



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**  
**DEPARTAMENTO DE PESQUERÍAS**

**ANÁLISIS DE LA PESQUERÍA MEXICANA DE ATÚN, CON  
ÉNFASIS EN TRES TIPOS DE INDICADORES DE CARDÚMENES.**

**TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS PESQUERAS  
PRESENTA**

**LUIS FERNANDO BAUTISTA CORTÉS**

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE  
CIENCIAS MARINAS  
**BIBLIOTECA**  
**I.P.N.**  
**DONATIVO**

LA PAZ, B. C. S., MAYO 1997.

**ÍNDICE**

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

GLOSARIO

RESUMEN

**SUMMARY**

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	3
OBJETIVO:.....	7
METAS.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
Origen de los datos.....	8
Zonasytemporadasdepesca.....	9
Normalización del esfuerzo de pesca.....	12
Resultadosdelapesca.....	13
Análisis con la estructura térmica vertical.....	16
RESULTADOS.....	16
Zonasytemporadasdepesca.....	17
Objetos flotantes.....	17
Cardúmenes libres.....	24
Delfín.....	31
Normalización del esfuerzo de pesca.....	38
Éxitodepesca.....	40
Lancessincaptura.....	45
Composición de la captura.....	46
Eficiencia de pesca relativa.....	47
Estructura térmica vertical y resultados de la pesca.....	50
DISCUSIÓN.....	58
Zonasytemporadasdepesca.....	58
Resultados de la pesca.....	62
Estructura térmica vertical y resultados de la pesca.....	65
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFÍA	

## **Lista de figuras**

Figura 1. Porcentaje anual de lances por tipo de cardumen

Figura 2. Distribución trimestral de lances sobre objetos flotantes en 1990

Figura 3. Distribución trimestral de lances sobre objetos flotantes en 1991

Figura 4. Distribución trimestral de lances sobre objetos flotantes en 1992

Figura 5. Distribución trimestral de lances sobre objetos flotantes en 1993

Figura 6. Distribución trimestral de lances sobre objetos flotantes 1990-I 993.

Figura 7. Distribución total de lances sobre objetos flotantes durante 1990-I 993.

Figura 8. Distribución trimestral de lances sobre cardúmenes libres en 1990

Figura 9. Distribución trimestral de lances sobre cardúmenes libres en 1991

Figura 10. Distribución trimestral de lances sobre cardúmenes libres en 1992

Figura 11. Distribución trimestral de lances sobre cardúmenes libres en 1993

Figura 12. Distribución trimestral de lances sobre cardúmenes libres 1990-I 993

Figura 13. Distribución total de lances sobre cardúmenes libres durante 1990-1993

Figura 14. Distribución trimestral de lances sobre delfín en 1990

Figura 15. Distribución trimestral de lances sobre delfín en 1991

Figura 16. Distribución trimestral de lances sobre delfín en 1992

Figura 17. Distribución trimestral de lances sobre delfín en 1993

Figura 18. Distribución trimestral de lances sobre delfín 1990-1993

Figura 19. Distribución total de lances sobre delfín durante 1990-1993

Figura 20. Promedios anuales del EXP con cardúmenes asociados a objetos flotantes

Figura 21. Promedios anuales del EXP con cardúmenes libres

Figura 22. Promedios anuales del EXP con cardúmenes asociados a delfín

Figura 23. Anomalías mensuales del EXP con cardúmenes asociados a objetos flotantes

Figura 24. Anomalías mensuales del EXP con cardúmenes libres.

Figura 25. Anomalías mensuales del EXP con cardúmenes asociados a delfín.

Figura 26. Porcentaje anual de lances sin captura por tipo de cardumen.

Figura 27. Distribución de los lances sobre cardúmenes libres y asociados a delfín en el mismo mes y área de 1°, 1990-I 993.

Figura 28. Eficiencia de pesca relativa de cardúmenes libres (cl) y asociados a delfín (d) en la boca del golfo de California.

Figura 29. Áreas escogidas para el análisis con la estructura térmica vertical en 1990.

Figura 30. Perfiles mensuales de temperatura en cuatro áreas del OPO, 1990.

### **Lista de tablas**

Tabla 1. Promedios y **varianza** de ocho características de las embarcaciones muestreadas.

Tabla 2. Matriz de correlación entre ocho características de la flota.

Tabla 3. Eigenvalores de las características y porcentajes de la **varianza** explicada por sus componentes principales asociados

Tabla 4. Poder de pesca, captura nominal y captura normalizada (éxito de pesca) de las 55 embarcaciones.

Tabla 5. Porcentaje de lances por tipo de cardumen y especie capturada.

Tabla 6. Datos de captura en el área común del golfo de California

Tabla 7. Datos del perfil de temperaturas y de captura con cardúmenes libres en el área 1.

Tabla 8. Datos del perfil de temperaturas y de captura con cardúmenes libres en el área 2.

Tabla 9. Datos del perfil de temperaturas y captura con cardúmenes asociados a delfín en el área 3.

Tabla 10. Datos del perfil de temperaturas y captura con cardúmenes asociados a delfín en el área 4.

## GLOSARIO

**ARCAA.** Área de Regulación de la Comisión (CIAT) para el Aleta Amarilla. Abarca desde los 40 °N hasta los 30 °S y su máxima longitud es de 125 °O.

Capacidad de acarreo. Capacidad de carga de una embarcación sin incluir los tanques de agua y combustible, ni los espacios de servicio.

CIAT. Comisión Interamericana del Atún Tropical. Comisión establecida en 1950 entre Costa Rica y Estados Unidos para el estudio y administración de las especies de atún en el océano Pacífico oriental. México formó parte de la CIAT de 1964 a 1978.

Éxito de pesca. Captura obtenida por unidad de esfuerzo; en este estudio: captura por lance normalizado de pesca.

Indicador. Elemento que permite detectar a un cardumen de atún. Cada tipo de cardumen está asociado a un indicador: objetos, brisa, delfín.

*NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration.*

OPO. Océano Pacífico oriental. Porción del océano Pacífico comprendida entre la costa del continente americano y los 150 °O. Área en la que se lleva a cabo la pesquería de atún con cerco.

## RESUMEN.

Se realizó un análisis de la pesquería mexicana de atún enfocado en los tipos de cardúmenes que en ella ocurren: asociados a delfín, asociados a objetos flotantes y cardúmenes libres, con el objetivo de determinar las zonas y temporadas de captura, las diferencias en los resultados de pesca (éxito de pesca, eficiencia relativa, porcentaje de lances sin captura, proporción de atún aleta amarilla en la captura) y la influencia de la estructura térmica vertical en estos resultados. La información proviene de bitácoras de 55 embarcaciones que operaron entre 1990 y 1993. El éxito de pesca se definió como la captura por lance normalizado; la eficiencia relativa se determinó comparando el éxito de dos tipos de cardúmenes en la misma área de 1" y en el mismo mes; la proporción de atún aleta amarilla en la captura corresponde al porcentaje de cardúmenes compuestos exclusivamente de esta especie. A partir de los perfiles térmicos de las principales áreas de captura se obtuvo la profundidad de las isotermas de 18 °C y 23 °C, la profundidad de la capa de mezcla y el gradiente máximo de temperaturas, estas variables se compararon con los resultados de pesca. De 20,453 lances analizados, 2 % fueron sobre cardúmenes asociados a objetos flotantes, 26.3 % sobre cardúmenes libres y 70.5 % sobre cardúmenes asociados a delfín. La costa suroccidental de la península de Baja California y el sur del golfo de California fueron las principales áreas de pesca de cardúmenes libres durante todo el año. La pesca sobre delfín se concentró cerca de la costa mexicana durante el primero y cuarto trimestres y se expandió a la zona oceánica durante el segundo y tercer trimestres. La distribución de cardúmenes asociados a objetos flotantes no presentó un patrón definido. Se infiere que la proporción y la distribución del esfuerzo sobre cada cardumen dependen principalmente del interés que éste representa para la flota y en segundo término de la accesibilidad a las áreas importantes de captura; a su vez, el interés en cada tipo de cardumen está determinado por el éxito de pesca con atún aleta amarilla y por la proporción de esta especie en la **captura**: la pesca sobre delfín y sobre cardúmenes libres obtuvieron, en promedio, 14 t de atún aleta amarilla por lance y porcentajes elevados de esta especie en la captura (97.8 % y 70.8 %); la pesca sobre objetos flotantes obtuvo resultados inferiores, 8 t de atún aleta amarilla por lance y 31.8 % de esta especie en la captura. En el golfo de California, el éxito de pesca con delfín disminuyó 25% con respecto al promedio general y el porcentaje de lances sin captura fue 2.7 veces mayor al promedio, lo que resultó en una eficiencia relativa menor con respecto a la pesca con cardúmenes libres a partir de 1992. Se encontraron evidencias sobre la disminución de la vulnerabilidad de los cardúmenes libres con el aumento de la profundidad de la isoterma de 18 °C y de la disminución de la captura con cardúmenes asociados a delfín con el aumento de la profundidad de la isoterma de 23 °C.

## Summary.

It was accomplished an analysis of the Mexican tuna purse-seine fishery, focused on types of schools that occurred there: associated with dolphin, with floating objects and free school (school fishing). The objectives were to detect the zones and the seasons of catch, to detect the differences in the fishing results (success of fishing, relative efficiency, percentage of unsuccessful sets, yellowfin tuna proportion in the catch) and to determine the influence of the vertical thermal structure in these results. The information was obtained from the logbooks of 55 vessels that operated between 1990 and 1993. Success of fishing was defined as the catch per normalized set (catch); the relative efficiency was determined comparing the success of two types of school in the same area of 1° and in the same month; the yellowfin tuna proportion in the catch corresponds to the percentage of schools composed exclusively of this species. From the thermal profiles of the principal fishing areas were obtained the depth of the 18 °C and 23 °C isotherms, the depth of the surface mixed layer and the maximum temperature gradient, these variables were compared with the fishing results. 20,453 sets were analyzed: 2% were on schools associated with floating objects, 26.3% on free schools and 70.5% on schools associated with dolphins. The principal areas of school fishing year-round were the southwest coast of Baja California and the south of the Gulf of California. The dolphin sets were concentrated next to the Mexican coast during the first and fourth quarters, and was expanded to the oceanic zone during the second and third quarters. Sets on floating objects did not present a well-defined pattern distribution. It is deduced that the proportion and the distribution of the effort on each type of school depended mainly on the interest that this represents for the fleet and in the second term on the accessibility to the important catch areas; the interest in each type of school is determined by the success of fishing with yellowfin tuna and the proportion of this species in the catch: the fishing on dolphin and on free schools obtained 14 t of yellowfin tuna on average with high percentages of this species in the catch (97.8% and 70.8%); the fishing on floating objects obtained inferior results, 8 t of yellowfin tuna and 31.8% of this species in the catch. In the Gulf of California, the success of fishing on dolphin was reduced 25% with respect to the general average and the percentage of unsuccessful sets was 2.7 times greater than the average, this resulted in a smaller relative efficiency with respect to the school fishing from 1992 to 1993. Evidence was found that there was a decrease of the vulnerability of the free schools with the increase in the depth of the 18 °C isotherm and there was a decrease of the catch with schools associated with dolphins with the increase in the depth of the 23 °C isotherm.

## INTRODUCCIÓN.

En la pesquería de atún del océano Pacífico oriental la detección de cardúmenes se realiza a través de indicadores como manadas de delfines, objetos flotantes, disturbios en la superficie del agua, la presencia de aves marinas y las diferencias de tonalidades en el agua, entre otros. Sin embargo, en función de las asociaciones que realizan, los cardúmenes se dividen en tres tipos: asociados a manadas de delfín, asociados a objetos flotantes y cardúmenes libres (sin delfines ni objetos flotantes); en el mismo orden es común hablar de tres indicadores principales o tres tipos de pesca: delfín, objetos flotantes y “brisa”.

Cuando los pescadores encuentran cardúmenes asociados a delfín el objetivo de sus maniobras es concentrar a la manada con ayuda de lanchas rápidas y tender el cerco alrededor de ella; la asociación entre las especies no se rompe durante la persecución, por lo que basta con someter a los delfines para que el lance tenga éxito. Este tipo de relación involucra principalmente a cardúmenes de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y tres especies de delfín: delfín manchado, (*Stenella attenuata*) delfín tornillo (*S. longirostris*) y delfín común (*Delphinus delphis*).

En el caso de objetos flotantes, para asegurar la mayor concentración de atún, los pescadores normalmente esperan a realizar el lance durante las primeras horas del siguiente día en que encuentran al objeto; como el cardumen se concentra solo y se desplaza con la deriva del objeto, es relativamente fácil que los lances culminen con éxito. La composición de la captura es muy diversa en este tipo de pesca, e involucra a varias especies de atún. Los objetos flotantes pueden ser ballenas muertas, partes de equipos de pesca, algas y principalmente, pedazos de árboles (“palos” o “troncos”) que son llevados al mar por los diferentes ríos de la costa americana.



Por otro lado, la localización de los cardúmenes libres se hace, principalmente, por los disturbios que producen en la superficie del mar durante su desplazamiento o alimentación; tales disturbios se denominan generalmente como “brisa”. Estos cardúmenes se desplazan con mayor libertad que aquellos que dependen de la deriva de un objeto o del movimiento de una manada de delfines, por lo que resulta más difícil capturarlos; las especies más comunes, en este caso, son el atún aleta amarilla y el barrilete (*Katsuwonus pelamis*).

Posiblemente esta clasificación de cardúmenes comenzó a cobrar importancia en 1976, cuando los problemas ocasionados por la mortalidad incidental de delfines en las maniobras de pesca, obligaron a la creación del Programa Atún-Delfín de la CIAT, que entre sus responsabilidades incluyó la de instar a *los pescadores* a adoptar técnicas de *pesca que minimizen la mortalidad de delfines, y estudiar los efectos de los distintos modos de pesca sobre las poblaciones de peces y otros animales del ecosistema epipelágico*. De manera similar, el interés en las implicaciones de esta clasificación para la pesquería mexicana, creció con el embargo comercial impuesto en 1990 por parte de los Estados Unidos, bajo argumentos de alta mortalidad de delfines en las operaciones de la flota.

Ante problemas de este tipo, es obvia la necesidad de conocer la dinámica general de la pesquería en función de sus principales componentes, atunes, delfines, objetos flotantes y embarcaciones, ámbito en el que se enmarca el presente trabajo.

En este estudio se define la importancia de cada indicador para la pesquería mexicana, a partir de las principales áreas de captura y de la comparación de los resultados de pesca que rinde cada uno. En un segundo aspecto, el trabajo se enfocó en determinar si la magnitud de la captura con cada tipo cardumen y la vulnerabilidad de éstos a la pesquería, son afectadas por la estructura térmica vertical.

## ANTECEDENTES.

Diversas investigaciones sobre la pesquería de atún con cerco en el OPO han abarcado cuatro aspectos relacionados con los tipos de cardúmenes que se capturan: la variación de las zonas y temporadas de pesca, las diferencias de captura entre tipos de cardumen, las diferencias en las tallas de los individuos que componen cada tipo de cardumen y la influencia del medio ambiente -especialmente la temperatura del agua- en el éxito de las operaciones de pesca.

Con respecto a las zonas de captura, Punsly (1983) presentó la distribución de lances sobre delfín realizados por la flota internacional entre 1959 y 1980; de acuerdo a sus datos, este tipo de pesca fue muy frecuente al suroeste de las costas mexicanas durante todo el periodo y en algunos años se presentó también frente a las costas de Centroamérica. A partir de' 1969 las embarcaciones comenzaron a pescar fuera del ARCAA, y paulatinamente abarcaron la zona oceánica hasta llegar a los 150 °O; en esa zona la mayor cantidad de lances se realiza alrededor de los 10 °N. Las áreas con mayor concentración de lances sobre delfín coincidieron con las áreas de operación de la flota mexicana con mayor capacidad de bodega, misma que ha sido definida como la de mayor poder relativo de pesca (Ortega-García 1989).

Con información de la CIAT de 1974 a 1990, Arenas *et al.* (1992) encontraron que la mayor cantidad de lances sobre cardúmenes asociados a objetos flotantes se realiza en cuatro zonas cercanas a la costa, que abarcan -en conjunto- desde el norte de Ecuador hasta Nicaragua. Aunque las temporadas importantes son diferentes en cada zona, la pesca se realiza durante todo el año en esa región. Otras áreas importantes de este tipo de cardúmenes, de acuerdo al estudio, se encuentran frente al golfo de Tehuantepec en los primeros meses del año, al sur de las islas Revillagigedo y en la zona oceánica (al oeste de los 120 °O) durante el verano.

Los mismos autores determinaron que la costa occidental de la península de Baja California (a partir de abril) y la boca del golfo de California (durante el primer trimestre del año) constituyen áreas importantes para la pesca de cardúmenes libres. Otras zonas se encuentran frente al golfo de Tehuantepec (en los primeros meses del año), en la costa de Centroamérica (en abril y mayo), el golfo de Panamá (de marzo a mayo), el golfo de Guayaquil (de octubre a marzo) y en la zona oceánica (durante el verano).

Las áreas importante para la pesca de cardúmenes asociados a delfín, según Arenas et al. (1992), se encuentran frente a Centroamérica y el sur de México durante todo el año; en la zona oceánica (alrededor de los 10 °N) durante el verano y en el noroeste de México durante todo el año. Otras áreas se encuentran frente a Costa Rica, en las islas Revillagigedo y frente a Perú.

En cuanto a las diferencias en la captura con cada tipo de cardumen, Punsly (1987), con datos de 1970 a 1985, encontró que la pesca sobre cardúmenes libres rindió la mayor captura por hora de búsqueda, seguida de la pesca con delfín y la pesca sobre objetos flotantes. Los tiempos de búsqueda fueron menores en el caso de cardúmenes asociados a objetos flotantes, seguidos de los de cardúmenes libres y de los de asociados a delfín.

Hall et al. (1992) presentan valores promedio de captura por lance y porcentajes de lances sin captura por tipo de cardumen, para el periodo 1980-1990. Según sus datos, la pesca sobre cardúmenes libres resulta la más productiva cuando los lances son exitosos (20 t de atún aleta amarilla por lance entre 1988 y 1990), pero también presenta el mayor porcentaje de lances sin captura (35.9% en promedio en todo el periodo). La pesca sobre delfín y sobre objetos flotantes presentan porcentajes similares de lances sin captura (12.6% y 12.1% respectivamente) y valores menores de captura por lance (18 t y 16 t de atún aleta amarilla entre 1988 y 1990).

Con respecto a las tallas de atún en los diferentes cardúmenes, Calkins (1965) con datos de 1959 a 1962, encontró que los atunes aleta amarilla agrupados con barrilete son más pequeños y más homogéneos en longitud, que aquellos de cardúmenes puros. El atún aleta amarilla asociado a delfín fue más variable en talla que el de otro tipo de cardúmenes, pero no se encontró una diferencia clara entre las tallas máximas de ambos tipos. Al parecer, la tendencia de los atunes a agruparse por tamaños es más fuerte que su tendencia a la agrupación por especies; por último, de acuerdo al estudio, la captura obtenida en cada lance no presentó relación con el tamaño promedio de los individuos en los cardúmenes.

Greenblat (1979), con datos de captura de 1963 a 1975, encontró que los individuos de cardúmenes asociados a objetos flotantes fueron, generalmente, de tallas más pequeñas que los de otros tipos de cardúmenes. La desviación estándar de la longitud furcal fue mayor en el caso de los objetos flotantes, lo que permite pensar que dichos objetos actúan como agregadores de atunes solitarios, de fracciones de cardúmenes e, incluso, de diferentes cardúmenes. Otro resultado del trabajo fue que los cardúmenes libres y los asociados a objetos flotantes, compuestos de atún aleta amarilla y barrilete, presentaron frecuencias de tallas muy similares, lo que indica que existió alguna relación entre ambos y, por tanto, los cardúmenes capturados con objetos flotantes hubieran podido ser capturados como cardúmenes libres.

Hall et al. (1992), con datos de 1980 a 1990, confirmaron que la pesca sobre cardúmenes libres y sobre objetos flotantes obtiene atún aleta amarilla de tallas pequeñas y una gran proporción de barrilete, mientras que la pesca sobre delfín captura atún aleta amarilla de tallas mayores y prácticamente no captura otras especies.

Con respecto a la temperatura del agua como factor que influye en el éxito de las operaciones de pesca, Green (1967) encontró una proporción mayor de lances con éxito cuando el principio de la termoclina no excedió los 18 m, 56.5 % contra 42.3 %; y cuando

el gradiente de la termoclina rebasó el valor de 0.55 °C/m, 55.5% contra 45.1 %. El autor concluye que los efectos de ambos factores son aditivos y sin interacción significativa; la combinación de un gradiente agudo y una termoclina somera dio la mayor proporción de lances exitosos (63.9%), mientras que una estructura térmica gradual resultó en 39.9% de lances exitosos.

Sharp (1978) estudió la variación del éxito de pesca en función de la profundidad de la capa de mezcla y la profundidad de las isothermas de 23 °C y 15 °C, para el caso específico del atún aleta amarilla, en el golfo de Panamá y encontró que: 1) hubo una relación significativa entre la profundidad de la isoterma de los 23 °C y la magnitud de la captura en cardúmenes no asociados a delfín; 2) la profundidad de la capa de mezcla no tuvo relación con la magnitud de la captura en ningún tipo de cardumen. Sharp propone que la vulnerabilidad óptima del aleta amarilla a las redes de cerco, en el OPO, ocurre cuando la profundidad de la isoterma de los 23 °C es menor de 45 m y la profundidad de la isoterma de los 15 °C es menor de 73 m. Resultados similares fueron encontrados por Miller y Evans (en Sharp 1978): con datos de captura de atún aleta amarilla asociado a delfín y datos de temperatura -de batitermógrafos *in situ*- obtuvieron correlaciones significativas entre la captura y las profundidades de las isothermas de 15 °C y 23 °C.

Gómez-Muñoz et al. (1992) encontraron que existe una correlación significativa entre la temperatura superficial del mar y la proporción de lances sobre delfín que realiza la flota mexicana. Analizando datos de 1985 a 1990 encontraron que la mayoría de los lances sobre delfín se hicieron a temperaturas superficiales de 28 °C y obtuvieron, en promedio, 13 toneladas por lance; mientras que los lances sin delfín se hicieron, en su mayoría, a 23 °C y obtuvieron 9 toneladas por lance, en promedio. Según los autores, los resultados sugieren que la asociación atún-delfín depende del gradiente y la profundidad de la termoclina y que la temperatura superficial del mar es un buen indicador de esta situación.

## OBJETIVO

Definir la importancia de cada tipo de cardumen en la pesquería mexicana a partir de su distribución y sus resultados de pesca, y determinar la influencia de la estructura térmica vertical en dichos resultados.

## METAS

1. Establecer las áreas y épocas de mayor abundancia de cada tipo de cardumen en el periodo 1990-1 993.

Hipótesis: cada tipo de cardumen presenta una distribución espacio-temporal diferente y la accesibilidad de la flota a estas distribuciones influye en la proporción del esfuerzo que dedica a su captura.

2. Determinar los resultados de pesca que obtiene la flota mexicana con cada tipo de cardumen: captura por unidad de esfuerzo, eficiencia de pesca relativa, proporción de esfuerzo sin captura y composición de la captura por especie.

Hipótesis: La importancia que concede la flota mexicana a cada tipo de cardumen es influenciada por los resultados de pesca que obtiene con ellos.

3. Determinar las relaciones entre los resultados de pesca y las variables de la estructura térmica vertical: profundidad de la capa de mezcla, fuerza de la termoclina y profundidad de la isoterma de 23 °C.

Hipótesis: las variables de la estructura térmica de la columna de agua influyen en la vulnerabilidad del atún a las redes de cerco y en su tendencia de agrupación, lo que se ve reflejado en los resultados de pesca.

## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **Origen de los datos.**

Los datos utilizados en este trabajo provienen de tres fuentes:

1. La base de datos del proyecto “Estudios Biológicos Pesqueros de Pelágicos Mayores”, del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN). Esta base se ha formado con los datos de bitácoras de pesca de la flota atunera mexicana de cerco, proporcionadas por las oficinas de la SEMARNAP en los puertos de Ensenada B. C., Mazatlán Sin., La Paz B. C. S. y San Carlos B. C. S. y las oficinas de Administración de Pesquerías, en la Ciudad de México. Se utilizaron 20,453 registros que corresponden a lances de pesca realizados por 55 embarcaciones que operaron entre 1990 y 1993. Los datos para cada lance son: clave del barco, puerto de descarga, fecha, latitud y longitud, tipo de pesca, horas de inicio y término del lance, temperatura superficial del agua al hacer el lance, captura de atún aleta amarilla, captura de barrilete, captura de otras especies y uso o no de ayuda aérea para la localización del cardumen.
2. El catastro de la flota atunera mexicana de cerco, de donde se tomaron diferentes dimensiones de las embarcaciones; los datos se actualizaron con información proporcionada por la Dirección General de Flota de la SEMARNAP y por el Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines.
3. Información integrada por la NOAA, que consiste en datos de temperatura del agua de mar, a intervalos de profundidad de 10 m, desde 0 hasta 150 m. Los datos son promedios mensuales para áreas de 2” de latitud por 2” de longitud y abarcan el periodo 1980-1990, por lo que sólo se hicieron inferencias para 1990.

## **Zonas y temporadas de pesca.**

Se elaboraron mapas mensuales donde se representó la posición geográfica de los lances de pesca por tipo de cardumen, y a partir de estos mapas se determinaron las principales áreas de pesca y su estacionalidad. Los resultados se resumieron y se presentan en mapas trimestrales por tipo cardumen.

Para el caso de cardúmenes libres la distribución de los lances en la costa occidental de la península de Baja California se comparó con los mapas de isotermas superficiales que elabora mensualmente la CIAT. Esto, con el objeto de contrastar los resultados con los obtenidos en estudios anteriores.

## **Normalización del esfuerzo de pesca.**

La mayoría de las investigaciones en esta pesquería han utilizado los días normales de pesca y el tiempo de búsqueda como unidades de esfuerzo (Pella y Psaropulos 1975, Allen y Punsly 1984, Punsly 1987, Ortega-García 1989) y la captura por unidad de esfuerzo (cpue) como un índice de la abundancia relativa del recurso. Considerando que en este estudio no se pretende hacer una evaluación de la abundancia del recurso, sino comparar los resultados de pesca que se obtienen con cada tipo de cardumen, se decidió emplear el lance de pesca como unidad de esfuerzo.

Para evitar que los resultados se vieran afectados por la eficiencia de cada embarcación, la cual depende, en gran parte, de las dimensiones físicas y de las características de los equipos, se realizó la normalización del esfuerzo pesquero siguiendo la metodología propuesta por Ortega-García y Gómez-Muñoz (1992); se utilizó este método debido a que considera la influencia de varias medidas de los barcos y permite calcular valores



específicos de poder de pesca, evitando así, el tener que colocar en una misma clase a embarcaciones con diferentes dimensiones, como puede ocurrir en el método tradicional por categorías.

En primer término se analizaron, por la técnica de Componentes Principales, ocho características físicas de las 55 embarcaciones muestreadas: año de construcción, eslora, manga, puntal, tonelaje bruto, tonelaje neto, capacidad de bodega y potencia del motor principal.

La cpue está correlacionada con los componentes principales que explican el mayor porcentaje de variabilidad, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$cpue = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i \times C_i \quad (1)$$

Donde:  $a_0$  = ordenada al origen  
 $a_i$  = coeficientes de regresión  
 $C_i$  = componentes principales

El modelo supone que el barco estándar es aquel cuyas características son iguales al promedio de la flota; por lo tanto para este barco se cumple que:

$$C_i = 0$$

y de acuerdo con (1) su captura por unidad de esfuerzo (cpue,) será:

$$cpue_s = a_0$$

El poder de pesca (pp) de las embarcaciones, será su capacidad de captura (expresada como la cpue) comparada con la capacidad de captura del barco estándar, es decir:

$$PP = \frac{cpue}{cpue_s} \quad (2)$$

Usando (1) y sustituyendo cpue, se tiene:

$$pp = 1 + \frac{\sum_{i=1}^m a_i \times C_i}{a_0} \quad (3)$$

Se determinó cuantos componentes principales debían considerarse en el modelo utilizando una prueba de significación de la adición de variables independientes en la regresión múltiple (Sokal y Rohlf 1981:633):

$$F_s = \frac{(R^2_{Y \times 1 \dots k_2} - R^2_{Y \times 1 \dots k_1}) / (k_2 - k_1)}{(1 - R^2_{Y \times 1 \dots k_2}) / (n - k_2 - 1)} \quad (4)$$

Donde:

$F_s$  = Estadístico de prueba, con distribución F y  $(k_2 - k_1, n - k_2 - 1)$  grados de libertad

$k_1$  = número de variables independientes originales

$k_2$  = número de variables independientes con la adición

$R_{y,1 \dots k_1}$  = coeficiente de determinación con  $k_1$  variables independientes

$R_{y,1 \dots k_2}$  = coeficiente de determinación con  $k_2$  variables independientes

$n$  = total de datos en el análisis de componentes principales

## Resultados de la pesca

Una vez determinado el poder de pesca de cada embarcación se calculó la captura por unidad de esfuerzo normalizada, que en adelante se usa como medida del éxito de pesca (EXP).

$$EXP = \frac{cpue}{PP} \quad (5)$$

Se hizo el análisis de la variación mensual y anual del EXP, por tipo de cardumen, considerando la captura de atún aleta amarilla (por ser la especie más valiosa en la pesquería) y la captura total.

Se calcularon para cada tipo de cardumen los porcentajes mensuales y anuales de lances sin captura y de lances por especie capturada.

Para comparar el rendimiento de dos tipos de cardúmenes se calculó la eficiencia de pesca relativa (EPR) a partir de la siguiente ecuación:

$$EPR = \ln \frac{EXP_1}{EXP_2} \quad (6)$$

Dado que la captura por unidad de esfuerzo ( $U=EXP$ ) está dada por:

$$U = s \ q \ N \quad (7)$$

donde:

s = selectividad

q = coeficiente de capturabilidad

N = abundancia de la población

al comparar la U obtenida con dos tipos de cardúmenes se tiene que:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{s_1 q_1 N_1}{s_2 q_2 N_2} \quad (8)$$

el arte de pesca utilizado es el mismo para todos los cardúmenes, por lo que en esta ecuación pueden eliminarse los términos de selectividad; además, el análisis se hizo comparando dos tipos de cardúmenes capturados en el mismo mes y área de 1°, por lo que al actuar sobre la misma población, valores de U distintos reflejan sólo diferentes coeficientes de capturabilidad. En estas condiciones "q" refleja la vulnerabilidad de los cardúmenes, misma que puede verse afectada por la estrategia de pesca, la fisiología y el comportamiento de los peces y por factores ambientales entre otros (Arreguín-Sánchez 1996).

### **Análisis con la estructura térmica vertical.**

Los de temperatura del agua son promedios para áreas de 2° por lado; bajo el supuesto de que la temperatura fue la misma dentro de estos cuadrantes, se dividieron en 4 áreas de 1° para realizar un manejo más detallado de la información.

Se definieron las áreas de 1° en las que se presentó el mayor número de lances por tipo de cardumen durante 1990, para definir las zonas de pesca más importantes; en ellas se calculó el perfil mensual de temperaturas promedio y de este se obtuvieron los siguientes valores:

-Profundidad de la isoterma de los 23 °C (pi23). Sharp (1978) propone que esta isoterma limita la distribución del atún aleta amarilla pequeño (tallas de 40 cm a 70 cm) y que su

profundidad está relacionada significativamente con la captura de cardúmenes no asociados a delfín, por lo que se incluyó en el análisis y su valor se determinó directamente en las gráficas de perfiles.

-Profundidad de la capa de mezcla (pcm). La pcm indica la profundidad de la masa de agua superficial que, debido a la mezcla por efecto del viento, presenta una temperatura casi homogénea. Al final de la pcm comienza la termoclina, que es una zona de transición entre el agua superficial (caliente) y el agua subsuperficial (más fría), por lo que los cambios de temperatura, con la profundidad, son muy rápidos. Este punto en el que comienzan los cambios marcados de temperatura se consideró como la pcm y se estableció a partir de las diferencias de temperatura calculadas entre los puntos continuos del perfil.

-Gradiente máximo de temperaturas (gmx). Este valor, también conocido como fuerza de la termoclina, se asignó a la máxima diferencia de temperaturas entre dos puntos continuos del perfil, dividida entre 10 para expresarlo como gradiente en 1 m de profundidad.

La pi23 y la pcm deben guardar una relación inversa con respecto al EXP, ya que la menor profundidad de esas variables representa un menor espacio de distribución del recurso, lo que aumenta la probabilidad de la agregación en cardúmenes grandes y, por tanto, de mayores capturas.

Por otro lado, el porcentaje de lances sin captura debe presentar relaciones directas con la pcm y la pi23, ya que en un mayor espacio de distribución del recurso aumenta la probabilidad de que los cardúmenes escapen por debajo de la red. En contraparte, la relación del porcentaje de lances sin captura y el gmx debe ser inversa, dado que entre más bruscos sean los descensos de temperatura en la termoclina, menor probabilidad habrá de que los cardúmenes intenten atravesar esta capa para escapar por debajo del

cerco. Se realizaron las gráficas de dispersión de las relaciones descritas y, en su caso, la significancia de las relaciones se probó por medio de análisis de regresiones simples.

## RESULTADOS

Del total de lances analizados (20,453) el 70.5 % corresponde a cardúmenes asociados a delfín, 26.3 % a cardúmenes libres y 2.0 % a cardúmenes asociados a objetos flotantes. Estos porcentajes variaron durante los cuatro años considerados (figura 1 ), de modo que entre 1991 y 1993 la proporción de lances sobre delfín disminuyó del 80.8 % al 58 %. La situación contraria ocurrió en el caso de los lances sobre cardúmenes libres, en 1991 representaron el 16.2 % del total (la cifra más baja del periodo), pero para 1993 representaron el 39 %. La proporción de lances sobre objetos flotantes se incrementó de manera ligera pero continua y pasó de 1.8 % en 1990 a 2.4 % en 1993.

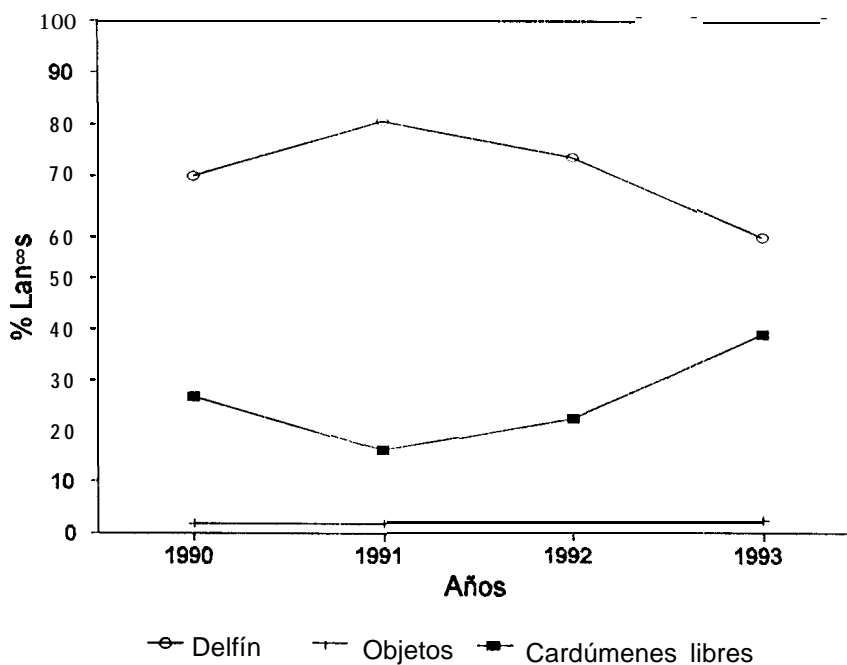


Figura 1. Porcentaje anual de lances por tipo de cardumen

## **Zonas y temporadas de pesca.**

### **Objetos flotantes.**

Las figuras 2 a 7 muestran la distribución de los lances sobre objetos flotantes. La poca cantidad de datos (413 lances) se reflejó en una distribución del esfuerzo muy dispersa durante los cuatro años. No se puede describir un patrón detallado de las áreas de pesca y su variación; sin embargo pueden hacerse las siguientes observaciones:

-El esfuerzo de pesca durante el primer trimestre del año se realizó, principalmente, al sur de la costa mexicana, entre 93 °O y 112 °O y entre 5 °N y 15 °N. En el segundo trimestre la mayor parte de los lances se registraron en un área más oceánica, entre 120 °O y 130 °O (sólo en 1990 se rebasó este límite), aunque también se registraron algunos lances al sur de México. Para el tercer trimestre el esfuerzo se realizó, casi exclusivamente, después de los 115 °O y alrededor de los 10 °N. En el cuarto trimestre los lances volvieron a presentarse cerca de la costa.

-Los lances en Centroamérica fueron pocos y esporádicos, sólo definieron una zona importante de pesca al norte de Colombia en el tercer trimestre de 1992.

-Durante el primer trimestre de 1993 se registró un área importante de pesca frente a la costa de Perú; esta zona comenzó a definirse con algunos lances en el último trimestre de 1992.



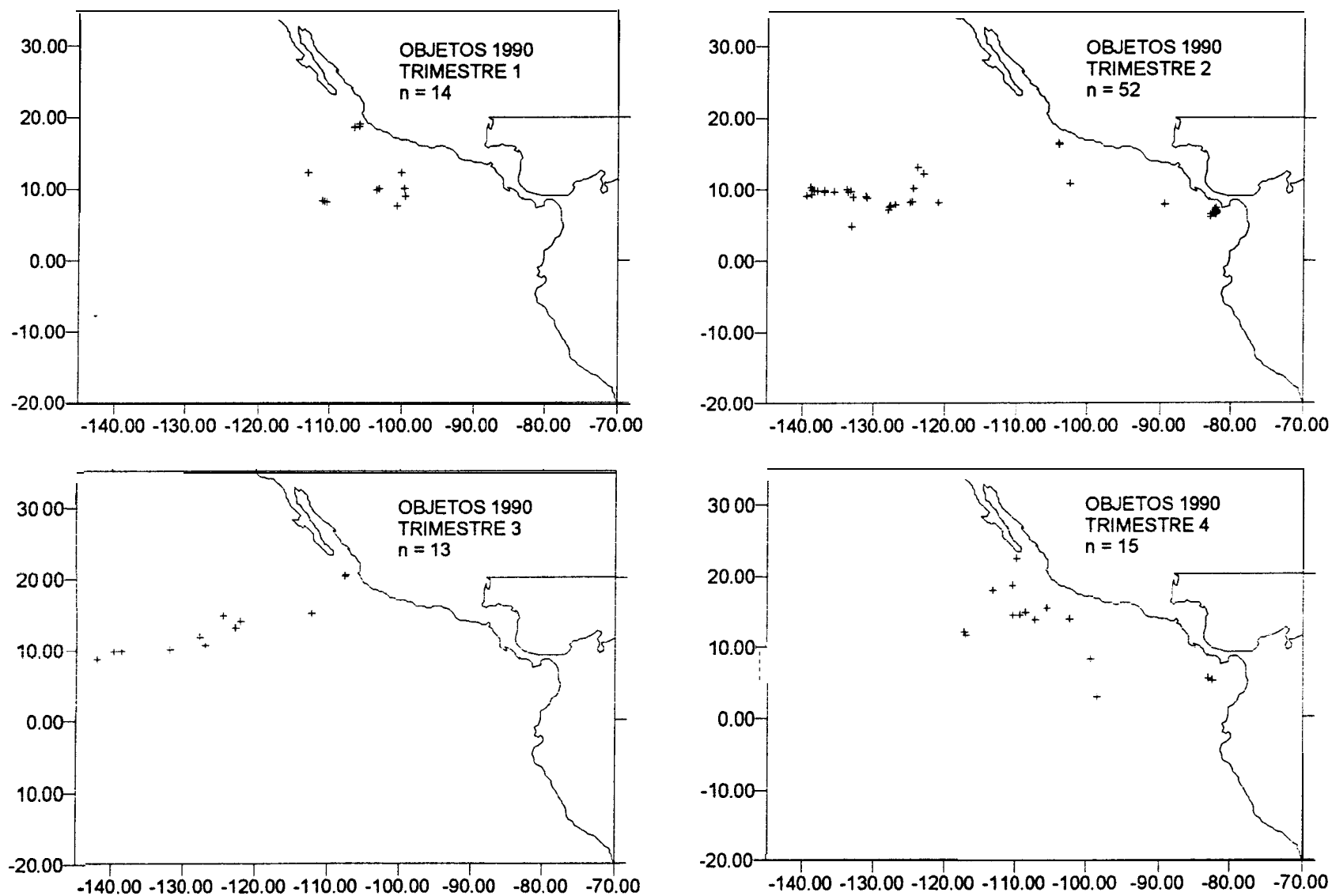


Figura 2. Distribución trimestral de lances sobre objetos flotantes en 1990

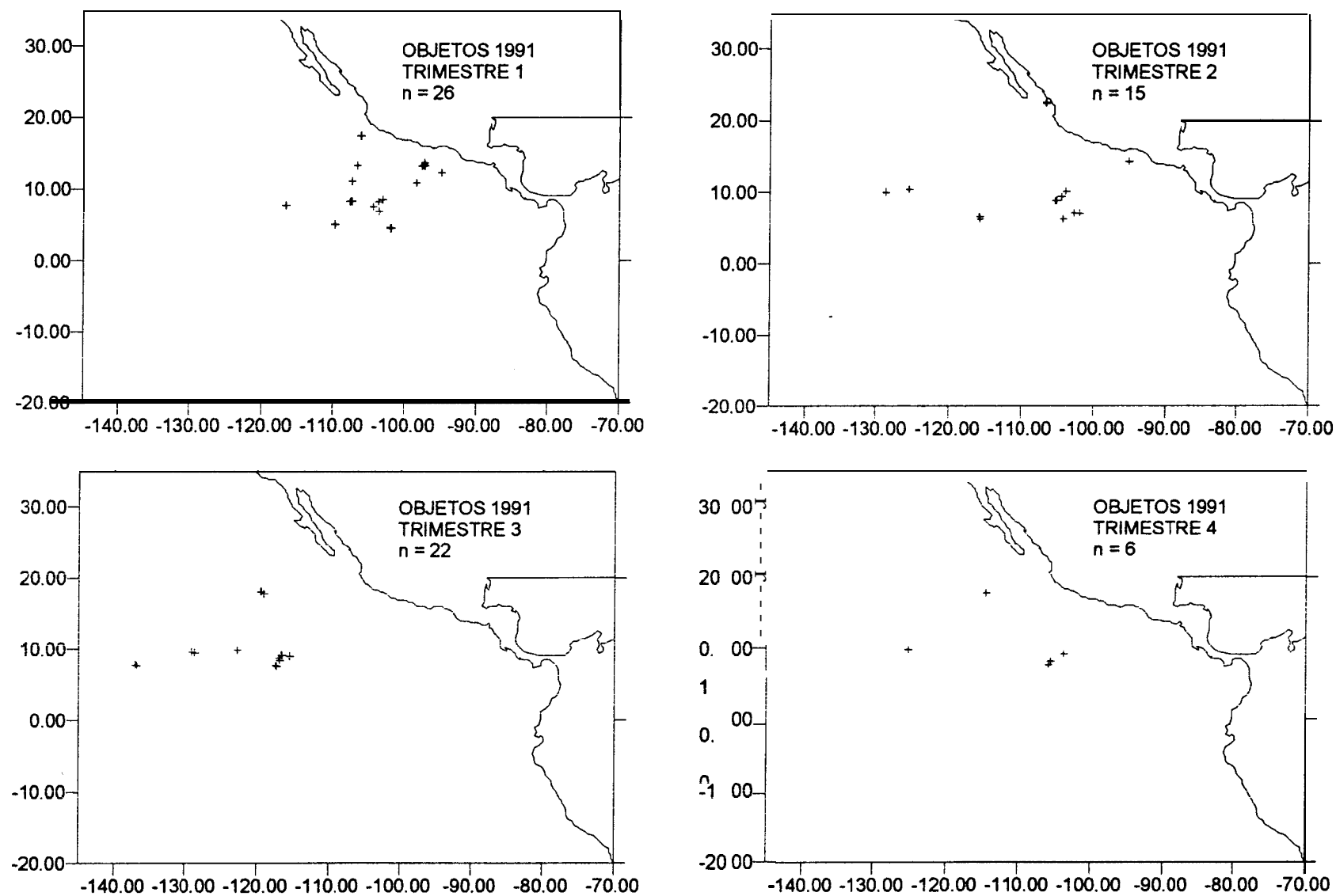


Figura 3. Distribución trimestral de lances sobre objetos flotantes en 1991.

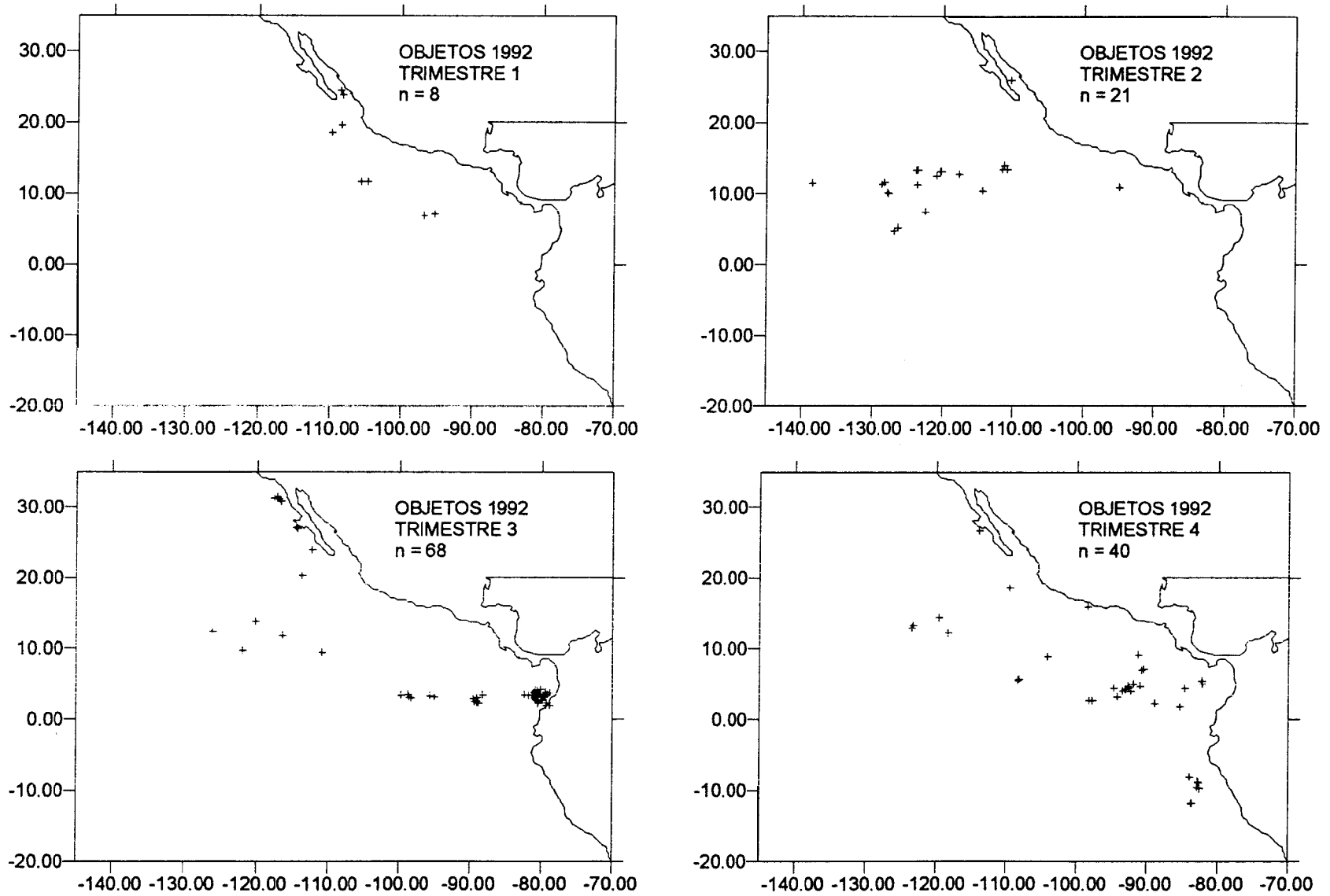


Figura 4. Distribución trimestral de lances sobre objetos flotantes en 1992.

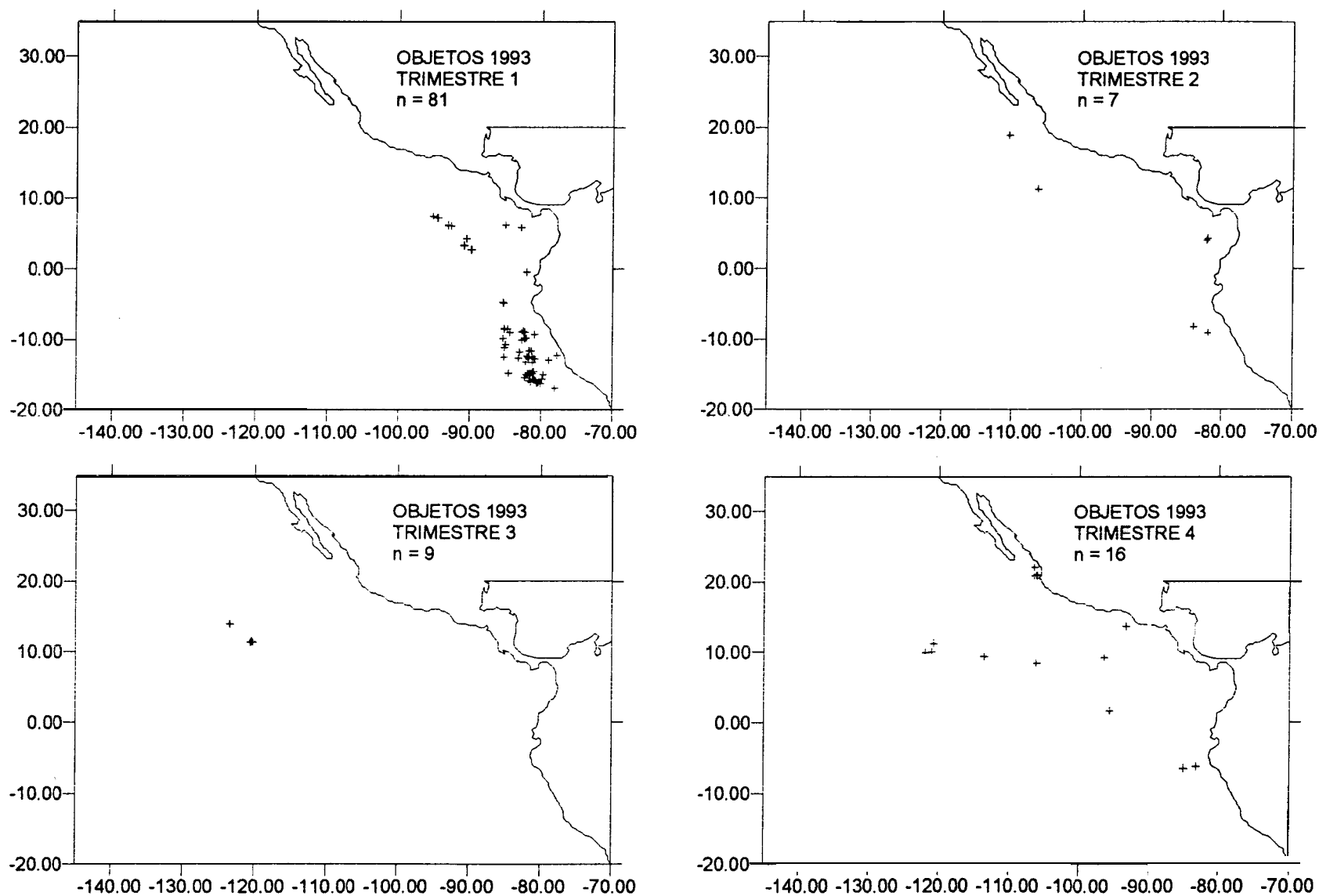


Figura 5. Distribución trimestral de lances sobre objetos flotantes en 1993.

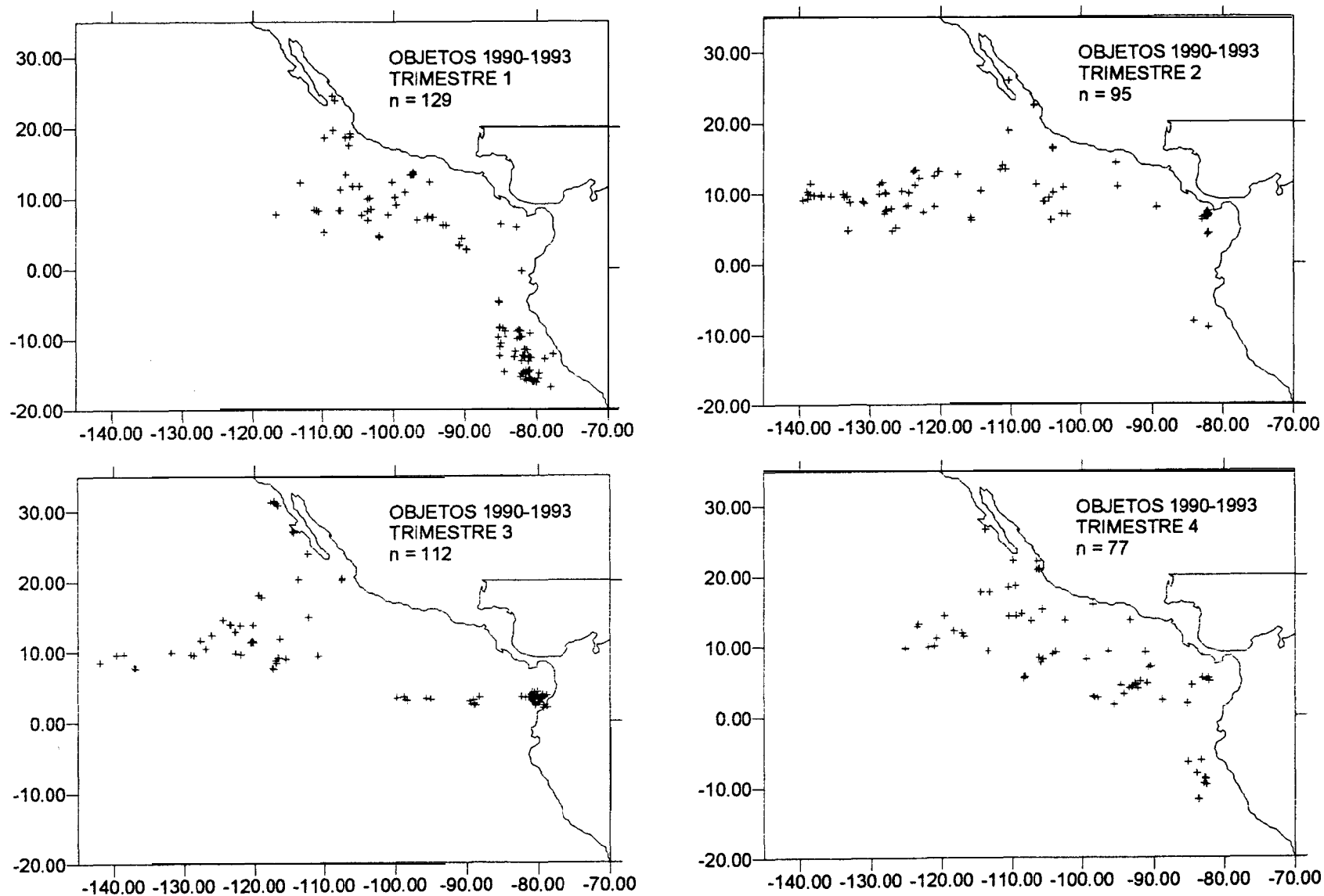


Figura 6. Distribución trimestral de lances sobre objetos flotantes 1990-1993.

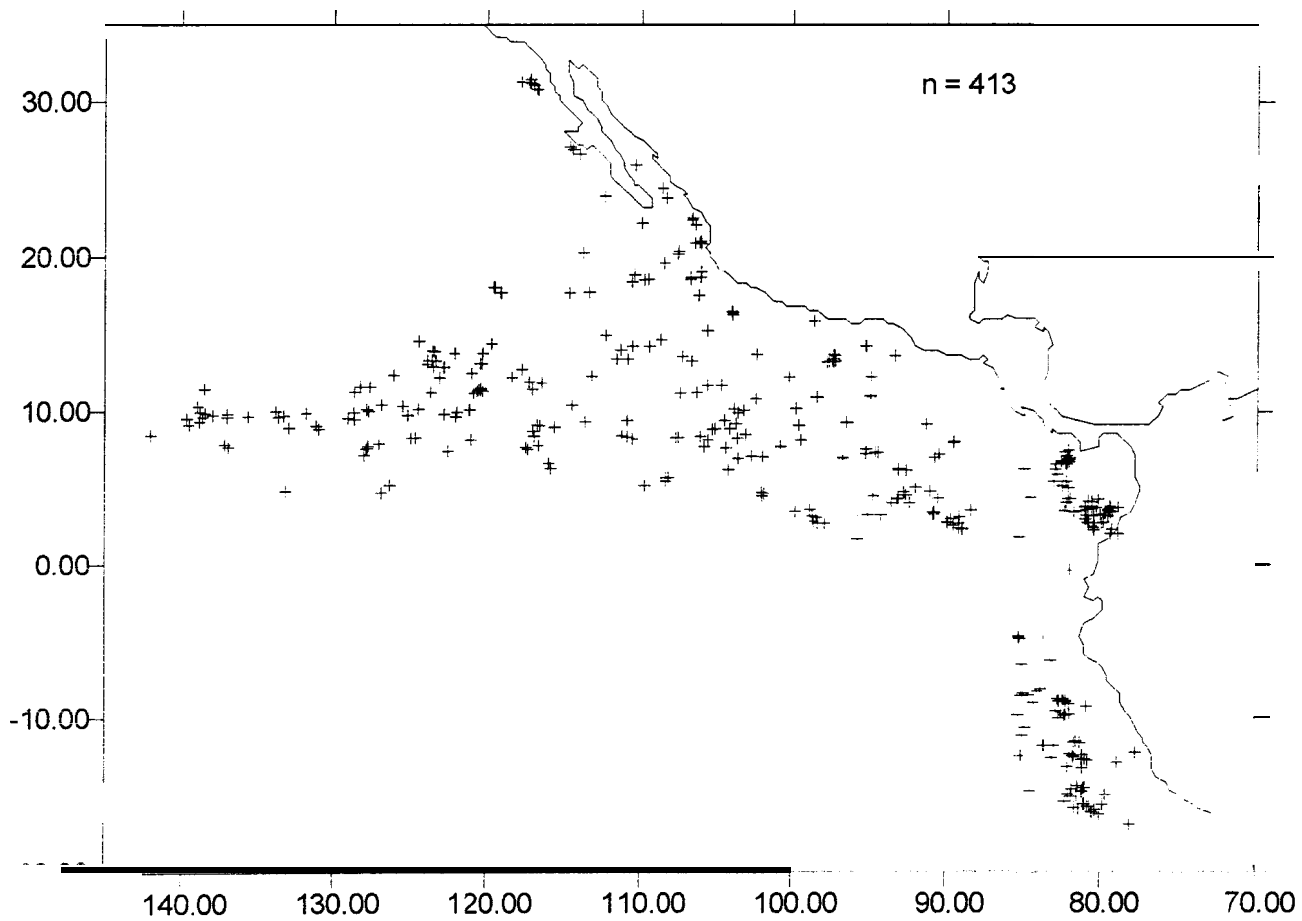


Figura 7. Distribución total de lances sobre objetos flotantes durante 1990-1993

## **Cardúmenes libres.**

De acuerdo con los mapas de distribución de lances sobre cardúmenes libres, presentados en las figuras 8 a 13, las concentraciones más importantes se registraron, durante los cuatro años, en el noroeste de México, ahí se realizó el 76 % de los lances y se obtuvo el 79.5 % de las capturas con este tipo de cardúmenes. La región puede dividirse en dos zonas: la costa occidental de la península de Baja California y el golfo de California.

En la costa occidental de la península se observó que la pesca comienza, normalmente, en la parte sur durante el segundo trimestre del año, siguiendo la distribución de las isothermas de los 19 °C y 20 °C. Los lances se extienden hacia al norte, hasta Punta Eugenia y ocurren con mayor frecuencia entre este punto y bahía Magdalena durante el resto del año, aunque pueden registrarse algunos más al sur, pero siempre a temperaturas superiores a los 21 °C.

Durante el tercer trimestre de 1992 se presentó un área de pesca importante en la parte norte de la península (después de los 28 °N); los primeros lances se realizaron en julio, pero la mayor cantidad se registró en agosto, cuando abarcaron desde la frontera con Estados Unidos hasta Punta Eugenia.

Dentro del golfo de California, las concentraciones de lances se presentaron con mayor frecuencia y en áreas más extensas en la costa oriental, generalmente entre diciembre y junio; en cambio, en la costa occidental la pesca ocurrió de julio a septiembre, pero de manera menos frecuente. Los lances en la zona media del golfo, en áreas alejadas de ambas costas, ocurrieron generalmente durante diciembre y enero. Destacan las concentraciones de lances en la parte alta del golfo (inclusive hasta los 28 °N) durante el segundo trimestre de 1992, ya que en el resto del periodo analizado la pesca no se realizó tan al norte ni abarcó áreas tan extensas.

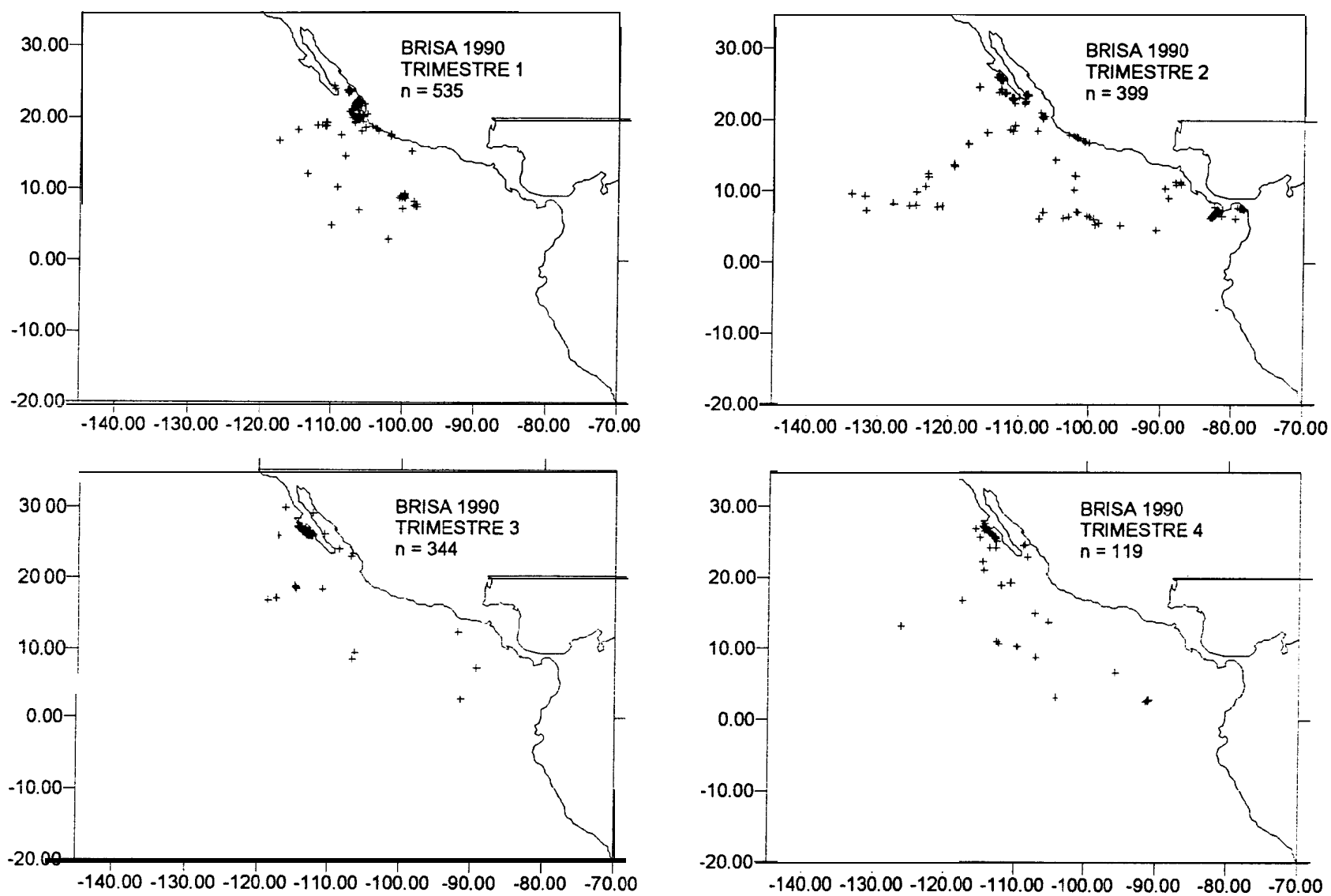


Figura 8. Distribución trimestral de lances sobre cardúmenes libres en 1990.



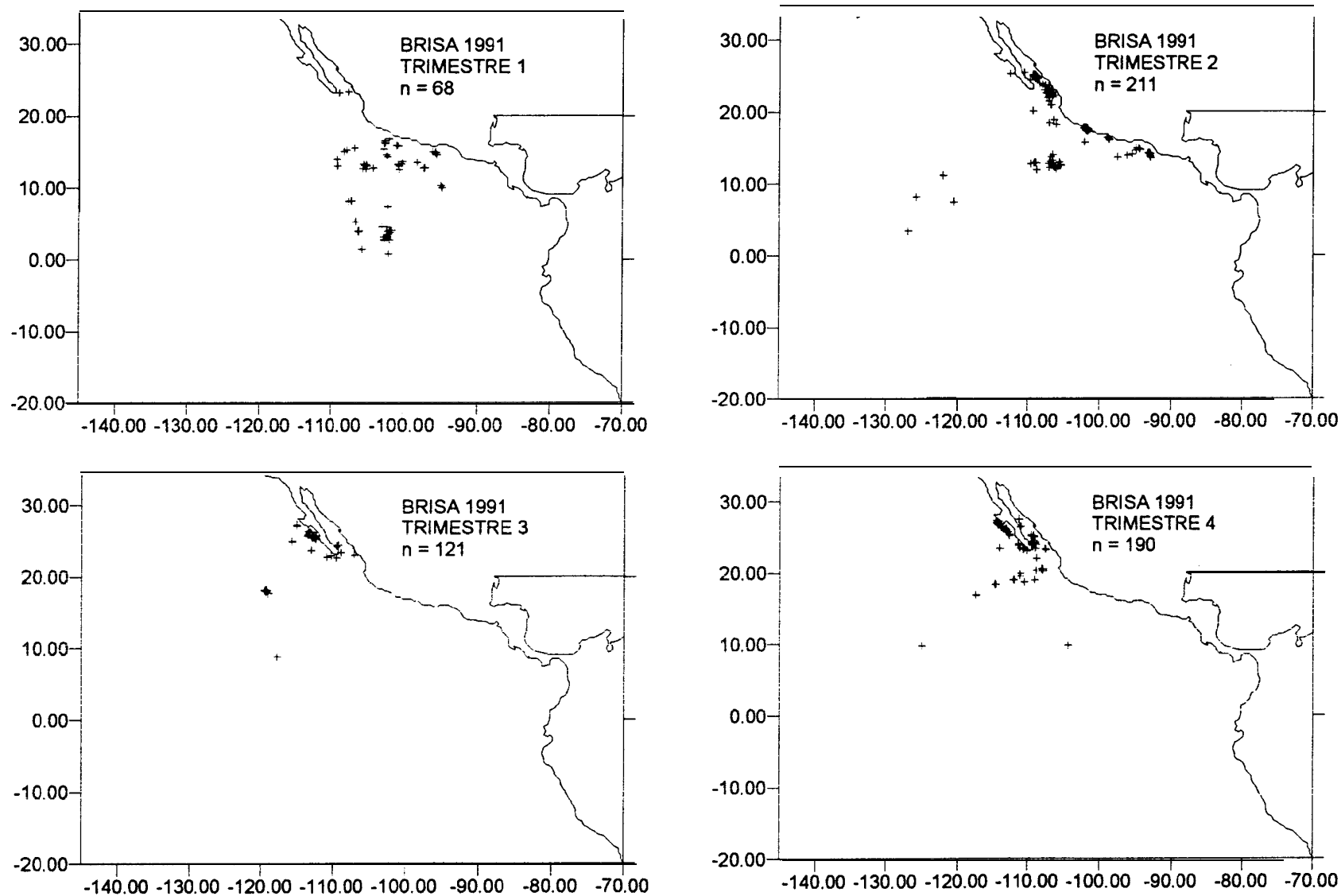


Figura 9. Distribución trimestral de lances sobre cardúmenes libres en 1991.

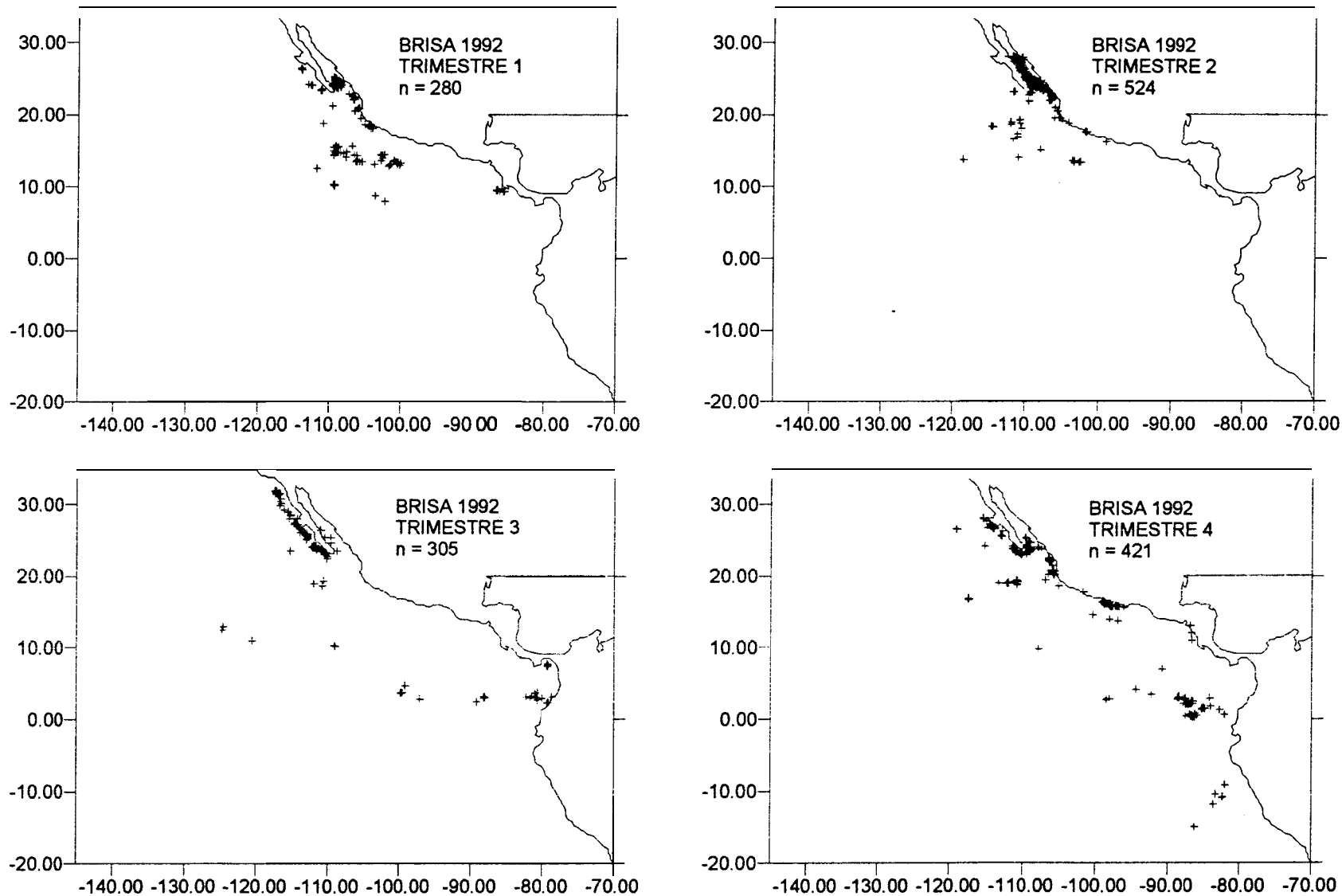


Figura 10. Distribución trimestral de lances sobre cardúmenes libres en 1992.

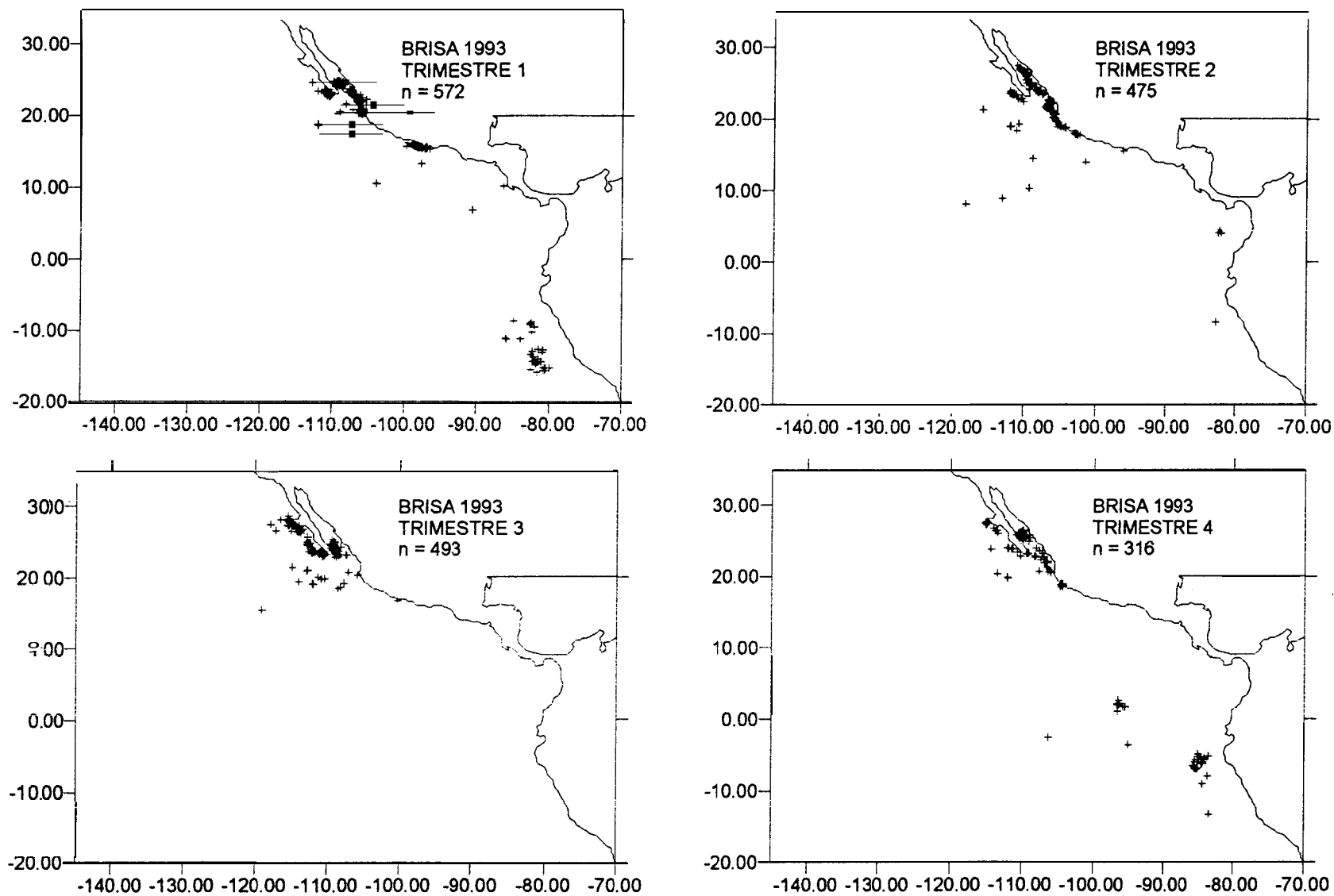


Figura 11. Distribución trimestral de lances sobre cardúmenes libres en 1993.

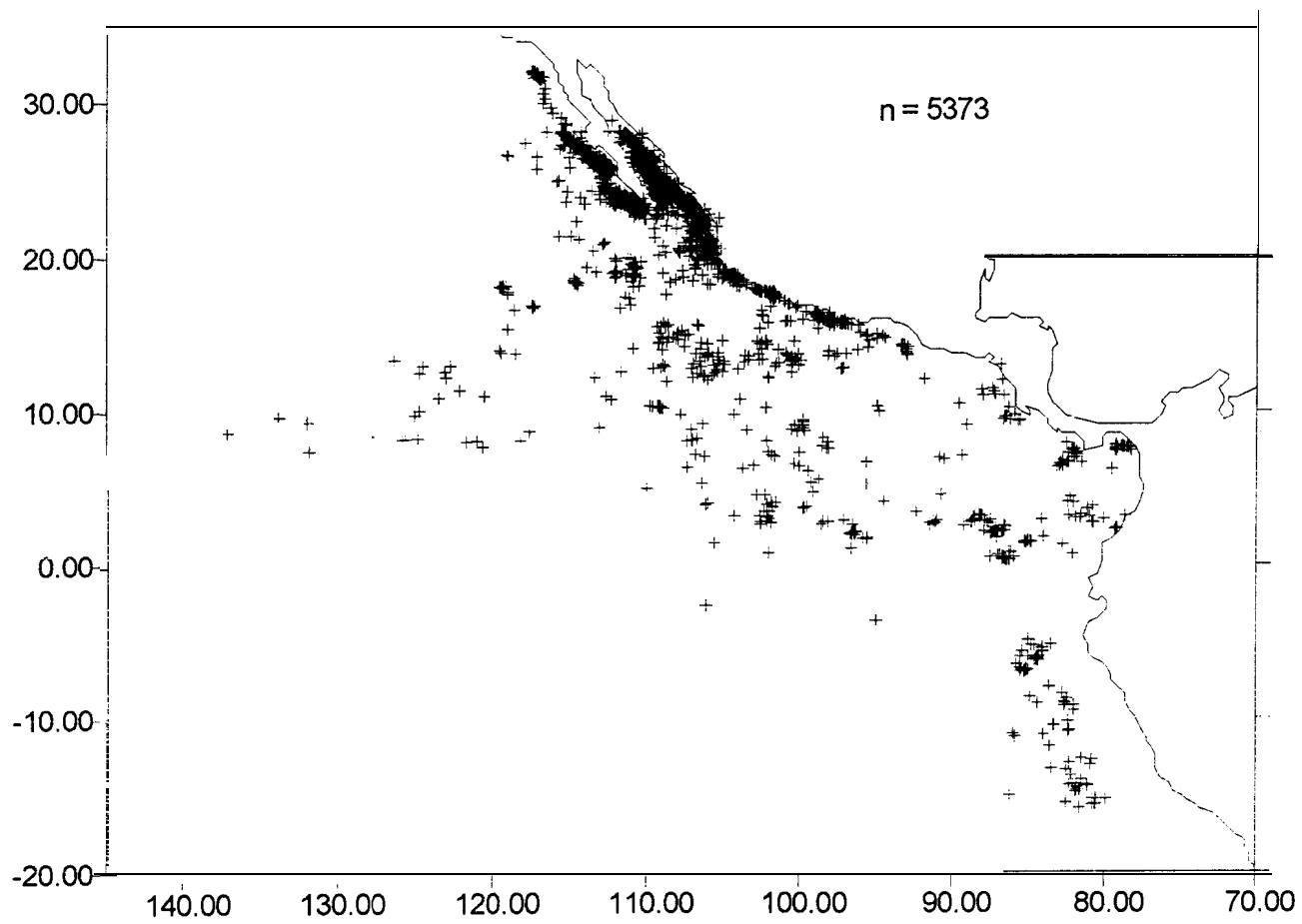


Figura 13. Distribución total de lances sobre cardúmenes libres durante 1990-1993

Otras zonas de cardúmenes libres se presentaron en toda la costa pacífica mexicana, en Centroamérica (principalmente en Panamá) y frente a Colombia, Ecuador y Perú; sin embargo, el esfuerzo en esas zonas no se registró en temporadas específicas, no fue constante y las áreas que se abarcaron fueron pequeñas comparadas con la del noroeste de México.

### **Delfín.**

Los mapas de la distribución de lances sobre cardúmenes asociados a delfín se presentan en las figuras 14 a 19. La localización de las áreas de pesca siguió un patrón bien definido a lo largo de los cuatro años analizados:

En el primer trimestre la zona quedó limitada por la línea de costa (desde Guatemala hasta el sur de la península de Baja California), por el paralelo de los 3° N y por el meridiano de los 112 °O. Durante el segundo trimestre, además de la zona costera, el esfuerzo de pesca se presentó entre los 5 °N y 15 °N en una franja que se extendió hasta los 140 °O. En el tercer trimestre los lances cerca de la costa se hicieron, únicamente, entre el sur de la península de Baja California y el estado de Nayarit, incluyendo las islas Revillagigedo; la franja oceánica se volvió más estrecha (entre 8 °N y 12°N) y se extendió hasta los 145 °O (excepto en 1992 y 1993) . En el último trimestre el área abarcada por la flota se situó nuevamente cerca de la costa, el límite inferior fue el ecuador y la longitud llegó a los 125 °O.

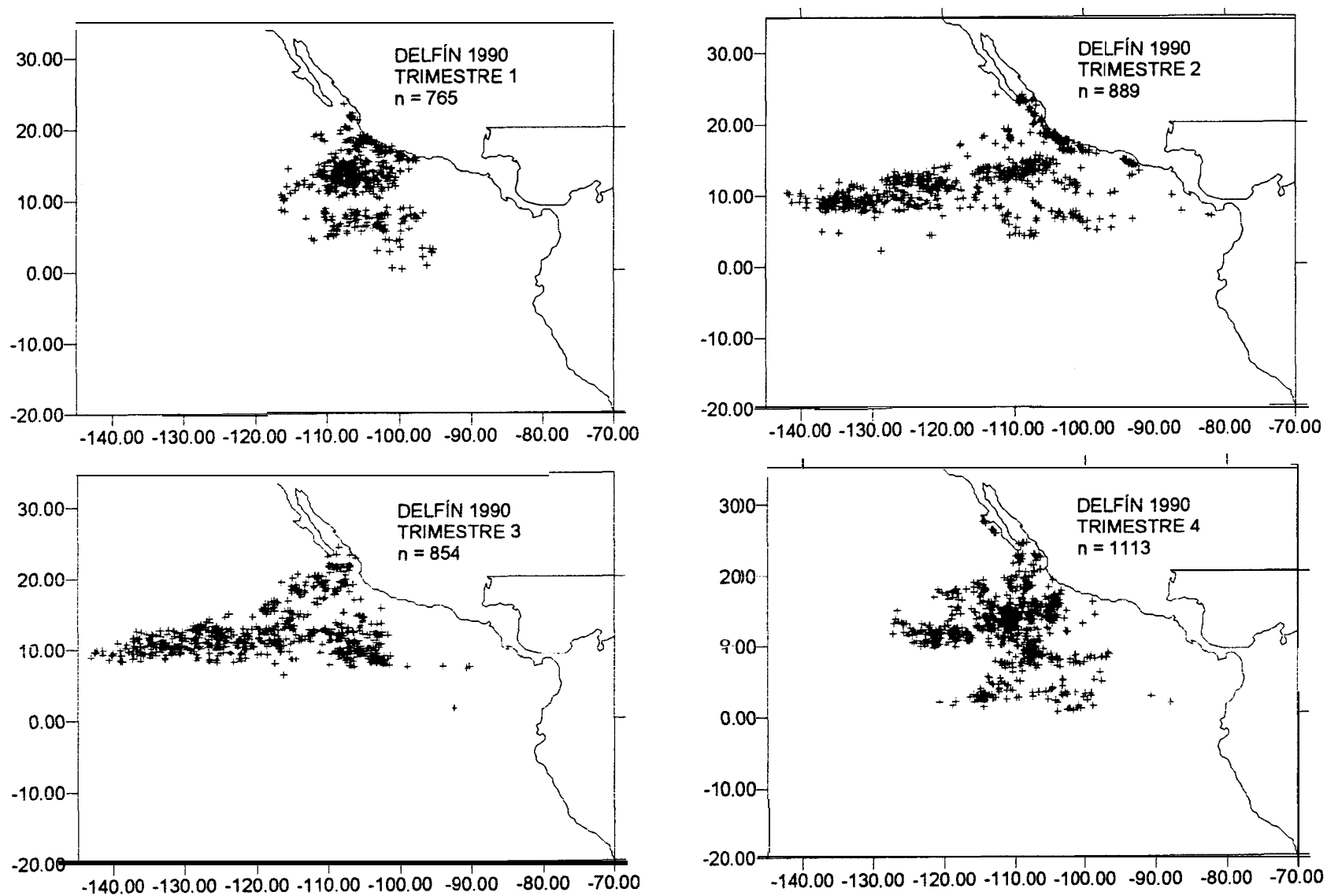


Figura 14. Distribución trimestral de lances sobre delfin en 1990.

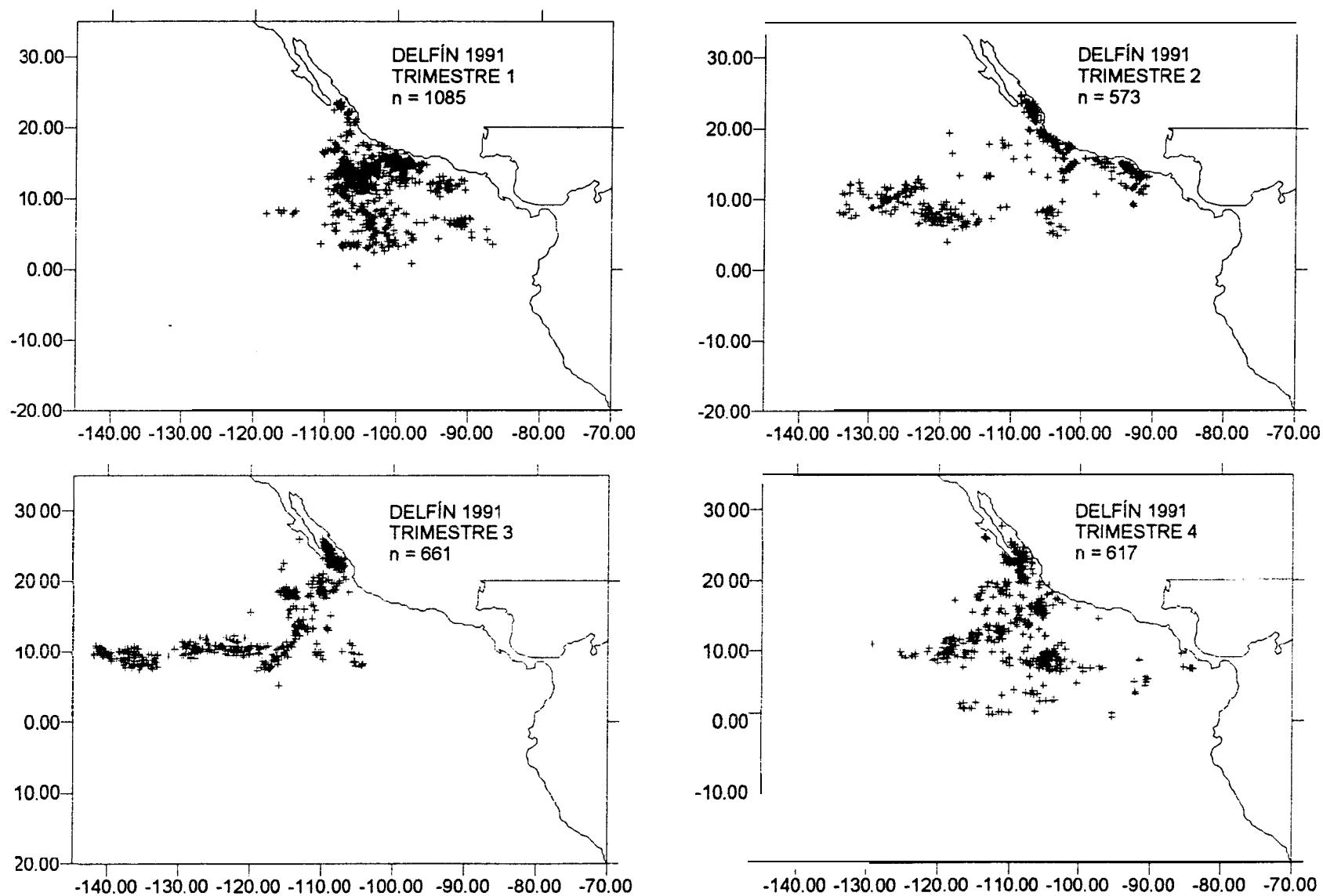


Figura 15. Distribución trimestral de lances sobre delfín en 1991.

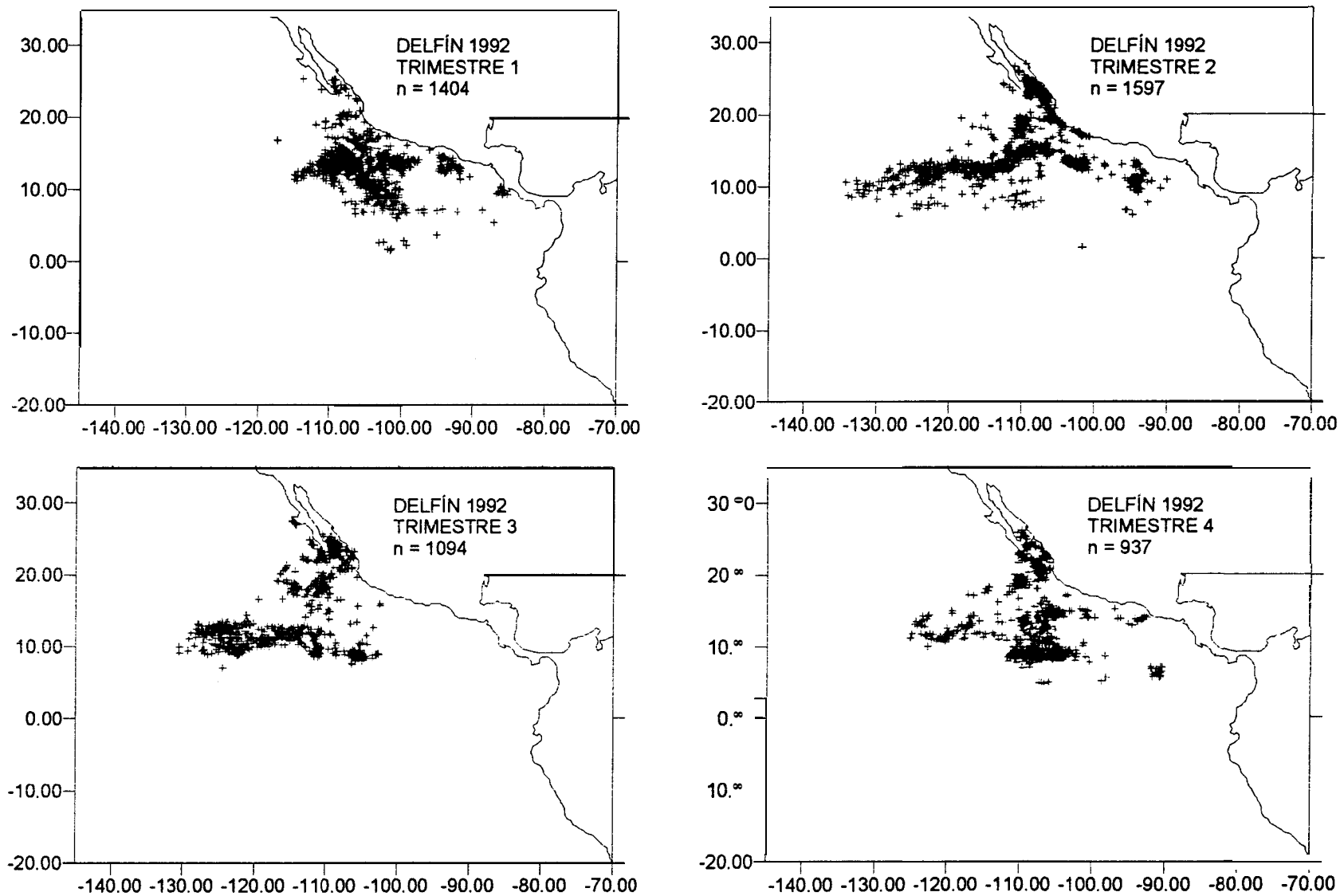


Figura 16. Distribución trimestral de lances sobre delfín en 1992.



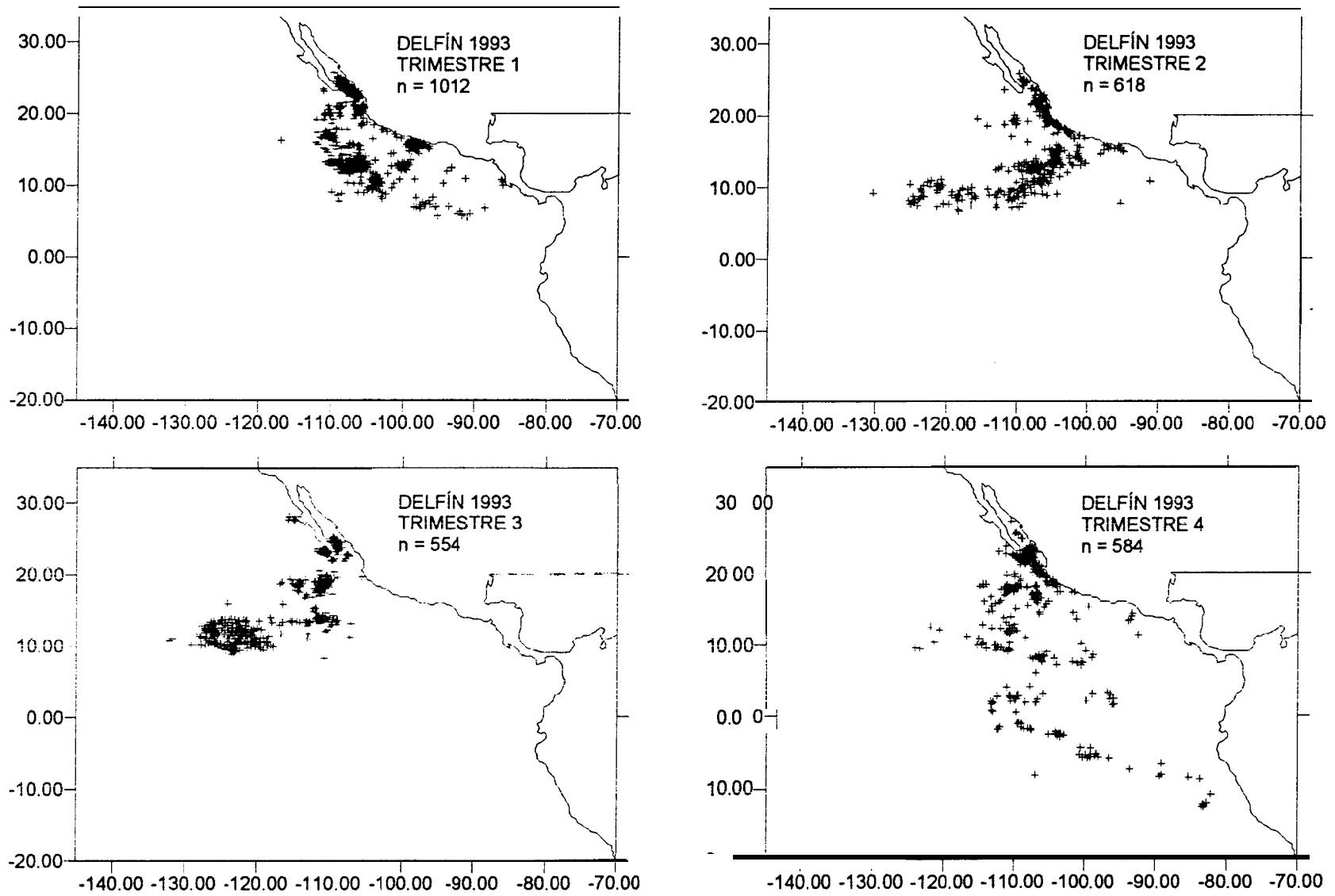


Figura 17. Distribución trimestral de lances sobre delfin en 1993 .

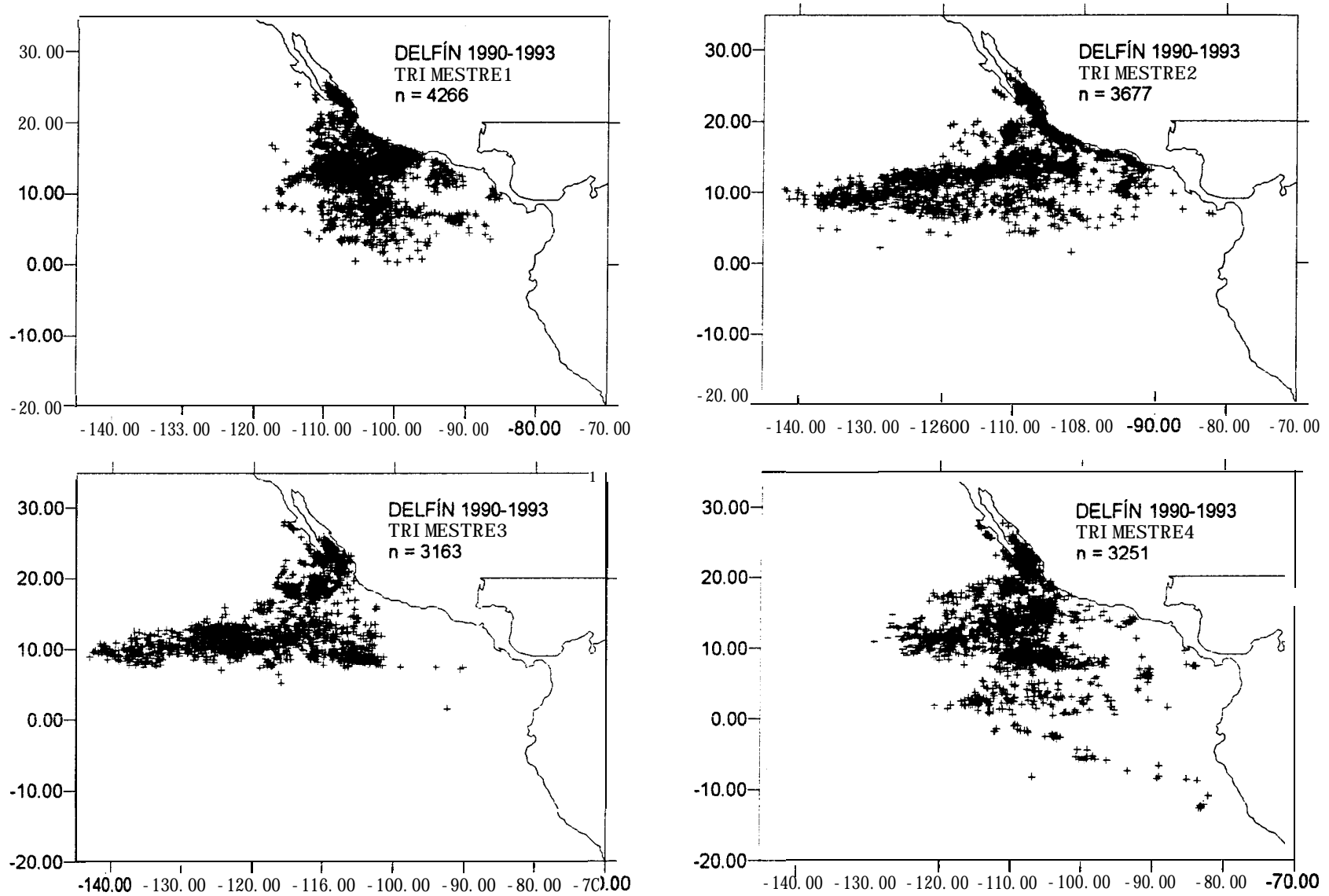


Figura 18. Distribución trimestral de lances sobre delfín 1990-1993.

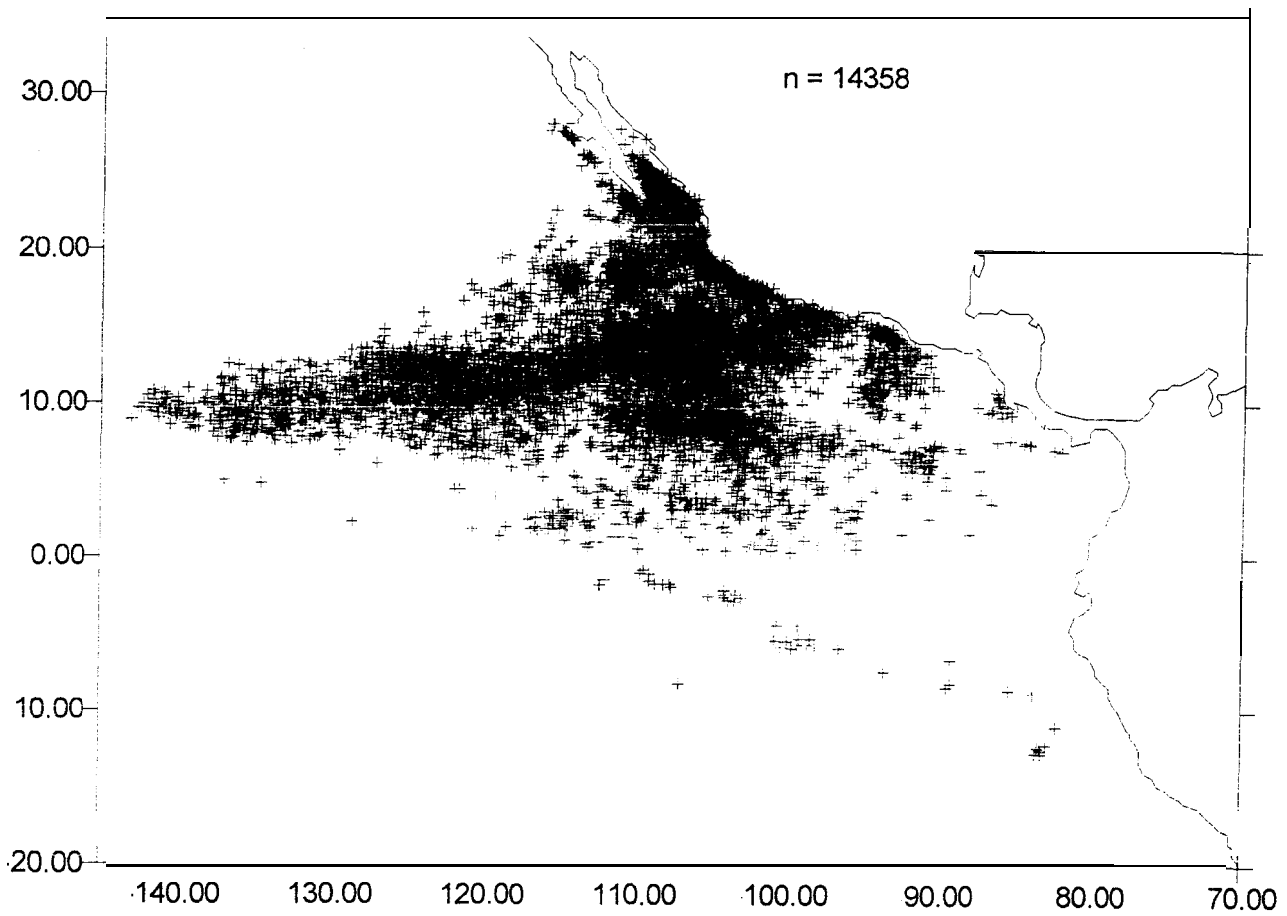


Figura 19. Distribución total de lances sobre delfín durante 1990 - 1993

## Normalización del esfuerzo de pesca.

En la tabla 1 se presenta el valor promedio y la **varianza** de las ocho características físicas de las embarcaciones. Las correlaciones más significativas ( $r^2 > 0.9$  y  $p < 0.01$ ) se dan entre la eslora, la manga, la capacidad de acarreo y la potencia del motor principal (tabla 2).

Tabla 1. Promedios y **varianza** de ocho características de las embarcaciones muestreadas

Características	media	varianza
1. Año de construcción	1978.88	27.80
2. Eslora	59.87	145.50
3. Manga	11.65	2.06
4. Puntal	6.72	4.84
5. Tonelaje bruto	1090.52	129159.71
6. Tonelaje neto	492.28	57277.94
7. Capacidad de acarreo	872.18	82417.06
8. Potencia del motor principal.	3098.55	662546.98

Tabla 2. Matriz de correlación entre ocho características de la flota

Características	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.00	0.45	0.41	0.08	0.22	0.25	0.41	0.35
2		1.00	0.95	0.44	0.73	0.64	0.97	0.94
3			1.00	0.56	0.77	0.58	0.95	0.95
4				1.00	0.44	0.26	0.51	0.53
5					1.00	0.44	0.74	0.80
6						1.00	0.63	0.61
7							1.00	0.93
8								1.00

De acuerdo con el análisis de componentes principales, los primeros tres componentes acumulan el 88% de la **varianza** (tabla 3); sin embargo, los resultados de la prueba de Sokal y Rohlf (1981) indican que el aumento en la explicación de la variación de la cpue al adicionar la información de los componentes principales dos y tres no es significativo (el coeficiente de determinación  $R^2$  pasa de 0.49 a 0.52), por lo que en el modelo para calcular el poder de pesca sólo se consideró al primer componente principal.

Tabla 3. Eigenvalores de las características y porcentajes de la **varianza** explicada por sus componentes principales asociados.

Componente	eigenvalores	porcentaje de <b>varianza</b>	porcentaje acumulado
1	5.41	67.65	67.65
2	0.96	11.97	79.62
3	0.68	8.56	88.19
4	0.53	6.64	94.83
5	0.28	3.50	98.33
6	0.06	0.79	99.12
7	0.04	0.52	99.64
8	0.03	0.36	100.00

La relación entre la cpue y el primer componente principal se estableció a través de una regresión simple ( $r^2 = 0.49$ ,  $p < 0.05$ ) que se expresa en la siguiente forma:

$$cpue = 14.84 + 1.89 C,$$

El poder relativo de pesca quedó definido por:

$$pp = 1 + \frac{1.89 \times C}{74.84}$$

El efecto de la normalización del esfuerzo sobre la captura se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4.** Poder de pesca, captura nominal y captura normalizada (éxito de pesca) de las 55 embarcaciones.

Embarcación	cpue nomi nal	poder de pesca	EXP embarcación	Embarcación	cpue nomi nal	poder de pesca	EXP
1	10.72	0.85	12.63	29	19.83	1.20	16.48
2	7.15	0.85	8.37	30	12.79	1.23	10.42
3	5.16	0.86	6.01	31	24.65	1.23	20.07
4	8.16	0.82	9.97	32	17.74	1.17	15.17
5	7.61	0.78	9.77	33	18.70	1.27	14.75
6	8.38	0.39	21.59	34	23.76	1.23	19.28
7	11.04	0.39	28.43	35	26.48	1.23	21.57
8	11.01	0.86	12.74	36	17.17	1.15	14.95
9	8.21	0.87	9.40	37	18.07	1.22	14.86
10	9.13	0.86	10.57	38	20.16	1.25	16.10
11	14.65	0.86	16.95	39	21.06	1.25	16.85
12	10.64	0.86	12.31	40	19.42	1.24	15.62
13	10.77	0.86	12.46	41	10.49	0.77	13.54
14	3.71	0.88	4.22	42	15.91	1.29	12.36
15	3.80	0.92	4.14	43	18.09	1.20	15.09
16	18.26	1.13	16.21	44	20.62	1.27	16.28
17	19.62	1.16	16.88	45	16.16	1.21	13.40
18	16.98	1.15	14.83	46	18.82	1.17	16.11
19	17.59	1.18	14.91	47	5.28	0.21	25.72
20	27.96	1.21	23.20	48	28.43	1.20	23.74
21	16.38	1.23	13.36	49	12.24	0.76	16.03
22	<b>19.18</b>	1.31	14.67	50	7.57	0.99	7.66
23	<b>18.75</b>	1.26	14.91	51	13.98	0.26	54.31
24	16.90	1.21	14.01	52	11.78	0.83	14.27
25	16.71	1.12	14.96	53	7.08	0.83	8.57
26	17.11	1.24	13.80	54	7.75	0.83	9.38
27	<b>18.15</b>	1.19	15.30	55	5.34	0.04	150.18
28	23.20	1.20	19.28				

## Éxito de pesca

Los promedios totales de EXP, considerando la captura de todas las especies de atún, fueron: objetos flotantes 24.57 t, cardúmenes libres 18.69 t y delfín 14.08 t. En cambio,

cuando se tomó en cuenta únicamente la captura de atún aleta amarilla, los promedios fueron: cardúmenes libres 14.02 t, delfín 13.94 t y objetos flotantes 8.31 t.

El EXP con objetos flotantes varió notablemente de año a año (figura 20); los cambios, sin embargo, son más marcados en la captura total que en la captura de atún aleta amarilla.

La variación anual de EXP con cardúmenes libres (figura 21) es menor que en el caso de los objetos flotantes, la diferencia más importante se dio de 1990 a 1991, cuando la captura aumentó en más del 50 %.

En el caso de los lances sobre cardúmenes asociados a delfín, los promedios anuales de EXP se mantuvieron muy próximos al promedio total (figura 22), tanto para la captura de todas las especies, como para la captura de atún aleta amarilla.

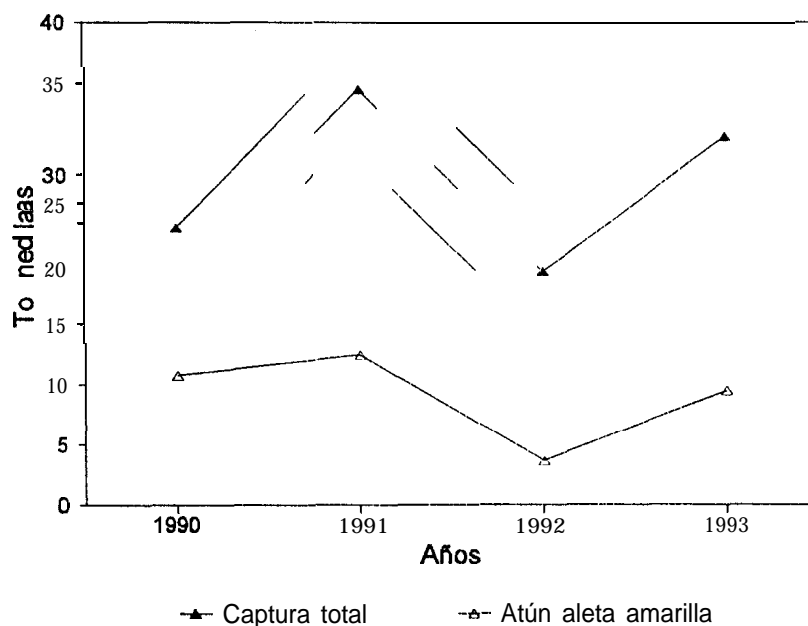


Figura 20. Promedios anuales del EXP con cardúmenes asociados a objetos flotantes

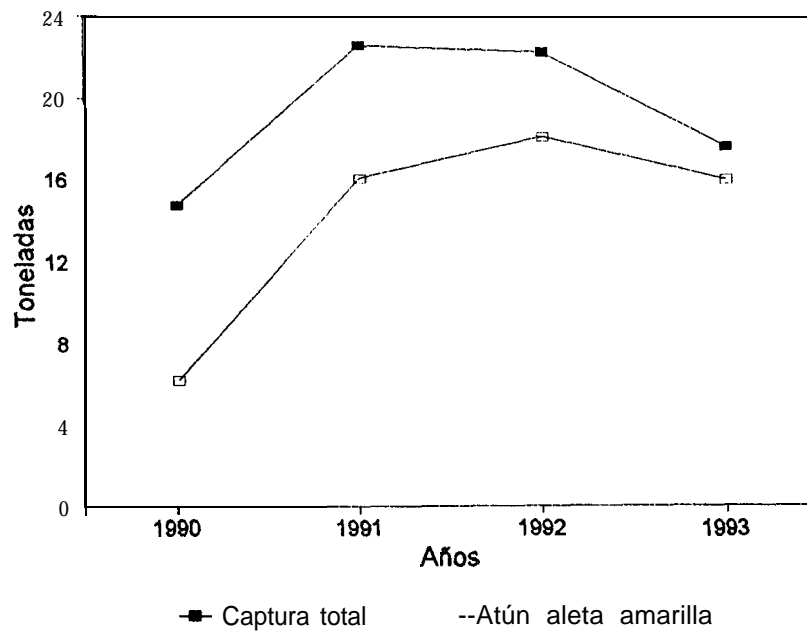


Figura 21. Promedios anuales del EXP con cardúmenes libres.

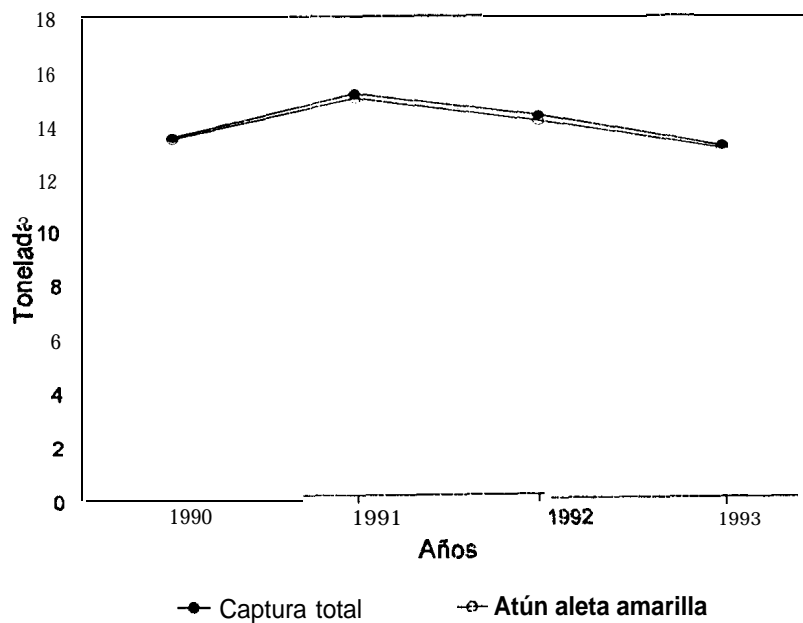


Figura 22. Promedios anuales del EXP con cardúmenes asociados a delfín



Se calcularon las anomalías mensuales del EXP con atún aleta amarilla y con todas las especies, para los tres tipos de cardúmenes, con el objetivo de encontrar posibles variaciones estacionales.

En el caso de objetos flotantes los valores de EXP fluctuaron continuamente entre niveles extremos, sin seguir un patrón estacional (figura 23). Puede observarse que la composición de la captura no fue homogénea, ya que los valores de EXP de atún aleta amarilla y de todas las especies presentaron comportamientos distintos en algunas ocasiones y en varios meses no hubo presencia de atún aleta amarilla en la captura.

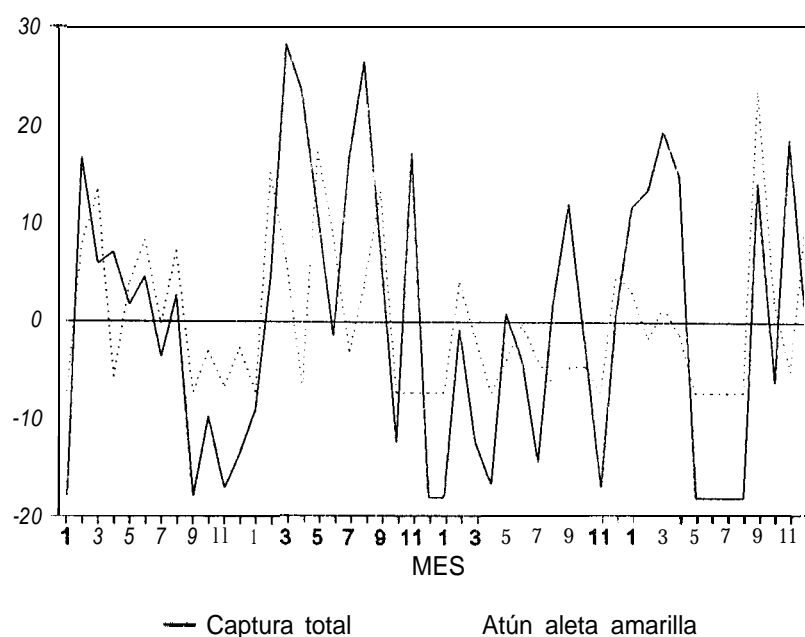


Figura 23. Anomalías mensuales del EXP con cardúmenes asociados a objetos flotantes.

En el caso de cardúmenes libres tampoco se presentó un patrón estacional en la variación del EXP (figura 24); sin embargo, se observa una ligera tendencia general de mayores capturas en 1992 y 1993. En este caso la composición de la captura es más homogénea



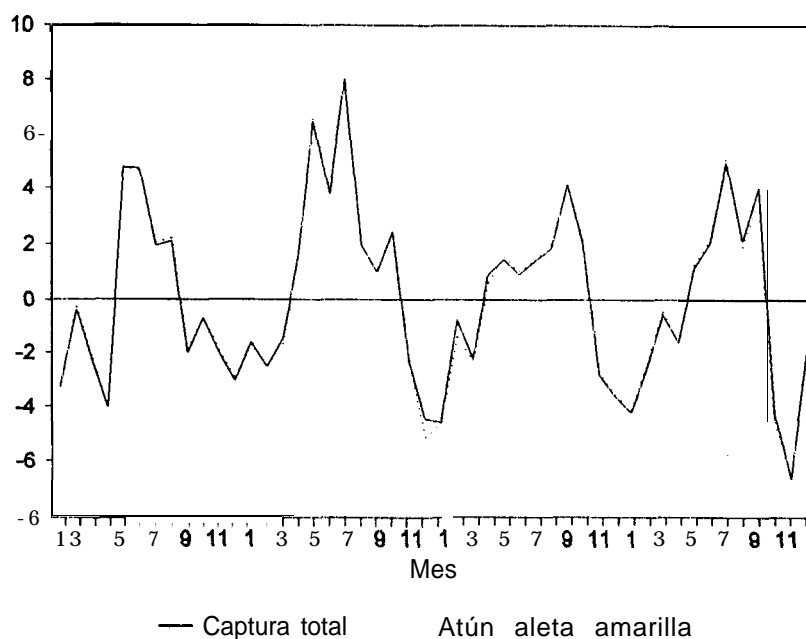


Figura 25. Anomalías mensuales del EXP con cardúmenes asociados a delfín.

### Lances sin captura

La pesca sobre cardúmenes libres presentó el mayor porcentaje de lances sin captura durante los cuatro años, con un promedio general de 38.49 %; los promedios de la pesca sobre objetos flotantes y sobre delfín fueron menores y similares entre sí: 19.58 % y 18.23 %, respectivamente. La variación de estos porcentajes entre años (figura 26) se caracterizó por un aumento durante 1992 y 1993, con tendencias más marcadas en los casos de cardúmenes libres (49.25 % en 1992) y cardúmenes asociados a delfín (24.95% en 1993).

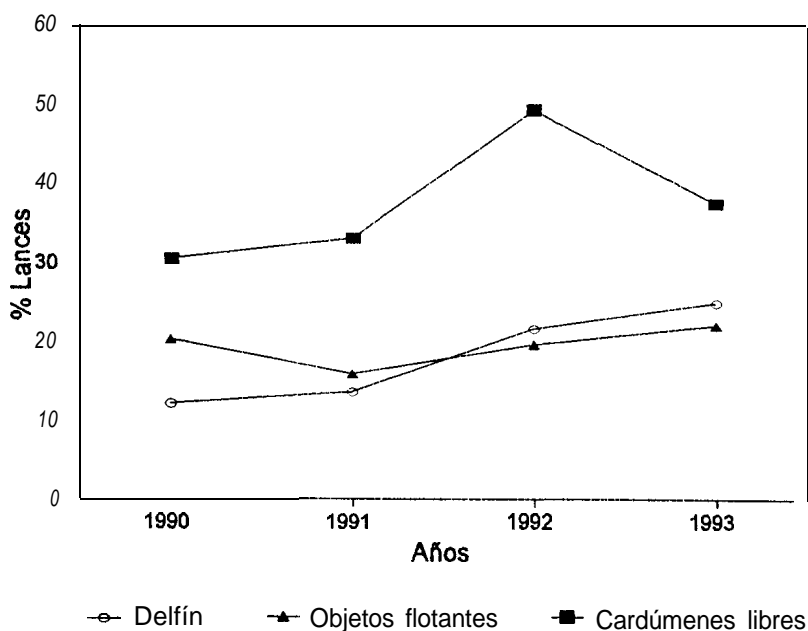


Figura 26. Porcentaje anual de lances sin captura por tipo de cardumen.

### Composición de la captura.

La pesca con delfín obtuvo los porcentajes más altos de cardúmenes de atún aleta amarilla durante los cuatro años (tabla 5), seguida de la pesca sobre cardúmenes libres, que capturó porcentajes relativamente importantes de cardúmenes de barrilete y otras especies; la pesca sobre objetos flotantes presentó la mayor variación en la composición de la captura y los porcentajes más bajos de cardúmenes de atún aleta amarilla.

Tabla 5. Porcentaje de lances por tipo de cardumen y especie capturada.

**Cardúmenes asociados a delfín**

	aleta amarilla	barrilete	aleta amarilla y barrilete	otras especies	otras especies y aleta amarilla	otras especies y barrilete
<b>1990</b>	<b>98.64</b>	0.22	1.15	0.00	0.00	0.00
1991	<b>96.69</b>	0.16	3.16	0.00	0.00	0.00
1992	97.01	0.18	2.81	0.00	0.00	0.00
1993	<b>98.65</b>	<b>0.29</b>	0.72	0.19	0.14	0.00
promedio	97.75	0.21	1.96	0.05	0.04	0.00

**Cardúmenes asociados a objetos flotantes**

<b>1990</b>	57.33	20.00	21.33	1.33	0.00	0.00
1991	27.59	39.66	32.76	0.00	0.00	0.00
1992	21.82	53.64	20.91	0.00	0.00	3.64
1993	20.45	22.73	55.68	1.14	0.00	0.00
promedio	31.80	34.00	32.67	0.62	0.00	0.91

**Cardúmenes libres**

<b>1990</b>	<b>50.26</b>	<b>8.17</b>	<b>5.31</b>	<b>36.26</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>1991</b>	<b>75.95</b>	<b>7.85</b>	<b>8.61</b>	<b>7.59</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
1992	<b>73.68</b>	<b>10.01</b>	<b>15.02</b>	<b>1.16</b>	<b>0.13</b>	<b>0.00</b>
<b>1993</b>	<b>84.41</b>	<b>3.79</b>	<b>10.25</b>	<b>1.12</b>	<b>0.43</b>	<b>0.00</b>
promedio	<b>70.79</b>	<b>7.03</b>	<b>9.72</b>	<b>12.28</b>	<b>0.18</b>	<b>0.00</b>

**Eficiencia de pesca relativa.**

La mayor coincidencia de lances sobre cardúmenes libres y sobre delfín, registrados en la misma área de 1 ° y en el mismo mes, durante los cuatro años, se dio en la boca del golfo de California (figura 27), en un área enmarcada por las líneas de costa, los paralelos de 21 °N y 25 °N y el meridiano de los 110 °O.

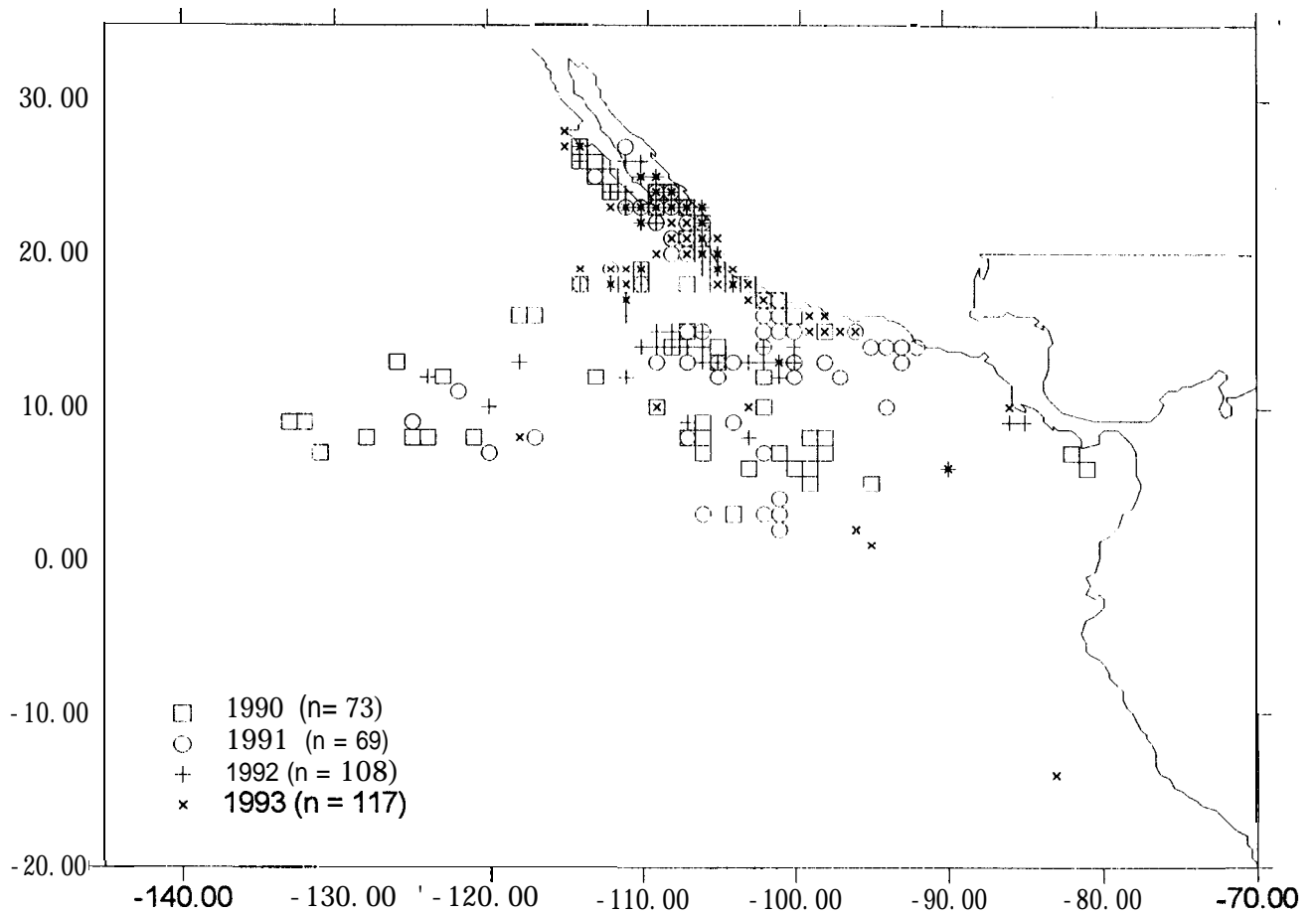


Figura 27. Distribución de lances sobre cardúmenes libres y asociados a delfín en el mismo mes y área de 1 °

Los datos de captura (tabla 6) muestran que en esta zona disminuyeron las ventajas de la pesca con delfín: el promedio de lances sin captura fue 2.7 veces mayor al promedio general y el EXP fue, en promedio, 25 % menor al global; tendencias similares, pero menos marcadas, se observaron en el caso de cardúmenes libres. En ambos tipos de pesca la captura estuvo compuesta exclusivamente de atún aleta amarilla.

Tabla 6. Datos de captura en el área común del golfo de California.

**Cardúmenes libres**

	No. de lances	% lances de agua	% aleta amarilla en la captura	EXP aleta amarilla
1990	319	37.93	99.96	8.47
1991	101	45.54	100.00	11.61
1992	413	53.51	97.87	13.55
1993	462	39.83	99.88	14.31
<b>promedio</b>		<b>44.20</b>		<b>11.99</b>

**Cardúmenes asociados a delfín**

	No. de lances	% lances de agua	% aleta amarilla en la captura	EXP aleta amarilla
1990	35	51.43	100.00	11.54
1991	179	32.40	99.63	11.86
1992	418	53.11	99.55	10.70
1993	470	56.17	99.69	7.44
<b>promedio</b>		<b>48.27</b>		<b>10.39</b>

La figura 28 presenta la variación anual de la EPR entre ambos tipos de cardúmenes; los valores negativos indican mayor eficiencia de la pesca sobre delfín y viceversa. Según el patrón encontrado, la pesca sobre cardúmenes libres fue más eficiente a partir de 1992, aunque las condiciones que propiciaron esta tendencia pudieron haber iniciado en 1991, cuando ambos tipos de pesca obtuvieron rendimientos similares.

Los análisis de EPR entre la pesca sobre objetos flotantes y los otros dos tipos no se realizaron, debido a que en ambos casos no se formaron áreas comunes importantes durante los cuatro años.

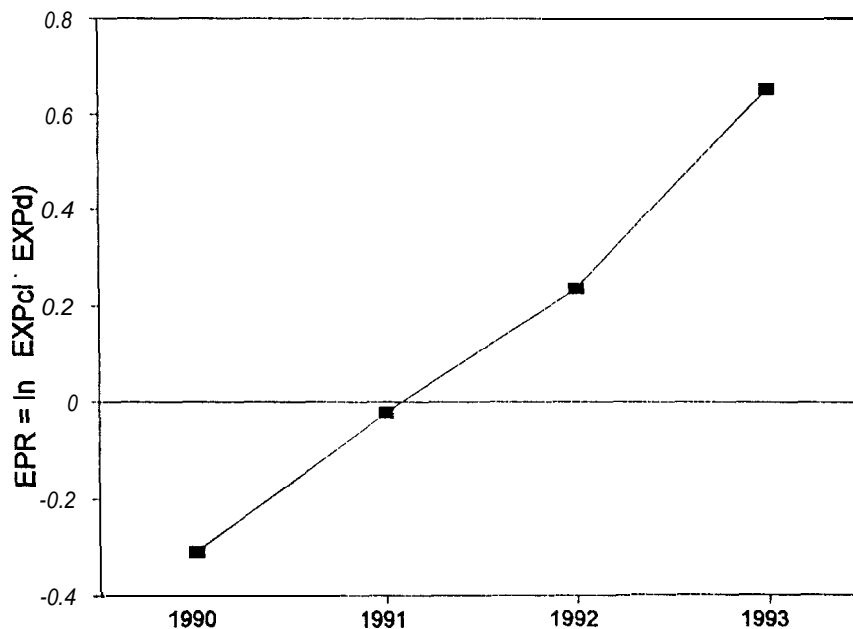


Figura 28. Eficiencia de pesca relativa de cardúmenes libres (cl) y asociados a delfín (d) en la boca del golfo de California.

### Estructura térmica vertical y resultados de la pesca.

A partir de las áreas con mayor frecuencia de lances en 1990 se definieron cuatro zonas para el análisis con la estructura térmica vertical, de las cuales dos corresponden a la mayor frecuencia de lances sobre cardúmenes libres y dos a lances sobre delfín (figura 29). Debido a la poca cantidad de datos, no se obtuvieron áreas para el análisis con lances sobre objetos flotantes.



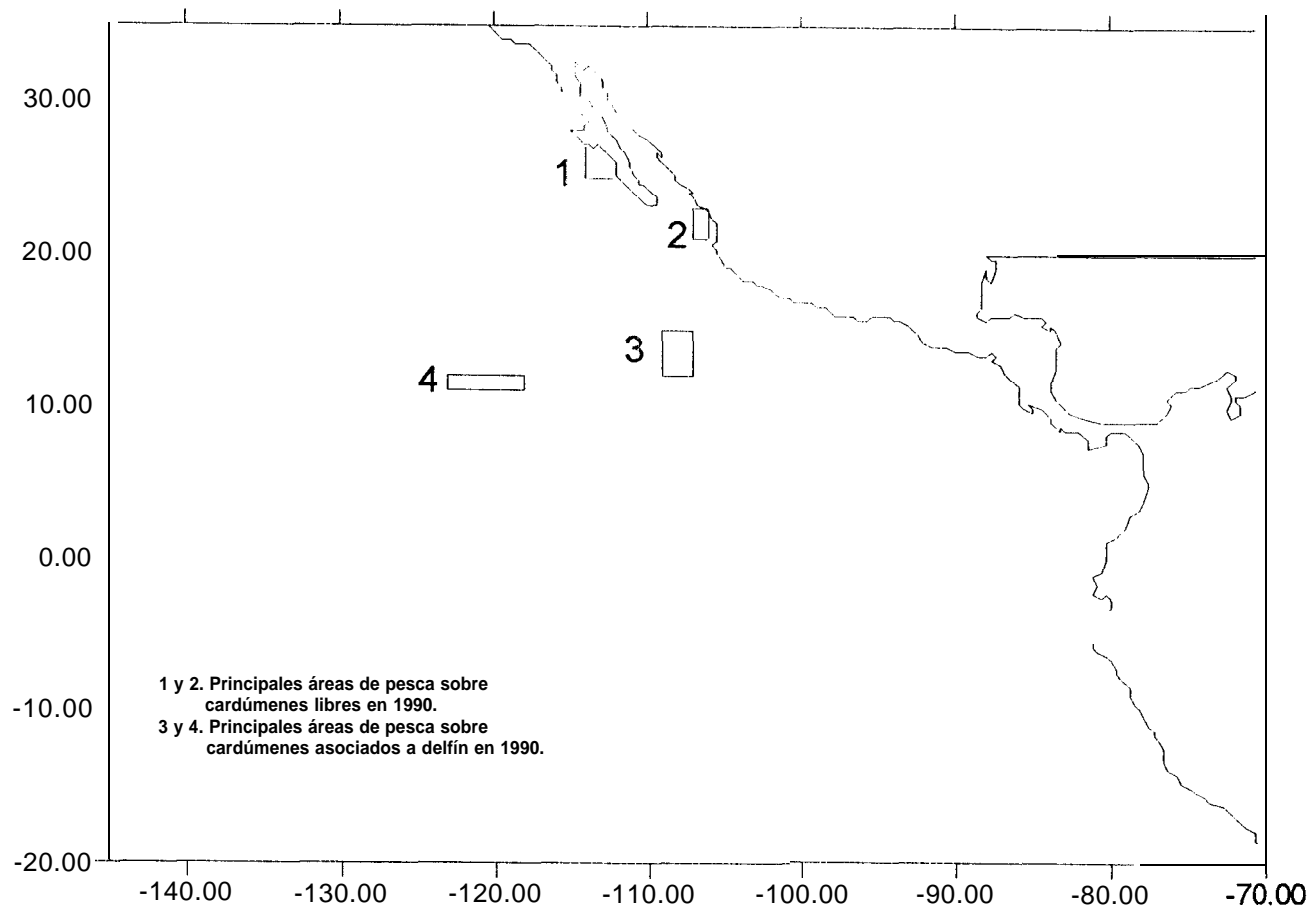


Figura 29. Áreas escogidas para el análisis con la estructura térmica vertical en 1990.

La zona 1, en la costa occidental de la península de Baja California, corresponde a la franja costera entre punta Abreojos y bahía Magdalena. En ella se concentró la mayor frecuencia de lances sobre cardúmenes libres entre junio y diciembre (35.7% del total en 1990).

La zona 2 se localiza frente a la costa de Nayarit y el sur de Sinaloa, y abarca las islas Marías. Fue la segunda área en importancia para la pesca con cardúmenes libres en 1990, con el 25.46 % de los lances, los cuales se realizaron entre enero y marzo.

En la zona 3, localizada en una parte relativamente oceánica al suroeste de México, se realizó el 6.54 % de los lances sobre delfín en 1990, con datos durante todo el año.

La zona 4 es la más oceánica, y fue la segunda en importancia para la pesca con delfín con el 2.98 % de los lances en 1990, realizados específicamente entre mayo y noviembre.

En la figura 30 se presentan los perfiles promedio mensuales de temperatura en las cuatro áreas, y en las tablas 7 a 10 se presentan los valores de las variables del perfil de temperaturas y los datos de captura en cada zona.

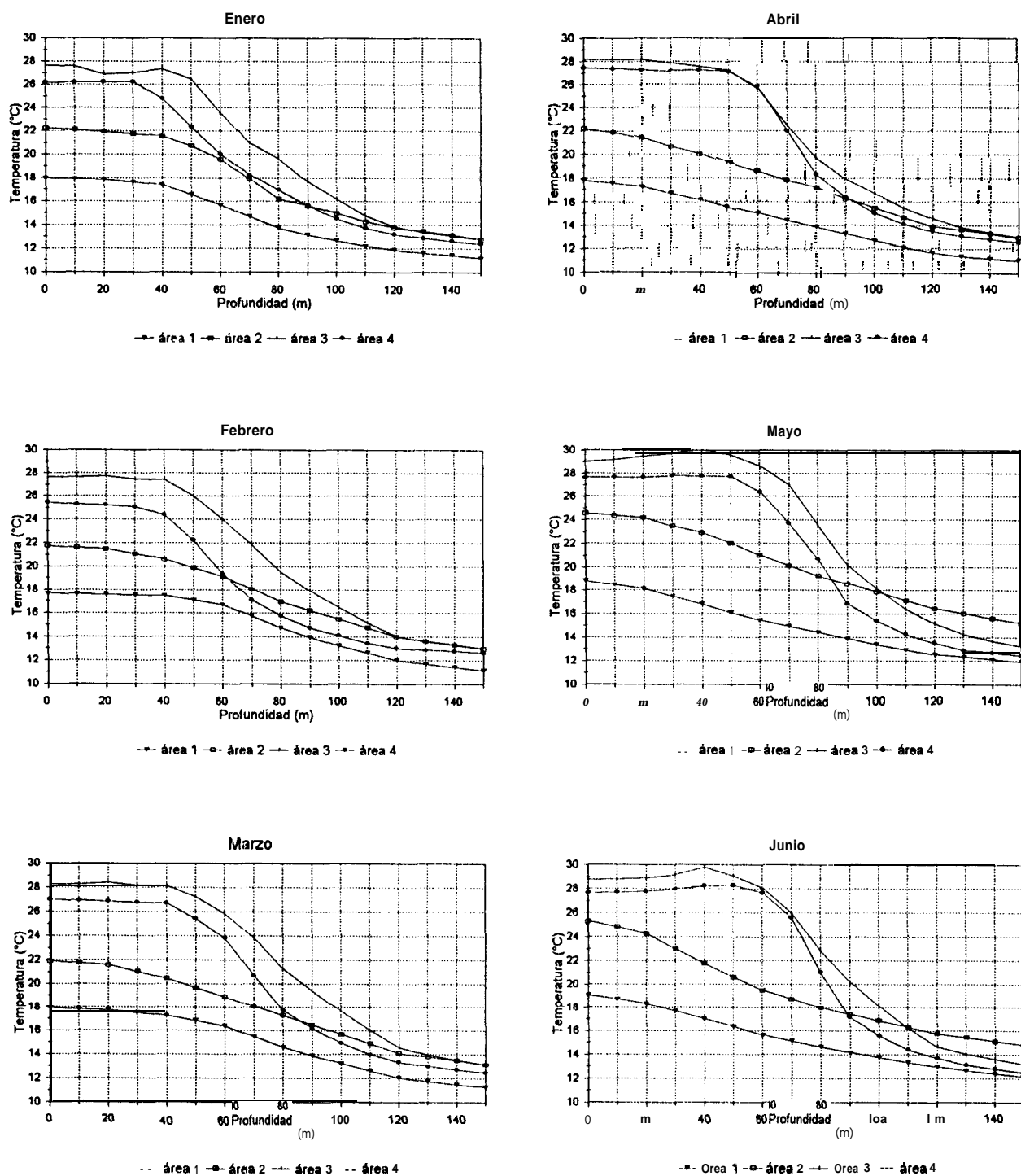


Figura 30. Perfiles mensuales de temperatura en cuatro áreas del OPO, 1990.

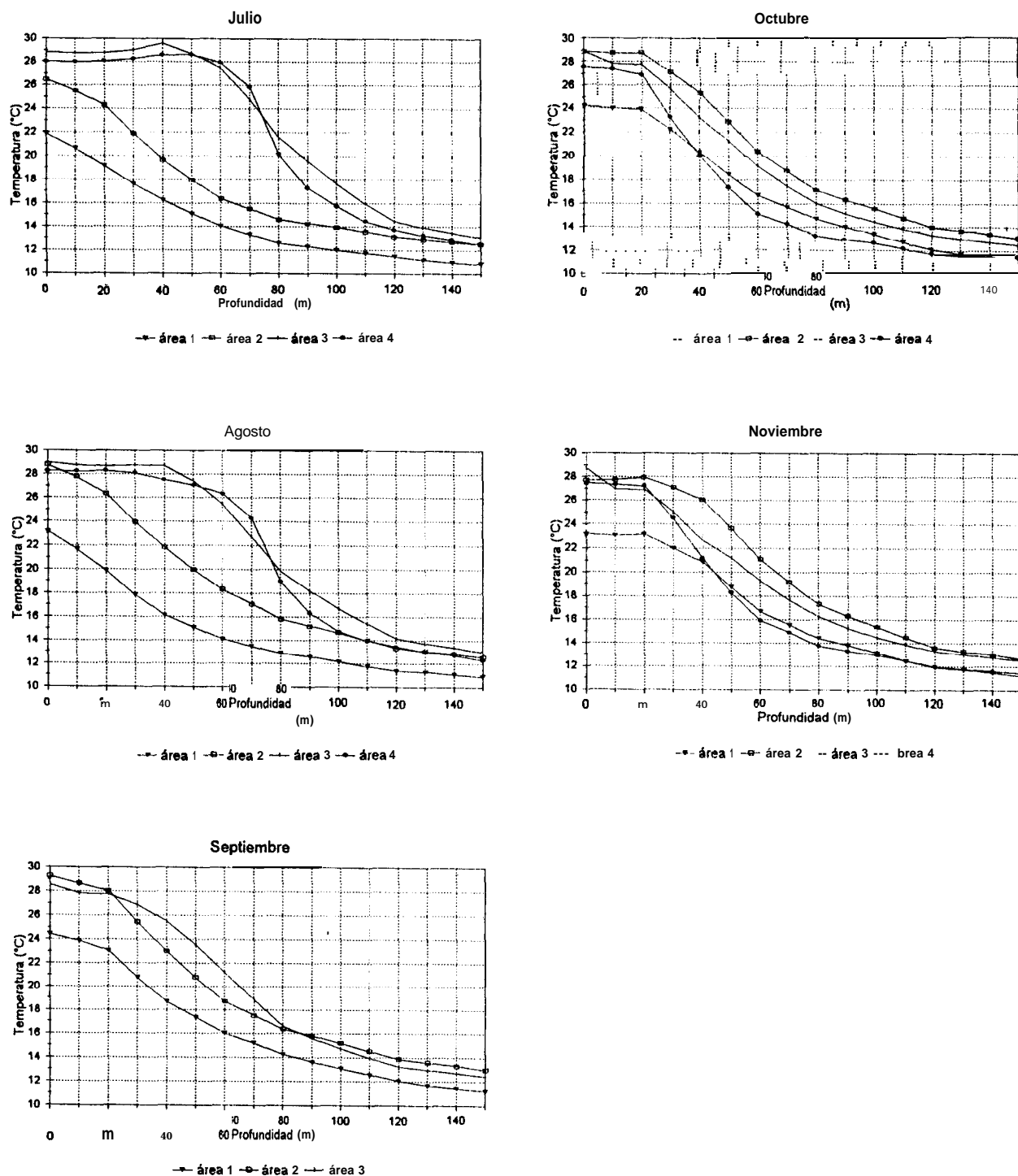


Figura 30. Continuación.

Tabla 7. Datos del perfil de temperaturas y de captura con cardúmenes libres en el área 1.

Mes	gradiente máximo de temperaturas ( °C / m )	profundidad de la capa de mezcla ( m )	profundidad de la isoterma de 23 °C ( m )	No. de lances	% de lances sin captura	EXP (atún aleta amarilla y barrilete)
1	0.10	40				
2	0.10	40				
3	0.09	20				
4	0.06	20				
5	0.07	10				
6	0.07	10		224	10.27%	0.00
7	0.15	0		157	14.01%	0.00
8	0.20	0	0.00	67	28.36%	10.55
9	0.23	10	20.00	19	68.42%	17.51
10	0.19	20	25.00	7	57.14%	1.22
11	0.21	20	0.00	11	81.82%	0.00
12				17	58.82%	1.05

Tabla 8. Datos del perfil de temperaturas y de captura con cardúmenes libres en el área 2.

Mes	gradiente máximo de temperaturas ( °C / m )	profundidad de la capa de mezcla ( m )	profundidad de la isoterma de 23 °C ( m )	No. de lances	% de lances sin captura	EXP con atún aleta amarilla
1	0.17	40		111	60.36%	11.97
2	0.11	20		242	42.15%	15.99
3	0.08	20		5	80.00%	14.63
4	0.09	10				
5	0.10	20	39.00			
6	0.13	10	29.00			
7	0.24	0	26.00			
8	0.24	0	35.00			
9	0.26	10	40.00			
10	0.25	20	50.00			
11	0.26	20	52.00			
12						

Tabla 9. Datos del perfil de temperaturas y de captura con cardúmenes asociados a delfín en el área 3.

Mes	gradiente máximo de temperaturas ( °C / m )	profundidad de la capa de mezcla ( m )	profundidad de la isoterma de 23 °C ( m )	No. de lances	% de lances sin captura	EXP con atún aleta amarilla
1	0.29	50	62.00	74	10.81%	16.19
2	0.24	40	65.00	16	6.25%	19.18
3	0.25	40	73.00	44	2.00%	15.01
4	0.32	50	68.00	48	16.67%	12.44
5	0.34	40	82.00	5	0.00%	8.35
6	0.31	40	80.00	2	0.00%	5.88
7	0.32	40	75.00	1	0.00%	9.30
8	0.28	40	69.00	4	25.00%	10.20
9	0.23	10	52.00	7	42.86%	4.43
10	0.24	20	41.00	3	0.00%	6.09
11	0.24	0	39.00	13	15.38%	9.10
12				20	20.00%	9.78

Tabla 10. Datos del perfil de temperaturas y de captura con cardúmenes asociados a delfín en el área 4.

Mes	gradiente máximo de temperaturas ( °C / m )	profundidad de la capa de mezcla ( m )	profundidad de la isoterma de 23 °C ( m )	No. de lances	% de lances sin captura	EXP con atún aleta amarilla
1	0.25	30	48.00			
2	0.29	30	46.00			
3	0.31	40	62.00			
4	0.38	50	68.00			
5	0.38	50	72.00	14	0.00%	19.06
6	0.46	50	76.00	26	0.00%	14.62
7	0.57	50	75.00	6	0.00%	6.64
8	0.53	30	72.00	1	0.00%	5.69
9				14	0.00%	14.16
10	0.36	20	30.00	41	2.44%	15.79
11	0.34	20	35.00	6	16.67%	13.50
12						

Las gráficas de dispersión mostraron que en la zona 1 el mayor porcentaje de lances sin captura coincidió con los máximos valores de pcm y viceversa, pero aunque el ajuste de los datos puede ser lineal, un análisis de regresión indica que las variables no están relacionadas significativamente ( $r^2 = 0.52$ ,  $F_{(1,4)} = 4.34$ ,  $p = 0.11$ ). Lo mismo sucede con la relación entre la pcm y el EXP (con todas las especies), los menores valores de EXP se obtuvieron con las mayores pcm y la relación puede ser lineal, pero no significativa ( $r^2 = 0.25$ ,  $F_{(1,4)} = 1.35$ ,  $p = 0.31$ ). No se aprecian tendencias claras de la pi23 con el porcentaje de lances sin captura ni con el EXP. El resultado más importante en esta área es que el porcentaje de lances sin captura creció exponencialmente con el gmx; esta relación es contraria a las tendencias esperadas, ya que los descensos bruscos de temperatura deberían limitar el escape de los cardúmenes.

En el área 2 sólo se tienen registros de captura para el periodo enero-marzo, lo que impide observar alguna tendencia entre las variables.

En el área 3, durante el periodo enero-agosto, el EXP y la pi23 guardaron una relación lineal e inversa bastante clara y significativa ( $r^2 = 0.66$ ,  $F_{(1,6)} = 11.65$ ,  $p = 0.014$ ); sin embargo los datos de los meses restantes se alejan de este comportamiento. En todos los demás casos las variables no mostraron alguna relación, los datos aparecen dispersos y sin tendencias.

En el área 4 la dispersión de los datos en todos los casos permite inferir que las variables no guardaron relaciones significativas.

## **DISCUSIÓN.**

Las proporciones de lances por tipo de cardumen, encontradas en este trabajo, permiten identificar una marcada preferencia de la flota mexicana por la captura de cardúmenes asociados a delfín. Además de las condiciones naturales que propician esta situación, existe un factor económico importante: la captura de estos cardúmenes alcanza los mejores precios del mercado por tratarse, principalmente, de atún aleta amarilla grande (> 9 kg) (Joseph 1994), lo que constituye un incentivo para los pescadores.

En el mismo ámbito, puede intuirse que la variación observada en la proporción de lances por tipo de cardumen refleja un cambio en las preferencias de la flota, forzado principalmente por el embargo comercial impuesto a la pesquería mexicana por el gobierno de los Estados Unidos en agosto de 1990 (Anónimo 1991), el cual tiene como principal argumento la mortalidad de delfines en las operaciones de pesca. Al parecer, ante esta presión político-económica una estrategia de la flota fue disminuir el esfuerzo sobre cardúmenes asociados a delfín e intensificar la captura de cardúmenes libres.

### **Zonas y temporadas de pesca.**

Según la hipótesis de esta parte del trabajo, la distribución y la magnitud del esfuerzo que dedica la flota a cada tipo de cardumen depende de la accesibilidad que tiene a las principales áreas de pesca. De acuerdo con los resultados esto es parcialmente válido: la flota mexicana captura, durante todo el año, cardúmenes asociados a delfín y cardúmenes libres, pero no realiza un esfuerzo significativo sobre cardúmenes asociados a objetos flotantes; sin embargo, este comportamiento se debe más al interés de la flota sobre cada tipo de cardumen que a la accesibilidad sobre las áreas de pesca.



Es evidente que los cardúmenes asociados a delfín representan un gran interés para la pesquería mexicana, ya que la flota -además de trabajar en las zonas más accesibles y cercanas a la costa- recorre grandes distancias para poder explotar las altas concentraciones que ocurren en verano en la parte oceánica. Por otro lado, la distribución de este tipo de lances, coincide con las áreas más importantes que se han establecido para la pesquería en el OPO en los últimos años (Arenas et al. 1992, Anónimo 1995).

La zona más importante para la flota internacional se encuentra al sur de México, aproximadamente entre los 90 °O y los 115 °O y entre los 8 °N y los 15 °N; la actividad es continua a lo largo del año y sólo presenta una disminución durante mayo y agosto, que coincide con la máxima actividad en la parte oceánica (Arenas et al. 1992). La flota mexicana trabaja continuamente en esta área, pero disminuye su presencia en el segundo trimestre y prácticamente la abandona durante el tercer trimestre. La pesca a lo largo del año puede deberse a las condiciones oceanográficas poco variables que se presentan y que propician altas abundancias de delfín manchado y delfín tornillo (Reilly 1990).

La segunda zona en importancia para la flota internacional es la franja oceánica comprendida entre 120 °O y 145 °O a lo largo de los 10 °N; es un área explotada fuertemente en verano, especialmente entre junio y agosto, aunque la actividad se presenta desde mayo hasta octubre (Arenas et al. 1992), lo que coincide con la distribución de la flota mexicana. Las condiciones ambientales (especialmente el viento) permiten el acceso de las embarcaciones a esta zona sólo en verano (Arenas et al. 1992); además, en esa época se presenta una disminución de la pcm que puede propiciar la agregación de calamar y peces que sirvan de alimento al delfín y al atún (Reilly 1990). Los delfines involucrados en la pesca también son el manchado y el tornillo (Reilly 1990, Arenas et al. 1992). Los resultados de este trabajo muestran que durante 1992 y 1993 la pesca en esta zona no rebasó el límite de los 130 °O, lo que coincide con los registros de la pesquería internacional (Anónimo 1993b, 1994). Una posible explicación es que durante ese periodo, y debido a condiciones relacionadas con el fenómeno de El Niño,

la pcm fue mayor a lo normal y el enriquecimiento de la zona, en consecuencia, disminuyó.

La tercer área importante para la pesca con delfín se encuentra en la costa de México, al norte de los 15 °N e incluye la costa suroccidental de la península y la boca del golfo de California. La pesca se realiza durante todo el año e involucra, principalmente, a delfines comunes (Arenas et al. 1992).

En el caso de los cardúmenes libres, el interés de la flota es relativamente alto y destina una buena parte del esfuerzo a su captura; sin embargo, dicho interés no es tanto como para trasladarse a la región de Centroamérica, donde también es abundante este tipo de pesca (Arenas et al. 1992). La flota prefiere concentrar su actividad en el noroeste de México, especialmente en dos áreas bastante accesibles: la costa occidental de la península de Baja California y el golfo de California.

La concentración de atún aleta amarilla y barrilete en la costa occidental de la península de Baja California ocurre cuando se cumplen dos condiciones: temperaturas óptimas (mayores o iguales a 20°C) y disponibilidad de alimento (Blackburn 1969); esta última se ve afectada por los procesos estacionales de surgencias que ocurren a lo largo de la costa durante primavera y verano y cesan a finales del otoño (Pares-Sierra 1989). Las surgencias propician la abundancia de plancton y de organismos que de éste se alimentan, como la langostilla (*Pleuroncodes planipes*) que constituye la principal especie en la dieta del atún en la zona (Blackburn 1969). Bajo estas condiciones se espera que la pesca comience en la parte sur de la península al final de la primavera o principio del verano; se extienda al norte durante el verano y desaparezca al final del invierno o al inicio de la primavera. Este esquema propuesto por Blackburn (1969) explica la variación de las áreas de pesca encontradas en este trabajo: los lances se realizaron en zonas con temperaturas iguales o superiores a los 19 °C y formaron concentraciones importantes a partir del segundo o tercer trimestre, después de que han ocurrido las surgencias. Bahía

San Cristóbal (al sur de Punta Eugenia) y la isla Santa Margarita (en bahía Magdalena) son consideradas las principales áreas de surgencias en la parte sur de la península (Lynn 1967), los mapas muestran constantes concentraciones de lances alrededor de estos puntos. Además, se observó una distribución más espaciada de los lances durante el tercero y cuarto trimestres debido, posiblemente, a una dispersión de las aguas enriquecidas por las surgencias (Blackburn, 1969).

La expansión de la pesca hacia el norte de la península en 1992 parece haber obedecido, en principio, a este mismo patrón; los primeros lances en el norte se registraron después de las máximas surgencias y en una zona con temperatura superficial de 19 a 20 °C. Sin embargo, los bajos valores de los índices de surgencias en toda la península permiten dudar que las concentraciones de atún se hayan debido, exclusivamente, al enriquecimiento por esos procesos. Es posible que tales concentraciones se hayan visto favorecidas por la presencia de organismos de los cuales también puede alimentarse el atún, como la anchoveta (*Engraulis mordax*) cuyas capturas en Baja California aumentaron en más del 500% entre 1991 y 1992 (Hammann et al. 1995), o como el calamar gigante (*Dosidicus gigas*), que también estuvo presente en la zona (Hammann et al. 1995). La disminución de los índices de surgencias y la abundancia de anchoveta y calamar se han explicado como consecuencias del fenómeno El Niño que se presentó en la costa de la península a partir de febrero de 1992 (Hamman et al. 1995, Lynn et al. 1995).

Con respecto al área del golfo de California, es muy probable que las concentraciones de cardúmenes libres también respondan a procesos de surgencias. Santamaría-del-Ángel, et al. (1999) establecen que esos procesos ocurren en la costa del macizo continental entre noviembre y mayo, y en la costa de la península entre junio y octubre; los primeros son de mayor intensidad y abarcan áreas más extensas que los segundos. La diferenciación coincide con la distribución de lances en la zona, aunque con algunos defasamientos, ya que la pesca en la costa del continente se dio entre diciembre y junio,

mientras que en la costa de la península se presentó entre julio y septiembre. Según Santamaría-del-Ángel et al. (1994) durante el invierno se forman remolinos en el golfo que pueden desplazar las aguas enriquecidas por surgencias desde el continente hacia la península, cubriendo amplias zonas entre las dos orillas, lo que coincide con la pesca en la parte media de la boca registrada en diciembre y enero.

En general, la flota no concede importancia a los cardúmenes asociados a objetos flotantes y no los busca aunque abunden en áreas relativamente accesibles. Datos de la flota internacional (Arenas et al. 1992), indican que frente al golfo de Tehuantepec existe una zona importante para la pesca sobre objetos flotantes, pero el área -según los resultados de este trabajo- no fue explotada por las embarcaciones mexicanas. Por otro lado, en las costas de Centroamérica se presentan las mayores concentraciones de estos cardúmenes en el OPO (Arenas et al. 1992), y aunque la mayor parte de la flota mexicana tiene la autonomía suficiente para acceder a esas zonas, no trabaja en ellas regularmente. Lo anterior permite afirmar que la captura de cardúmenes asociados a objetos flotantes no constituye un objetivo para la pesquería mexicana y sólo se realiza de manera incidental durante la búsqueda de otro tipo de indicadores.

## **Resultados de la pesca.**

De acuerdo con la hipótesis planteada para esta parte del trabajo, la importancia de cada tipo de cardumen en la pesquería mexicana depende de los resultados de pesca que se obtienen con ellos. Esto es sustentado por las evidencias encontradas en el estudio, que permiten afirmar que el EXP de atún aleta amarilla y la proporción de esta especie en la captura son las variables que definen la importancia de cada tipo de cardumen.

La pesca sobre delfín fue la más practicada por la flota y redituó altos valores de EXP sobre atún aleta amarilla, la mayor proporción de esta especie en la captura y porcentajes

bajos de lances sin captura. Las variaciones mensuales del EXP, con este tipo de cardúmenes, reflejan la estacionalidad de las áreas de pesca: durante verano la mayor parte de los lances se hacen en la zona oceánica, donde el peso promedio del atún aleta amarilla es el más alto (>20 kg) (anónimo 1994), en el resto del año la captura se obtiene en zonas más costeras donde el atún es de menor peso (<15 kg) (anónimo 1994).

Las tendencias de disminución en el EXP con este tipo de cardúmenes durante 1992 y 1993, tienen dos orígenes: por un lado, una menor actividad de la flota durante estos años en la zona oceánica lo que representó menores capturas; por otro, el aumento en el porcentaje de lances sin captura. Este último pudo deberse al hundimiento de la pcm, durante el fenómeno de El Niño, lo que facilitaría el escape de los cardúmenes por debajo del cerco; sin embargo, los datos de lances sin captura de la flota internacional no muestran, claramente, algún comportamiento similar en el periodo 1982-1983 (Hall et al. 1992).

La pesca sobre cardúmenes libres presentó la mayor proporción de lances sin captura durante los cuatro años, pero también presentó valores altos de EXP sobre atún aleta amarilla y buenas proporciones de esta especie en la captura. La conjunción de estos resultados, junto con la accesibilidad a las áreas de pesca, determinan un alto interés de la flota por este tipo de cardúmenes. Las variaciones de EXP reflejaron cambios en la proporción de especies en la captura, como ocurrió entre 1990 y 1991: en el primer año se obtuvo la proporción más elevada de cardúmenes de “otras especies” y la menor proporción de cardúmenes de atún aleta amarilla, lo que resultó en el menor valor de EXP en todo el periodo.

Por otra parte, dado que el mayor porcentaje de este tipo de cardúmenes se realiza en el noroeste de México, donde la pesca depende en gran medida de los procesos de surgencias, es posible que las variaciones en EXP reflejen diferentes estrategias de agrupación del atún para un mejor aprovechamiento del alimento disponible (Hall et al.

1992). Un ejemplo de lo anterior es el siguiente: en la costa occidental de la península de Baja California se capturó el 28.5% del atún aleta amarilla con cardúmenes libres en 1990 y el 45.4% en 1991; en el primer año cada lance obtuvo alrededor de 3.8 t y en el segundo obtuvo 21.6 t. El peso promedio del atún en la zona fue de 5.8 kg en 1990 (anónimo 1992b) y de 5.4 kg en 1991 (anónimo 1992c) y la distribución de tallas fue muy similar en ambos años; esto permite sugerir que las diferencias en EXP se debieron, principalmente, a un aumento en el número de atunes por cardumen, propiciado por una mayor disponibilidad de alimento. Esta hipótesis es sustentada por los índices de surgencias registrados en la zona: en 1990 los valores máximos fueron 109 ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ) en bahía Magdalena y de 193 ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ) en Punta Eugenia, mientras que en 1991 los valores fueron de 162 ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ) y 241 ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ) respectivamente, los más altos en el periodo estudiado.'

La pesca sobre objetos flotantes presentó la menor proporción de atún aleta amarilla en la captura y el menor EXP sobre esta especie, condiciones que propician el poco interés que tiene la flota mexicana sobre este tipo de cardúmenes. El porcentaje total de lances sin captura fue similar al de la pesca sobre delfín, aunque sus variaciones anuales no fueron tan marcadas, lo que permite pensar que las alteraciones ambientales que se presentaron en 1992-1993 no lo afectaron de manera importante. No existen evidencias suficientes para afirmar que las variaciones en el EXP respondan a factores ambientales, a diferencias de tallas en las distintas zonas de pesca o a la composición de la captura por especies .

Con respecto al análisis de EPR en el golfo de California, es probable que el aumento en los valores de eficiencia en la pesca con cardúmenes libres se deba a la captura de cardúmenes más grandes, formados en respuesta a las altas concentraciones del recurso que ocurrieron en la zona durante 1992 y 1993, según los mapas de distribución de

---

'Información proporcionada por el CIBNOR en la siguiente "hoja electrónica": <http://lwww.cibnor.conacyt.mx/externo/fluc/boletín/estcost.html>. Los valores son por cada 1 00 m de línea de costa.

lances de esos años. En el caso de cardúmenes asociados a delfín, el EXP se vio afectado por la proporción de lances sin captura que depende -entre otros factores- de la fuerza de la asociación entre las especies. En la zona son abundantes el delfín manchado y el delfín común (Polacheck 1987; Reilly 1990) y se ha observado que este último forma asociaciones más débiles que las de otras especies (anónimo 1995), por lo que se puede sugerir que la disminución de la EPR se debió a un aumento en el porcentaje de lances sobre delfín común.

### **Estructura térmica vertical y resultados de la pesca.**

De acuerdo con los resultados, durante 1990 en la costa occidental de la península de Baja California se presentó un aumento constante del gmx desde junio hasta septiembre que fue acompañado de un aumento en la temperatura en la capa superficial, de modo que el espacio para la distribución y posible escape de los cardúmenes también aumentó.' De hecho, el mayor porcentaje de lances sin captura se presentó en noviembre, junto con la máxima profundidad de la isoterma de los 18 °C. Bajo este esquema, la relación inversa encontrada entre el gmx y el porcentaje de lances sin captura, que es contraria a lo supuesto por la hipótesis planteada, en realidad enmascara una relación directa entre el porcentaje de lances sin captura y el espacio de distribución de los atunes, que puede representarse por la profundidad de la isoterma de los 18 °C. Blackburn (1965) considera que la abundancia del atún aleta amarilla se da entre 20 °C y 30 °C pero la ocurrencia puede darse entre 13 °C y 31 °C. Un análisis de regresión entre la isoterma de los 18 °C y el porcentaje de lances sin captura mostró que las variables están significativamente relacionadas ( $r^2 = 0.91$ ,  $F_{(1,4)} = 38.23$ ,  $p = 0.003$ ). Por otro lado, el aumento de los porcentajes de lances sin captura con el gmx permite pensar que el valor más alto de gmx registrado en la zona (0.23 °C/m) no representa una barrera para el atún mientras la temperatura se mantenga en los límites tolerables.

En el área 3 la división propuesta de los datos en dos periodos, coincide con una diferencia notable en la forma de los perfiles térmicos; entre enero y agosto la pcm se distingue claramente alrededor de los 40 m, mientras que en los meses restantes se presenta una disminución de la temperatura en los primeros 10 m del perfil. Estas anomalías implican una disminución del espacio en el que los cardúmenes pudieron distribuirse sin enfrentar cambios de temperatura, lo que en lugar de propiciar la agrupación en cardúmenes grandes, posiblemente forzó el fraccionamiento y la formación de grupos más pequeños (condición reflejada en la magnitud del EXP). Sin embargo, no se tienen más evidencias que permitan sustentar la idea.



## **CONCLUSIONES**

1. La flota atunera mexicana concentra su esfuerzo de pesca en dos tipos de cardúmenes, los asociados a delfín y los libres, en ese orden de importancia.
2. La captura de cardúmenes asociados a objetos flotantes, realizada por la flota mexicana, es incidental.
3. La distribución de las áreas importantes de pesca para cada tipo de cardumen es diferente: la pesca sobre cardúmenes libres se concentró, a lo largo del año, en la costa occidental de la península de Baja California y en la parte sur del golfo de California; la pesca sobre delfín se concentró cerca de las costas mexicanas durante el primero y cuarto trimestres, y en la zona oceánica en el resto del año. La pesca sobre objetos flotantes no presentó una patrón de distribución específico.
4. El interés de la flota sobre cada tipo de cardumen, más que la accesibilidad que tuvo sobre ellos, fue lo que determinó la distribución del esfuerzo: la flota recorrió grandes distancias en verano para poder explotar las áreas importantes de cardúmenes asociados a delfín que se formaron en la zona oceánica, pero no viajó a Centroamérica donde abundan los cardúmenes asociados a objetos flotantes y los cardúmenes libres.
5. La importancia que la flota concedió a cada tipo de cardumen fue congruente con los resultados de pesca que obtuvo, principalmente el EXP y la proporción de atún aleta amarilla en la captura.
6. Las ventajas de la pesca sobre delfín disminuyeron en la boca del golfo de California, la diferencia se acentuó durante 1992 y 1993: el EXP se redujo en 25% con respecto al promedio global y el porcentaje de lances sin captura fue 2.7 veces mayor; bajo estas

condiciones la pesca sobre delfín fue menos eficiente que la pesca sobre cardúmenes libres.

7. En la costa occidental de la península de Baja California la vulnerabilidad de los cardúmenes libres disminuyó conforme aumentó el espacio con temperaturas óptimas en la capa superficial, medido como la profundidad de la isoterma de los 18 °C.

8. Un gradiente máximo de 0.23 °C /m en la estructura térmica vertical no representa una barrera para la distribución del atún aleta amarilla y el barrilete, mientras la temperatura sea superior a los 18 °C.

9. No se encontraron evidencias suficientes para afirmar que la estructura térmica vertical afectó significativamente los resultados de pesca sobre cardúmenes asociados a delfín.

## RECOMENDACIONES.

1. Es deseable contar con información de las tallas de los atunes que capturan las embarcaciones mexicanas; una serie de datos amplia permitiría hacer comparaciones directas con los resultados de éxito de pesca. Se recomienda comenzar un programa rutinario de muestreo de tallas.
2. La importancia del noroeste de México, por la captura de atún en cardúmenes libres y asociados a delfín, permite recomendar la realización de trabajos para esta zona en específico, con una resolución mayor a la que se pudo alcanzar en este estudio. Se recomienda que los posibles estudios de la pesquería en esta zona consideren la división natural que se da entre la costa occidental de la península, el golfo de California y la parte al sur de cabo Corrientes.
3. Es necesario continuar con el estudio de la relación entre la pesca y los factores ambientales enfocado a las zonas mexicanas. Se recomiendan trabajos de medición de factores *in situ* que permitan hacer comparaciones directas con la captura.

## **BIBLIOGRAFIA.**

Allen, R. y Punsly, R. 1984. Proporciones de captura como índices de abundancia de atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, en el océano Pacífico oriental. **Boletín de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. 18 (4): 303-379.**

Anónimo, 1990. **Mapas mensuales de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico oriental, 1990.** CIAT. 48 p.

Anónimo, 1991 a. Cronología del embargo. **La Jornada Ecológica. La Jornada. 20** de junio de 1991. México D.F. 2-8.

Anónimo, 1991 b. **Mapas mensuales de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico oriental, 1991.** CIAT. 48 p.

Anónimo, 1992a. **Mapas mensuales de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico oriental, 1992.** CIAT. 48 p.

Anónimo, 1992b. **Reporte Anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1990.261 p.**

Anónimo, 1992c. **Reporte Anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1991.271 p.**

Anónimo, 1993a **Mapas mensuales de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico oriental, 1993.** CIAT. 48 p.

Anónimo, 1993b. **Reporte Anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1992. 315p.**

Anónimo, 1994. **Reporte Anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1993.** 316p.

Anónimo, 1995. **Reporte Anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1994.** 296 p.

Arenas, P., Hall M., and Miller F. 1992. The association of tunas with floating objects and dolphins in the eastern Pacific Ocean I: Environment and fishing areas. **Comisión Interamericana del Atún Tropical (ms).** 55p.

Arreguín-Sánchez, F. 1996. Catchability: a key parameter for fish stock assessment. Reviews in **Fish Biology and Fisheries.** 6: 221-242.

Blackburn, M. 1965. Oceanography and the ecology of tunas. **Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 3: 299-322.**

Blackburn, M. 1969. Conditions related to upwelling which determine distribution of tropical tunas off western Baja California. **Fishery Bulletin.** 68 (1): 147-176.

Broadhead, G.C. and C. J. Orange. 1960. Species and size relationship within schools of yellowfin and skipjack tuna, as indicated by catches in the eastern tropical Pacific Ocean. **Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 4 (7): 447-492.**

Calkins, T. P. 1965. Variaciones en el tamaño del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en los lances individuales de los barcos rederos. **Boletín de la Comisión Interamericana del Atún Tropical.** 10 (8): 463-524.

Green, R.E. 1967. Relationship of the thermocline to success of tropical tuna vessels based in California. **Fish. Ind. Res.** 3 (1): 29-45.

Greenblatt, P. R. 1979. Associations of tuna with flotsam in the eastern tropical Pacific. **Fishery Bulletin. 77 (1):147-155.**

Gómez-Muñoz, V.M., S. Ortega-García y A. Gómez-Gallardo 1992. Relationship between sea surface temperatures and dolphin-associated fishing activities by the Mexican tuna fleet. **Naga ICLARM Q. 15 (1): 24-25.**

Hall, M., Arenas P. and Lennert C. 1992. The association of tunas with floating objects and dolphins in the eastern Pacific Ocean II: The purse-seine fishery for tunas in the eastern Pacific Ocean. **Comisión Interamericana del Atún Tropical (ms). 38 p.**

Hammann, M.G., J. S. Palleiro N. and O. Sosa N. 1995. The effects of the 1992 El Niño on the fisheries of Baja California, México. **CALCOFI Report. 36: 127-133.**

Joseph, J. 1994. The Tuna-Dolphin Controversy in the Eastern Pacific Ocean: Biological, Economic, and Political Impacts. **Ocean Development and International Law. 25: 1-30.**

Lynn, R.J., F. B. Schwing and T. L. Hayward. 1995. The effect of the 1991-1993 ENSO on the California Current System. **CALCOFI Report. 36: 57-71.**

Ortega-García, S. 1989. Análisis y normalización de la flota atunera mexicana de cerco y vara que opera en el Pacífico Oriental. **Tesis de Maestría en Ciencias, CICIMAR, Instituto Politécnico Nacional. México. 103 p.**

Ortega-García, S. y V. M. Gómez-Muñoz. 1992. Standardization of fishing effort using principal component analysis of vessel characteristics: the Mexican tuna purse-seiners. **Scientia Marina. 56 (1): 17-20.**

Pares-Sierra, A. y O'brien J.J. 1989. The Seasonal and interannual variability of the California Current System: a numerical model. **Journal of Geophysical Research.** **94 (C3): 3159-3180.**

Pella, J. y C. Psaropulos. 1975. Evaluación de la abundancia de los atunes según los datos de pesca de los cerqueros en el océano Pacífico Oriental, ajustada con relación al incremento de la eficacia de pesca de la flota, 1960-I 971. **Boletín de la Comisión Interamericana del Atún Tropical.** **16 (4): 282-400.**

Polachek T. 1987. Relative abundance, distribution and inter-specific relationship of cetacean schools in the eastern tropical Pacific. **Marine Mammal Science.** 3(1): 54-77.

Punsly, R. 1983. Estimación del número de lances realizados por embarcaciones cerqueras sobre atunes asociados con delfines en el Pacífico tropical en 1959-I 980. **Boletín de la Comisión Interamericana del Atún Tropical.** **18 (3): 229-299.**

Punsly, R. 1987. Estimación de la abundancia anual relativa del atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, en el océano Pacífico Oriental durante 1970-I 985. **Boletín de la Comisión Interamericana del Atún Tropical.** **19 (3): 265-305.**

Reilly, S.B. 1990. Seasonal changes in distribution and habitat differences among dolphins in the eastern tropical Pacific. **Marine Ecology Progress Series.** **66: 1-11.**

Santamaría-del-Ángel, S. Álvarez-Borrego y F.E. Müller-Karger. 1994. The 1982-I 984 El Niño in the Gulf of California as seen in coastal zone color scanner imagery. **Journal of Geophysical Research.** **99 (C4): 7423-7431.**

Sharp, G.D. 1978. Behavioral and physiological properties of tunas and their effects on vulnerability to fishing gear. **En: The Physiological Ecology of Tunas.** Sharp G.D. y A.E. Dizon (eds). Acad. Press. 485 p.

Sokal, R.R y Rohlf F.J. 1981. **Biometry.** 2a ed. W.H. Freeman and company, San Francisco, Ca., USA. 859 p.