución de OFTE se distorsiona por la presencia de los dispositivos para agregar peces (DAP) que se introducen en latitudes al sur del Ecuador.

4. Se distinguen tres zonas de objetos flotantes: una costera, una oceánica del norte y una oceánica del sur.
5. La zona costera abarca desde el golfo de Guayaquil, en Ecuador, hasta el golfo de Tehuantepec, en México. En esta zona abundan los objetos flotantes de origen terrestre.
6. La zona oceánica del norte esta influenciada por el giro anticiclónico del norte. En esta zona abundan los objetos flotantes de origen terrestre y los objetos flotantes de origen antropogénico.
7. En la zona oceánica del sur, influenciada por el giro anticiclónico del sur, la mayoría de los objetos flotantes son dispositivos para agregar peces.
8. Los objetos flotantes de origen marino, como algas a la deriva o cadáveres de organismos marinos, se localizan en dos zonas restringidos: 1. Cerca de la península de Baja California y 2. En las inmediaciones de las Islas Galápagos.

En cuanto a los patrones espaciales de la fauna asociada con objetos flotantes se concluye lo siguiente:

9. Las zonas costera y oceánica del norte comparten una fauna similar asociada a los objetos flotantes. Los grupos de especies distintivas de ellas son: el grupo del tiburón sedoso* (*C. falciformis* y *C. limbatus*), los reclutas del grupo del tiburón sedoso* y los reclutas de atún aleta amarilla (*T. albacares*).
10. El principal grupo de organismos asociados con objetos flotantes en la zona oceánica del sur son los reclutas de patudo (*T. obesus*).
11. El tiburón punta blanca (*C. longimanus*) es una especie que comparten las dos zonas oceánicas, pero no es común en la zona costera.

De acuerdo con todo lo anterior, se concluye que el Océano Pacífico Oriental muestra dos grandes zonas con características diferentes. Estas zonas tienen como frontera común la Contracorriente Ecuatorial (CCE). Los objetos flotantes de la zona al norte de la CCE son principalmente de origen terrestre. Los correspondientes a los de la zona sur son en su mayoría dispositivos para agregar peces. La fauna asociada a los objetos flotantes de la zona norte se distingue por el grupo de los tiburones sedoso*, cuyas principales especies son el *Carcharhinus falciformis* y el *C. limbatus*. Además, se observan también una gran cantidad de reclutas de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*). Otras especies son el salmonete (*Elagatis bipinnulata*) y el jurel (*Seriola lalandi*). En la zona sur, el grupo principal de la fauna asociada es el de los reclutas de patudo (*Thunnus obesus*). Las dos

zonas comparten algunas especies, como por ejemplo el tiburón punta blanca (*Carcharhinus longimanus*).

LITERATURA CITADA

Anganuzzi, A y SB Buckland (1992) Reducing bias in trends in dolphin relative abundance, estimated from tuna vessel data. **Rep Int Whal Commn**, 39: 323-334.

Anónimo (1991) **Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (1989)**. La Jolla, Ca. 270 p.

Anónimo (1992) **Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (1991)**. La Jolla, Ca. 271 p.

Anónimo (1993) **Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (1992)**. La Jolla, Ca. 315 p.

Anónimo (1994) **Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (1993)**. La Jolla, Ca. 316 p.

Amstrong, WA y ChW Oliver (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 p.

Aprieto, V (1987) Tuna FADs in Philippines. **Rep 2th Meet Tuna Res Group Southeast Asian Region, FAO. 92-96**.

Aprieto, VL y R Ganaden (1987) A review of the Philippine tuna fishery. **U.P.V. Fish J. 3(1-2): 39-59**.

Arenas, P, M Hall y M García (1999) Association of fauna with floating objects in the eastern Pacific Ocean. En: **MD Scott, WH Bayliff, CE Lennert-Cody y KM Shaefer (edit) Proc Internat Work Ecol Fish Tunas Assoc Objects. Interamerican Tropical Tuna Commision. 285-326**.

Ariz, J, A Delgado, A Fonteneau, F González Costas y P Pallarés (1993) Logs and tunas in the eastern tropical atlantic: a review of present knowledges and uncertaintes. **Coll Vol Sci Pap, ICCAT. 40(2): 421-446**.

Ariz, J, A Delgado, A Fonteneau, F González y P Pallarés (1999) Logs and tunas in the eastern tropical atlantic: a review of present knowledges and uncertaintes. En: **MD Scott, WH Bayliff, CE Lennert-Cody y KM Shaefer (edit) Proc Internat Work Ecol Fish Tunas AssocObjects. Interamerican Tropical Tuna Commision. 21-65**.

Ariz, J, A Delgado, R Delgado, P Pallarés y JC Santana (1999) Resultados de la explotación de los cardúmenes de túnidos asociados a un dispositivo agregador de peces, mediante diez pescas consecutivas. **SCRS, 063**.

Arnz, WE y J Tarazona (1990) Effects of El Niño 1982-83 on benthos, fish and fisheries off the South American Pacific coast. En: **Glyn, PW Global Ecological Consequences of the 1982-83 El Niño - Southern Oscillation. Elsevier Oceanography Series, 52:**

Au, DW (1991) Polyspecific nature of tuna schools: shark, dolphin, and seabird associated. **Fish Bull.** **89:** 343-354.

Bailey, K, PG Williams y D Itano (1996) By-catch and discards in Western Pacific tuna fisheries: a review of SPC data holdings and literature. **Ocean Fish Prog. Tech rep 34.** Noumea, New Caledonia.

Barber, RT y JE Kogelshetz (1990) Nutrients and productivity during the 1982/83 El Niño. En: **Glyn, PW Global Ecological Consequences of the 1982-83 El Niño - Southern Oscillation. Elsevier Oceanography Series, 52:**

Batalyants, K Ya (1992) On the hypothesis of confortability stipulation of tuna association with natural and artificial floating objects. **Coll Vol Sci Pap ICCAT.** **40(2):** 447-453.

Beardsley, GL (1967) Age, growth, and reproduction of the dolphin, *Corypahena hippurus*, in the Starits of Florida. **Copeia.** **2:** 441- 451.

Bilby, RE, JT Heffner, BR Fransen y JW Ward (1999) Effects of immersion in water on deterioration of wood from five species of trees used for habitat enhancement projects. **North Amer J Fish Managem.** **19:** 687-695.

Buckland, ST (1985) Perpendicular distance models for line transect smapling. **Biometrics,** **41:** 177-195.

Buckland, ST, DR Anderson, KP Burnham y JL Laake (1993) **Distance Sampling.** Chapman & Hall, USA. 446 p.

Buckland, ST y BJ Turnock (1992) A robust line transect method. **Biometrics.** **48:** 901-909.

Buckland, ST, KL Cattnach y AA Anganuzzi (1992) Estimating trends in abundance of dolphins associated with tuna in the eastern tropical Pacific Ocean, using sightings data collected on commercial tuna vessels. **Fish Bull,** **90(1):** 1-12.

Buckley, TW y BS Miller (1994) Feeding habits of yellowfin tuna associated with fish aggregation devices in American Samoa. **Bull Mar Sci.** **55(2-3):** 445-459.

Caddy, J y J Majkowski (1996) Tuna and trees: a reflection on a long-term perspective for tuna fising around floating logs. **Fisheries research** **25:** 369-376.

- Castro, José (1983) **The sharks of North American waters**. Texas A & M Univ Press. USA.
- Clark LA y D Pregibon (1993) Tree-based models en: **JM Chambers y TJ Hastie (eds) Statistical models in S**. Chapman-Hall, USA. 377-417.
- Cole, JS (1980) Synopsis of biological data on the yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Bonaterre, 1788), in the Pacific Ocean. En: **WH Baylif (edit) Synopses of Biological data on eighth of scombrids**. 71-150.
- Collette, BB (1995) Scombridae. En: **W Fischer, F Krupp, W Schneider, C Sommer, KE Carpenter y V Niem (edit). Guía FAO para la identificación de Especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro Oriental**. FAO, Roma. 1521-1543.
- Compeán-Jiménez, G (1993) Aprovechamiento del atún y protección de delfines. En: **SI Salazar-Vallejo y NE González (edit) Biodiversidad marina y costera de México**. CONABIO-CIQRO, México. 129-138.
- Cox, CB y OD Moore (1993) **Biogeography**. Blackwell Sci Pub, USA.
- Chambers, JM y TJ Hastie (1993) **Statistical models in S**. Chapman & Hall Computers Science Series, USA. 608 p.
- Dagorn, L, JM Stretta y M Petit (1995) Etude théorique du phénomène d'aggrégation des bancs de thons sous les objets flottants á partir d'un modèle de comportement grégaire des thons. **Coll Doc Sci Pap, ICCAT 40(3): 295-307**.
- Dagorn, L y P Fréon (1999) Tropical tuna associated with floating objects: a simulation study of the meeting point hypothesis. **Can J Fish Aquat Sci. 56: 984-993**.
- Damant, GCC (1921) Illumination of plankton. **Nature, 108: 42-43**.
- Delgado de Molina, A, J Ariz, D Gaertner y JC Santana (1999) Estimación de la importancia de las capturas de especies accesorias y de descartes en la pesquería de cerco de túnidos tropicales en el océano Atlántico Oriental. **SCRS/99/049**. 15 p.
- De La Rosa, C (1995) Middle american streams and rivers. En: **CE Cushing, KW Cummins y GW Marshall (eds) Ecosystem of the world 22: river and stream ecosystems**. 189-218.
- De Silva, JA y RE Condrey (1998) Discerning patterns in patchy data: a categorical approach using gulf menhaden, *Brevoortia patronus*, bycatch. **Fish Bull 96(2): 193 - 209**.
- Deudero, S, O Merella, B Morales-Nin, E Massutí y F Alemany (1999) Fish communities associated with FADs. **Sci Mar, 63(3-4): 199-207**.

Dickson, JO y AC Natividad (ms) Tuna fishing and a review of "Payaw" in the Philippines. **Coll Pêche thoinere et dispositifs de concentration de poissons.** (manuscrito).

Edwards, EF y PC Perkins (1998) Estimated tuna discard from dolphin, school, and log sets in the eastern tropical Pacific Ocean, 1989-1992. **Fish Bull.** 96: 210-222.

Eischeid, JK, CB Baker, TR Karl y HF Diaz (1994) The quality control of long-term climatological data using objective data analysis. **JAM**, 34(12): 2787-2795.

Eschmeyer, WN, ES Herald y H Hamman (1983) **A field guide to Pacific coast fishes of North America.** Houghton Mifflin Co, USA. 336 p.

Fedoryako, BI (1982) Langmuir circulations and a possible mechanism of formation of fish associations around a floating objects. **Oceanology** 22(2): 228-232.

Fiedler, PC, FP Chávez, DW Behringer y SB Reilly (1992) Physical and biological effects of Los Niños en the eastern tropical Pacific, 1986-1989. **Deep-sea Res.** 39(2): 199-219.

Fiedler, PC (1992) Seasonal climatologies and variability of eastern tropical Pacific surface waters. **NOAA Tech Rep NMFS** 109: 65 p.

Fonteneau, A (1992) Peche toniere et objects flottants: situation mondiale et perspectives. **Coll Doc Sci Pap, ICCAT** 40(2): 459-472.

Forsbergh, ED (1969) On the climatology, oceanography and fisheries of the Panama Bight. **Bull IATTC** 14(2): 385 p.

Froese, R y D Pauly (1998) **Fishbase 98: Concepts, design and data sources.** ICLARM, Philipinas. 293 p.

LITINOV (1990)

Gaertner, D, M Pagavino y J Marcano (1996) Utilisarion de modèles lenéaires généralisés pour évaluer les stratégies de pêche thoniére á la senne en présence d'espèces associées dans l'Atlantique ouest. **Aquat Living Res.** 9: 305-323.

Gaertner, D y M Medina-Gaertner (1999) An overview of the tuna fishery in the southern Caribbean sea. En: **MD Scott, WH Bayliff, CE Lennert-Cody y KM Shaefer (edit) Proc Internat Work Ecol Fish Tunas AssocObjects. Interamerican Tropical Tuna Commision.** 66-86.

García, M, M Hall, A Pares-Sierra y P Arenas (1999) Simulated trajectories of floating objects entering the eastern tropical Pacific Ocean. En: **MD Scott, WH Bayliff, CE Lennert-Cody y KM Shaefer (edit) Proc Internat Work Ecol Fish Tunas AssocObjects. Interamerican Tropical Tuna Commision.** 346-395.

Gooding, RM y JL Magnuson (1967) Ecological significance of a drifting object to pelagic fishes. **Pac Sci.** XXI(4): 486-496.

Glyn, PW (1990) **Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño - Southern Oscillation.** Elsevier Oceanography Series, NY.

Greenblatt, PR (1979) Associations of tuna with flotsam in the eastern tropical Pacific. **Fish Bull.** 77(1): 147-155.

Hall, M, P Arenas y F Miller (1992) The association of tunas with floating objects and dolphins in the eastern Pacific Ocean. **Internat Work Ecol Fish Tunas Assoc Floating Objects.** 26 p.

Hall, M (1992) The association of tunas with floating objects and dolphins in the eastern Pacific Ocean. VII. Some hypotheses on the mechanisms governing the association of tunas with floating objects and dolphins. **Internat Work Ecol Fish Tunas Assoc Floating Objects.** 6 p.

Hall, M (1996) On bycatches. **Rev Fish Biol and Fisheries.** 6: 319-352.

Hall, M, C Lennert-Cody, M García y P Arenas (1999a) Characteristics of floating objects and their attractiveness for tunas. En: **MD Scott, WH Bayliff, CE Lennert-Cody y KM Shaefer (edit) Proc Internat Work Ecol Fish Tunas Assoc Objects. Interamerican Tropical Tuna Commission.** 396-446.

Hall, M, M García, C Lennert-Cody, P Arenas y F Miller (1999b) The association of tunas with objects and dolphins en the eastern Pacific Ocean: A review of the current purse-seine fishery. En: **MD Scott, WH Bayliff, CE Lennert-Cody y KM Shaefer (edit) Proc Internat Work Ecol Fish Tunas Assoc Objects. Interamerican Tropical Tuna Commission.** 87-194.

Hallier, JP (1995) Purse seine fishery on floating objects: What kind of fishing effort? What kind of abundance indices?. En: **Ardill, JD (eds) Proc Expert Consultaion on Indian Ocean Tunas, 5th Session. Mahé, Seychelles. 4-8 Oct, 1993.** 7 p.

Hallier, JP 1995 Tropical tuna fishing with purse seine and log. **INFOFISH 4:** 53-58.

Hallier, JP y J Parajua (1999) Review of tuna fisheries on floating objects in the Indian Ocean En: **MD Scott, WH Bayliff, CE Lennert-Cody y KM Shaefer (edit) Proc Internat Work Ecol Fish Tunas Assoc Objects. Interamerican Tropical Tuna Commission.** 195-221.

Hampton, J y K Bailey (1993) Fishing for tunas associated with floating objects: a review of the Western Pacific fishery. **Tuna and Billfish Assessment Program, SPC. Tech Rep. 31.** 48 p.

Hampton, J y K Bailey (1999) Fishing for tunas associated with floating objects: review of the western Pacific fishery. En: **MD Scott, WH Bayliff, CE Lennert-Cody y KM Shaefer (edit) Proc Internat Work Ecol Fish Tunas Assoc Objects. Interamerican Tropical Tuna Commision. 222-284.**

Hansen, DV (1990) Physical aspects of the El Niño event of 1982-83. En: **PW Glyn (edit) Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño - Southern Oscillation.**

Hastie, TJ y R Tibshiranie (1986) Generalized Additive Models. **Stat Sci. 1(3): 297-318.**

Hastie, TJ y R Tibshiranie (1990) **Generalized Additive Models.** Chapman & Hall, USA. 335 p.

Hilborn, R y P Medley (1989) Tuna purse-seine fishing with fish-aggregating devices (FAD): models of tuna Fad interactions. **Can J Fish Aquat Sci. 46: 28-32.**

Hudon, Ch (1990) Distribution of shrimp and fish by-catch assemblages in the Canadian Eastern Arctic in realtion to water circulation. **Can J Fish Aquat Sci. 47: 1710-1723.**

Hunter, JR y ChT Mitchel (1966) Association of fishes with flotsam in the offshore waters of central America. **Fish Bull, 66(1): 13-29.**

Inoue, M, R Amano, Y Iwasaki y M Yamauti (1968) Studies on environments alluring skipjack and other tunas - III. Tagging experiments on the experimental driftwoods as part of ecological study of tunas. **Bull Jap Soc Sci Fish. 34(4): 288-294.**

Joseph, J (1994) The tuna-dolphin controversy in the Eastern Pacific Ocean: biological, economics, and political impacts. **Ocean Develop Internat Law. 25: 1-30.**

Kato, S (1967) Sharks of the genus *Carcharhinus* associated with tuna fishery in the eastern tropical Pacific Ocean. **US Fish and Wildlife Service Circular 172, Bureau of Comm Fsih, Washington, DC. 22 p.**

Kingsford, MJ (1999) Fish attraction devices (FADs) and experimental designs. **Sci Mar, 63(3-4): 181-190.**

Kingsford, MJ y A DeFries (1999) The ecology and fishery of *Coryphaena spp.* In the waters around Australia and New Zealand. **Sci Mar, 63(3-4): 267-275.**

Kwiscinsky, B y B Chial (1992) Evento del fenómeno de "El Niño" 1991-92 en Panamá. **CPPS Bol ERFEN. 31: 40-46.**

Laake, JL, ST Buckland, DR Anderson y KP Burnham (1994) Distance User's guide V2.1. **Colorado Cooperative Fish & Wildlife Research Unit, Colorado State University, Fort Collins, CO, USA. 84 p.**

Lara-Tejeda, J y R Solana-Sansores (1997) Cadenas de markov para analizar el comportamiento de la flota pesquera mexicana en la búsqueda de atún. **Mem XI Foro Nac Estadística, México.** 90-93.

Lawson, TA (1997) Estimation of bycatch and discards in Central and Western Pacific tuna fisheries: preliminary results. **Internal Rep 33. Ocean Fish Program.** South Pacific Comm, Neumea, New Caledonia. 30 p.

Lennert-Cody, C, M García y M Hall (1999) The development of FAD fishery in the Eastern Pacific Ocean: 1992-1998 (abstract). **Peche thoinière et dispositifs de concentration de poissons.** P. 22

Litinov, FF (1990) Structure of epipelagic elasmobranch communities in the Atlantic and Pacific Oceans and their change in recent geological time. **Scripta Technica, Inc.** 75-87.

Marsac, F, P Cayré y F Conand (1996) Analysis of small-scale movements of yellowfin tuna around fish-aggregated devices (FADS) using sonic tags. En: **Anganuzzi, A, KA Stobberup y NJ Webb (eds) Proc Expert Consultation on Indian Ocean Tunas, 6th Session,** Colombo, Sri Lanka. 151-159.

Maser, Ch y JR Sedell (1994) **From the forest to the sea: The ecology of wood in streams, rivers, estuaries, and oceans.** St Lucie Press, USA. 200 p.

Massutí, E, B Morales-Nín y S Deudero (1999) Fish fauna associated with floating objects sampled by experimental and commercial purse seine, **Sci Mar**, 63(3-4): 219-227.

Nakata, H, H Takeuchi y T Hirano (1988) A field experiment with drifting hoop nets to collect the small fish gathering around drift algae. **Nippon Suisan Gakkaishi**, 54(11): 1899-1906.

Pallares, P. A Delgado de Molina, JC Santana, R Delgado de Molina, J Ariz (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.

Parin, N y B Fedoryako (1999) Pelagic fish communities around floating objects in the open ocean. En: **MD Scott, WH Bayliff, CE Lennert-Cody y KM Shaefer (edit) Proc Internat Work Ecol Fish Tunas Assoc Objects.** Interamerican Tropical Tuna Commission. 447-458.

Press, WH, SA Teukolsky, WT Vetterling y BP Flannery. 1992. Numerical recipes in C: the art of scientific computing. Cambridge Univ Press, USA. 994 p.

Preston, G (1982) The Fijian experience in the utilisation of fish aggregation device. **14th Reg Tech Meet Fish.** Noumea, New Caledonia. 61 p.

Punsly, GR, PK Tomlinson y AJ Mullen (1994) Potential tuna catches in the eastern Pacific Ocean from schools not associated with dolphins. **Fish Bull** 92: 132-143.

Reilly, SB (1990) Seasonal changes in the distribution and habitat differences among dolphins in the eastern tropical Pacific **Mar Ecol Prog Ser.** 66: 1-11.

Richards, L, J T Schnute y J Fargo (1994) Application of a generalized logit model to condition data for trawl-caught pacific halibut, *Hippoglossus stenolepis*. **Can J Fish Aquat Sci.** 51: 357-364.

Ribic, ChA, TR Dixon y I Vining (1992) Marine debris survey manual. **NOAA Tech Rep NMFS** 108. 92 p.

Roullot, J, A Venkatasami y S Soondron (1988) Fishing of big pelagic fishes around fish aggregating devices in Mauritius. **Proc IOFC//Expert consultation on the stock assessment of tunas in the Indian Ocean, Mauritius.** 233 - 249.

Sakagawa, G (1999) Changes in fishing operations of U.S. tuna purse seiners in the Western Pacific Ocean (abstract). **Peche thoinière et dispositifs de concentration de poissons.** P. 62.

Scott, M (1999) Report of the workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects. En: **MD Scott, WH Bayliff, CE Lennert-Cody y KM Shaefer (edit) Proc Internat Work Ecol Fish Tunas AssocObjects. Interamerican Tropical Tuna Commission.** 1-9.

Schaefer, KM (1998) Biología reproductiva del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Océano Pacífico Oriental. **Bol de la Comisión Interamericana del Atún Tropical.** 21(5): 205-272.

Skillman, RA y MYY Yong (1976) Von Bertalanffy growth curves for striped marlin, *Tetrapturus audax*, and blue marlin, *Makaira nigricans*, in the central north Pacific ocean. **Fish Bull,** 74(3): 553-566.

Smith-Vaniz, WF (1995) Carangidae. En: **W Fischer, F Krupp, W Schneider, C Sommer, KE Carpenter y V Niem (edit). Guía FAO para la identificación de Especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro Oriental.** FAO, Roma. 940-986.

Soepanto (1989). Development of tuna and skipjack fisheries under the nucleus estate payaos system, Pt, Usaha Mina (Persero). **3th Southeast Asian Tuna Conference,** 31 p.

Solana-Sansores, R y I Méndez-Gómez-Humarán (1996) Patrones espaciales de cardúmenes poliespecíficos en la pesca del atún en el Océano Pacífico Oriental. **Hidrobiológica.** 6(1-2): 77-85.

Solana-Sansores, R (1999) El mar inicia en las montañas: la pesca de atún sobre objetos flotantes. **Avance y Perspectiva**, 18: 11-19.

Shumway, RH (1988) **Applied statistical time series analysis**. Prentice Hall, USA.

Stevenson, MR, O Guillen y J Santoro de Ycaza (1970) **Marine Atlas of the Pacific coastal waters of South America**. University of California, USA. 23 p.

Sususki, 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. . En: **MD Scott, WH Bayliff, CE Lennert-Cody y KM Shaefer (edit) Proc Internat Work Ecol Fish Tunas Assoc Objects. Interamerican Tropical Tuna Commision**. 459-479.

Tabachnick, BG y LS Fidell (1989) **Using Multivariate Statistics**. Harper Collins Pub. USA. 746 p.

Tukey, JW (1977) **Exploratory Data Analysis**. Addison-Wesley Pub Co, USA. 506 p.

Valle-Espinosa, C (1998) Clasificación de comunidades marinas en base a la teoría de conjuntos borrosos. **Universidad Autónoma de Baja California**, México. 52 p. (tesis de maestría).

Venables, WN y BD Ripley (1994) **Modern applied statistics with S-plus**. Springer-Verlag, USA. 462 p.

Venkatasami, A y A Sheik Mamode (1996) Fish-aggregating devices (FADS) as a tool to enhance production of artisanal fisherman: problems and perspectives. En: **Anganuzzi, AA, KA Stobberup, NJ Webb (eds). Proc expert consultation on Indian Ocean tunas, 6 Session, Colombo, Sri Lanka. IPTP Coll vol 9: 121-125**.

Wyrski, K (1965) Corrientes superficiales del océano Pacífico Oriental Tropical. **Bol Com Interamer Atún Trop. IX(5): 271-303**.

Wolanski, E y WM Hamner (1988) Topogaphically controller fronts in the ocean and their biological influence. **Science**, 241: 177-181.

Young, LJ y JH Young (1998) **Statistical Ecology: A population perspective**. Kluwer Academic Pub, USA. 565 p.

