



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

**FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLOGICAS**

**PATRONES DE ESTRATIFICACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA
PESQUERIA DE ATÚN ALETA AMARILLA (*Thunnus albacares*) EN EL
OCÉANO PACIFICO ORIENTAL DURANTE 1992-1996: EFECTOS EN LA
RELACIÓN CPUE-ABUNDANCIA.**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRO EN CIENCIAS
PRESENTA
ATAHUALPA SOSA LÓPEZ

Ensenada, B.C., marzo de 1999

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLOGICAS

**PATRONES DE ESTRATIFICACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA
PESQUERIA DE ATÚN ALETA AMARILLA (*Thunnus albacares*) EN EL
OCÉANO PACIFICO ORIENTAL DURANTE 1992-1996: EFECTOS EN LA
RELACIÓN CPUE-ABUNDANCIA.**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRO EN CIENCIAS
PRESENTA:

ATAHUALPA SOSA LÓPEZ

APROBADA POR:



M.C. Héctor Guillermo Manzo Monroy
Director de Tesis



Dr. Guillermo Campeán Jiménez
Sinodal



M.C. Ignacio Mendez Gómez-Humarán
Sinodal

Ensenada B.C., marzo 1999

RESUMEN

Se analiza la variación de la distribución espacial de la pesquería del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Océano Pacífico Oriental, con datos de posiciones geográficas, capturas y esfuerzo, generados a partir de la actividad de la flota atunera mexicana; durante 1992-1996. (i) Se define la unidad de resolución temporal, la cual consistió en analizar la variación diaria de lances, captura, y la captura por lance utilizando la función de autocorrelación en tiempo; (ii) Para identificar la distancia de correlación espacial mínima entre los valores de captura (toneladas cortas, 907 kg), se hizo un análisis variográfico. La información fue integrada espacio-temporalmente y por tipo de embarcación (barcos menores, con capacidad de acarreo <680 ton. y barcos mayores, con capacidad de acarreo >680 ton.). (iii) Se definió el grado de correlación de los valores de captura por lance (CPUE) entre categorías de embarcación, bajo las mismas condiciones espacio-temporales, empleándose el método de "Regresión robusta". (iv) La variabilidad en la distribución espacial de CPUE fue analizada por medio de modelos aditivos generalizados (MAG's), obteniéndose valores estimados de CPUE/grado²; (v) Se identificaron los patrones espaciales más representativos mediante un Análisis de factores; (vi) y se definieron los estratos con distribución homogénea de CPUE, para obtener los perfiles de concentración de la pesquería. Se encontró (i) que no hubo evidencias de correlación serial significativa en la captura por lance, sin embargo si se encontró correlación serial significativa en el número de lances por día y captura por día; identificándose a 31 y 27 días respectivamente; (ii) la distancia mínima de correlación espacial fue en noviembre, a un intervalo de 0 - 0.98 grados; (iii) Se obtuvieron coeficientes $b_1=0.198878$ $x=1.148952$ al analizar la relación entre el CPUE de cada tipo de embarcación; (iv) Se encontró una clara la heterogeneidad en la distribución del CPUE, así como su variación mensual a partir de los "valores estimados" de CPUE/grado², mediante MAG's; (v) Se detectaron 9 patrones espaciales los cuales explican más del 80% de la varianza espacial durante los 60 meses, a partir de lo anterior se definieron 4 temporadas, diferenciadas y relacionadas con base en su estructura espacial. Los perfiles de concentración obtenidos, por temporadas y por patrones espaciales son discutidos en este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico para la realización de estos estudios.

Al Comité de estudios de Posgrado de la Facultad de Ciencias Marinas por haberme aceptado para llevar a cabo los estudios de Maestría en esta institución.

A mis sinodales, Dr. Guillermo Campeán Jimenez y M.C. Ignacio Méndez Gómez-Humarán, por sus observaciones y aportaciones para el mejoramiento de este trabajo.

A mi director de tesis, M.C. Héctor Manzo Monroy por darme la oportunidad de aprender de él, así como por su disponibilidad en todo momento.

Un especial agradecimiento a la Universidad Autónoma de Campeche, que por conducto del Mtro. Juan José Abud Flores y M.C. Julio Sanchez Chavez, hicieron posible este proyecto.

Al Oc. Víctor Alfonso Macías Carranza, por su amistad y aportaciones en la realización de esta tesis.

A mi familia por que me ha brindado siempre su apoyo incondicional.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi madre; ***Concepción López Herrera***, sus consejos y enseñanzas, siempre darán buenos frutos.

Con todo cariño para ella.

CONTENIDO

RESUMEN	i
AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
CONTENIDO	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABLAS	ix
1. INTRODUCCION	1
1.1 Características y Planteamiento del problema	1
1.2 Justificación teórica para el análisis espacial de las pesquerías	2
2. ANTECEDENTES	10
2.1 Características Oceanográficas de la Zona de Estudio	10
2.2 Biología y Ecología del atún aleta amarilla	14
2.3 Descripción General de la Pesquería de atún aleta amarilla	16
2.4 Análisis Espacial de Pesquerías	18
3. OBJETIVOS E HIPOTESIS	21
3.1 Objetivo General	21
3.2 Objetivos Particulares	21
3.3 Hipótesis	21
4. METODOLOGIA	22
4.1 Características de los datos	22
4.2 Análisis exploratorio	22
4.3 Unidad de resolución espacio-temporal	23

CONTENIDO *(Continuación)*

4.4 Correlación espacio-temporal de la captura por lance entre categorías de embarcaciones	26
4.5 Distribución espacial del CPUE por unidad de área-tiempo	27
4.6 Identificación de Patrones Espaciales	27
4.7 Obtención de "Perfiles de Concentración"	28
5. RESULTADOS	30
5.1 Análisis Exploratorio	30
5.2 Unidad de Resolución espacio-temporal	38
5.3 Correlación espacio-temporal del CPUE entre categorías de embarcaciones	44
5.4 Patrones de estratificación espacial y estacionalidad	46
5.5 Perfiles de Concentración	55
6. DISCUSIONES	65
6.1 Unidad de Resolución espacio-temporal	65
6.2 Los lances como medida de esfuerzo para el análisis espacial de la pesquería de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental	67
6.3 Comparación del CPUE entre categorías de embarcaciones	69
6.4 Modelación de la distribución espacial del CPUE	71
6.5 Factores relacionados con la variabilidad espacio-temporal de la pesquería de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental	74
6.6 Perfiles de Concentración y su relación con la estimación de la abundancia relativa	77
7. CONCLUSIONES	80
8. REFERENCIAS	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Posibles relaciones entre la abundancia y el CPUE (Hilborn y Walters, 1992)	5
Figura 2. Capturas medias anuales de aleta amarilla en el OPO durante 1980-1994, realizadas por barcos cerqueros (Anónimo, 1997)	6
Figura 3. Relación de los diferentes Perfiles de Concentración con el CPUE y la abundancia (Hilborn y Walters, 1992)	9
Figura 4. Esquema geográfico de las masas y corrientes superficiales en el OPO (Fiedler <i>et.al.</i> , 1992)	11
Figura 5. Tipos de modelos variográficos de acuerdo a los diferentes comportamientos de las variables georeferenciadas	25
Figura 6. Variación mensual de lances y capturas, obtenidas por embarcaciones menores y mayores durante 1992 - 1996.	31 , 33
Figura 7. Importancia y variación de la duración de cada uno de los cruceros realizados por la flota atunera mexicana, por tipo de embarcación durante 1992	35
Figura 8. Distribución de los cuadrantes en donde se efectuaron lances sobre aaa en el OPO, por tipo de embarción durante 1992-1996	37

LISTA DE FIGURAS (Continuación)

- Figura 9a.** Variación diaria del número de lances, volúmenes de captura (toneladas cortas), y captura por lance; realizados por embarcaciones menores durante 1992 39
- Figura 9b.** Representación gráfica del análisis de autocorrelación, de la variación diaria del número de lances, volúmenes de captura (tons. cortas), y captura por lance, realizados por las embarcaciones menores durante 1992 40
- Figura 9c.** Resultados de la aplicación de la técnica "Promedio móvil", a períodos pronosticados de 30 días, para la variación diaria (eje x) del número de lances (a), volúmenes de captura (b), y captura por lance (c), durante 1992 42
- Figura 10.** Análisis de Regresión Robusta, los valores de captura por lance de embarcaciones mayores (y), contra los valores de captura por lance de las embarcaciones menores (x). 45
- Figura 11.** Importancia relativa de los patrones espaciales obtenidos mediante el Análisis de Factores 47
- Figura 12a.** Patrones espaciales (1-4) identificados con base en los valores estimados de CPUE-grado² en los MAG's, mediante el Análisis de Factores 51
- Figura 12b.** Patrones espaciales (5-8) identificados con base en los valores estimados de CPUE-grado² en los MAG's, mediante el Análisis de Factores 52

LISTA DE FIGURAS (*Continuación*)

Figura 12c. Patrones espaciales (9) identificados con base en los valores estimados de CPUE-grado ² en los MAG's, mediante el Análisis de Factores	53
Figura 13. Estructura espacial de las Temporadas definidas con base en la representatividad de los patrones espaciales; así como también se muestran los estratos con distribución homogénea de CPUE-grado ²	57
Figura 14. Perfiles de Concentración obtenidos para cada uno de los patrones espaciales identificados	58
Figura 15. Perfil de Concentración general de la pesquería de aaa en el OPO, realizada por la flota atunera mexicana durante 1992-1996	60
Figura 16. Cuadrantes y área de cobertura total utilizada en el análisis mensual de la distribución del CPUE, mediante MAG's.	73
Figura 17. Estratos área-tiempo usados para estandarizar las tasas de captura y realizar estimaciones de la abundancia basadas en tiempo de búsqueda. (Punsly, 1987).	75
Figura 18. Perfil de Concentración de la pesquería de Barrilte (<i>Katswonus pelamis</i>) en el OPO tomado de Hilborn y Walters (1992)	78

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Capturas en toneladas cortas realizadas por embarcaciones cerqueras de la flota mexicana, durante 1992-1996.	34
Tabla II. Lances por especie y su valor relativo para cada año durante 1992-1996	36
Tabla III. Parámetros del análisis variográfico aplicado a datos georeferenciados del $\log(\text{captura/lance})$ realizados por embarcaciones menores durante 1992	43
Tabla IVa. Resultados de los parámetros del Análisis de Factores, con base en los valores calculados de CPUE-grado ² obtenidos mediante MAG's	47
Tabla IVb. Valores de comunalidades obtenidas en el "Análisis de Factores", para cada mes-año.	48
Tabla IVc. Representatividad de cada mes de acuerdo a su peso (> 0.5 ; Manly, 1994) para cada uno de los factores (Patrones espaciales) seleccionados.	49
Tabla V. Temporadas seleccionadas con base a los factores (Patrón espacial) de cada mes-año en particular.	55
Tabla VI. Comparación entre valores observados y valores estimados de CPUE-grado ² para cada estrato-patrón espacial.	62-63
Tabla VII. Comparación entre valores observados y valores estimados de CPUE-grado ² para cada estrato-temporada.	64

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Características y Planteamiento del problema

Las poblaciones de peces son componentes de ecosistemas altamente dinámicos y variables, que presentan diferentes formas de distribución espacial, la cual puede cambiar en función del tiempo. Dada esta complejidad así como la importancia comercial que representan, es necesario definir y predecir en forma más precisa los patrones de cambio en el recurso, con el objeto de eficientizar la pesquería.

En estudios sobre atún aleta amarilla (aaa) del Océano Pacífico Oriental (OPO), Punsly (1987) menciona que la estimación de la abundancia relativa basada en "modelos de producción" es influenciada por la variación que presentan las tasas de captura por temporada así como de una zona a otra. Por lo tanto, los efectos consecuentes que produce esta variabilidad son una característica que requiere ser evaluada en forma más específica.

En muchos casos la distribución de la captura y esfuerzo es heterogénea en el espacio (Hilborn y Walters, 1992) por lo tanto, al calcular la abundancia relativa, ésta puede ser sobre o subestimada, debido al supuesto de proporcionalidad lineal (homogeneidad espacial) en la relación que existe entre el CPUE y la abundancia.

Para entender como se relacionan las capturas con el esfuerzo, es primordial identificar como se distribuye espacialmente la densidad ("perfiles de concentración") con base en la concentración del CPUE a través de un área, y de esta forma conocer adecuadamente la relación que existe entre las tasas de captura y la abundancia del recurso (Clark, 1985).

Una aproximación para la solución de este problema ha sido la aplicación de técnicas geostatísticas para la evaluación de pesquerías, las cuales permiten analizar la variabilidad y estratificación espacial que presentan las poblaciones pesqueras en su hábitat (Sullivan, 1991; Simard et al, 1992).

Estudios con aplicación de técnicas geoestadísticas, no se han efectuado aún, para analizar la pesquería del aaa, según literatura consultada, sin embargo existen aproximaciones de regionalización (Punsly, 1987; Méndez, 1995) con base en datos de captura y esfuerzo.

1.2 Justificación teórica para el análisis espacial de las pesquerías

El éxito del rendimiento de la actividad pesquera depende evidentemente de la estrategia de explotación, sin embargo, la probabilidad de que una embarcación obtenga una unidad de población (en biomasa) dependerá de la densidad de individuos por unidad de área (disponibilidad) y la accesibilidad al recurso en una unidad de tiempo determinada. Esta medida de probabilidad es conocida como *capturabilidad* (Gulland, 1988).

De acuerdo con Gulland (1988) la captura en el tiempo t , puede ser definida como:

$$C(t) = q(t) f(t) s(t) \tilde{N} \quad (1)$$

donde C = Captura, q = coeficiente de capturabilidad (como función de la densidad de la población), f = esfuerzo de pesca, t = unidad de tiempo, s = selectividad del arte de pesca, y $\tilde{N}$ = tamaño medio de la población.

La capturabilidad es influenciada por *procesos dependientes de la densidad de la población*, los cuales están asociados al éxito de la pesca en función de cambios espacio-temporales de la densidad de población, y como esta variación condiciona las operaciones y estrategias de pesca.

Como ya se mencionó anteriormente, las pesquerías muestran movimientos que inducen a cambios en la densidad de la población en espacio y en tiempo. En el estudio de los cambios en la densidad de la población, podría ser crítico el uso del concepto de CPUE como índice de abundancia. Diversos autores (Ehrhardt, 1981; Hilborn y Walters, 1992; Arreguín-Sánchez, 1994) hacen mención específica, de lo crítico que resulta en algunos casos el uso y simplicidad de este concepto, el cual implica ecológicamente que cambios en la población (originados por la pesca) producirán cambios en la distribución de la densidad.

La derivación de la ecuación de captura, se basa en la premisa de que el total de animales capturados durante un intervalo de tiempo, T , está en función de la abundancia en número de individuos y de un coeficiente de mortalidad que a su vez debe ser función de las actividades humanas dirigidas hacia la consecución de dichas capturas. Sin embargo este planteamiento propone que para estudios poblacionales es necesario que cada unidad de esfuerzo de pesca aplicada sobre una población, capture una cantidad igual de peces en un tiempo dado, ya que en esta circunstancia la tasa instantánea de mortalidad por pesca, F , será directamente proporcional a las unidades de esfuerzo empleadas (Ehrhardt, 1981).

Lo anterior significa que los individuos de una población se distribuyen homogéneamente sobre el área de pesca y que el proceso de captura es al azar. Al

respecto se sabe que los organismos tienden a concentrarse en ciertas áreas específicas, por lo tanto en estas condiciones, los estimados de CPUE, aún estandarizados, estarán sobrestimando la abundancia promedio real (Ehrhardt, 1981).

El modelo:

$$C = Neq \quad (2)$$

donde: C =captura; N =Biomasa; e =esfuerzo; q =coeficiente de capturabilidad; propone que la tasa de captura (CPUE) es directamente proporcional a la abundancia. Esta suposición forma la base de la mayoría de los modelos, como lo son los análisis hechos a partir de datos de captura y tallas. Clark (1985) menciona que estos supuestos son incorrectos en casi todos los estudios donde ha sido posible demostrarlo.

En algunos casos el CPUE permanece alto hasta que el recurso es agotado repentinamente, debido a la agregación y a la eficiencia en la búsqueda; en otros casos una sola pero intensa extracción del recurso genera una disminución abrupta en el mismo, debido a la "explotación", de una pequeña pero altamente vulnerable concentración de peces en una determinada área.

A medida que se desarrolla la pesquería, éstas usualmente sufren cambios substanciales en la distribución espacial tanto del recurso como de la actividad pesquera, y estos cambios quizá no se reflejen cuando la captura y la estadísticas de esfuerzo se distribuyen de manera heterogénea.

Hilborn y Walters, (1992) mencionan que los estudios dirigidos hacia la medición de los patrones de abundancia relativa deben ser una parte central en todos los sistemas de manejo de pesquerías, ellos identifican tres tipos de relaciones entre

el CPUE y la abundancia (Figura 1), el primero, cuando el CPUE es alto en relación a la disminución de la abundancia, lo cual denominan como *Hiperestabilidad*. Este tipo de relación puede esperarse sobre una escala espacial pequeña, cuando los tiempos de manipulación son prolongados. Esto ocurre en casi todas las pesquerías donde la búsqueda es altamente eficiente, entonces las mayores concentraciones del esfuerzo son en áreas donde existe más abundancia del recurso y los peces permanecen concentrados a medida que declina la abundancia.

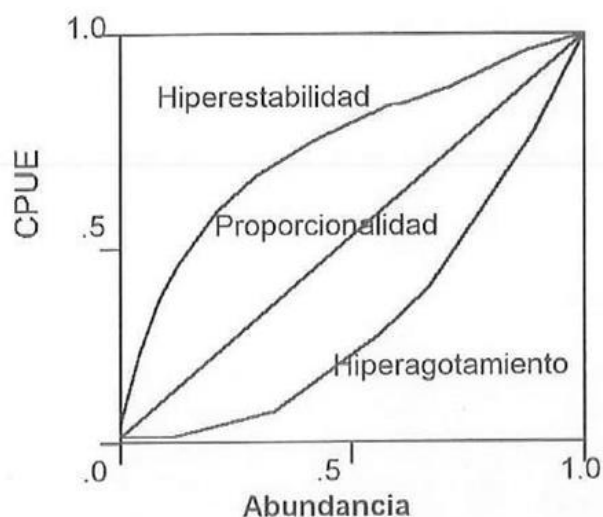


Figura 1. Relaciones posibles entre la abundancia y el CPUE (Hilborn y Walters, 1992).

La segunda relación muestra que el CPUE es *Proporcional* a la abundancia, las cuales se elevan cuando el tiempo de manipulación es pequeño y la búsqueda es al azar. El tercer comportamiento que mencionan estos investigadores lo denominan como *Hiperagotamiento*, porque el CPUE cae mucho más rápido que la abundancia. La población parece ser agotada, no obstante la abundancia no presenta una caída

tan pronunciada como el CPUE. Un mecanismo que puede operar dentro de un área específica para generar este tipo de relación, es el comportamiento diferencial de los peces en respuesta al proceso de extracción, ocasionando agotamiento en una pequeña pero altamente vulnerable agregación de peces, dejando lugares mucho menos vulnerables en zonas contiguas; debido a la distribución heterogénea del recurso en el área de pesca.

Para entender los datos de las capturas comerciales es necesario elaborar un mapa de capturas (Figura 2). Esto muestra la concentración del esfuerzo, y frecuentemente los puntos donde existe la mayor abundancia del recurso.

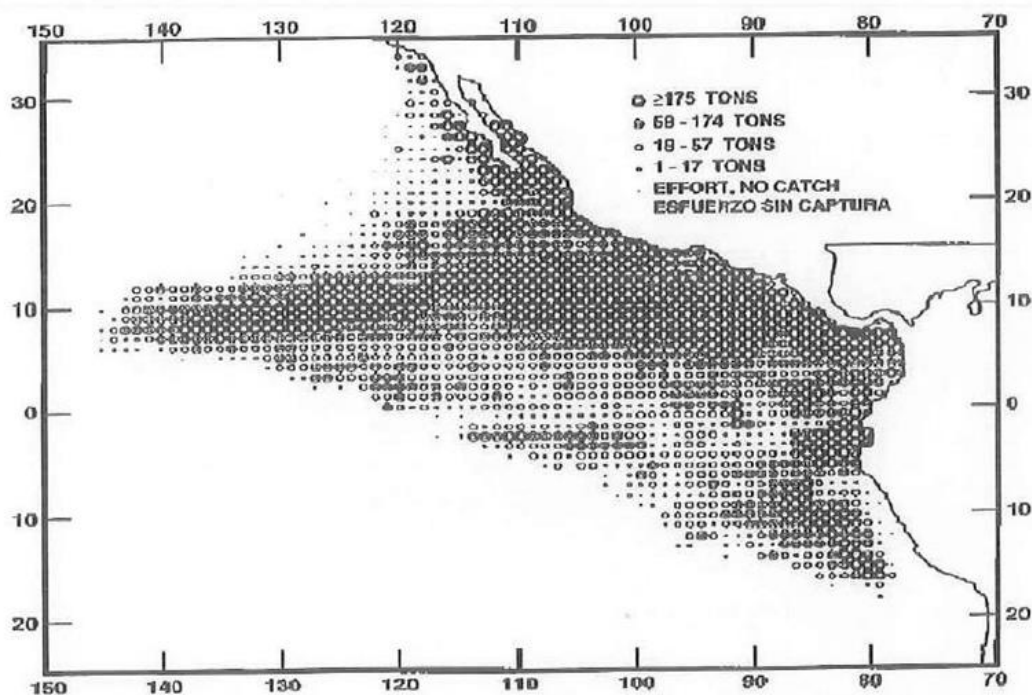


Figura 2. Capturas medias anuales de atún aleta amarilla en el OPO durante 1980-1994, de barcos cerqueros (Anónimo, 1997).

En el análisis de los datos de captura de manera espacial, según Hilborn y Walters (1992), el área de estudio debe ser dividida dentro de estratos espaciales, relacionados con la distribución de las mismas capturas. Estos datos de captura (C) y esfuerzo (E), se tienen para una serie (i) de estratos espaciales, así como también se tiene un área (A).

De esta forma, Hilborn R. y Walters C.J., (1992), parten de que, en cada área, la captura será proporcional a la abundancia, dada por la relación:

$$C_i = N_i E_i q_i, \quad (3)$$

Entonces:

$$N_i = C_i / E_i [1/q_i] \quad (4)$$

y el total de N sobre todas las subáreas es:

$$NT = \sum (C_i / E_i q_i) \quad (5)$$

Con base en lo anterior es importante mencionar como se eligen los sitios de pesca. Para tal efecto, existen dos modelos que explican esto; el primero supone que el esfuerzo se distribuye azarosamente sobre la población, y el segundo que el esfuerzo, se encuentra en las áreas de mayor pesca. Este último modelo quizá sea el más realista, debido a que supone que los pescadores conocen bien las áreas de pesca. Si esto es correcto, entonces la relación entre la captura, esfuerzo y la abundancia, son dictadas por patrones espaciales de abundancia de peces, combinadas con modificaciones generadas por el efecto del comportamiento local.

Al respecto se reconocen dos formas alternativas de distribución espacial en peces, una en la que se agrupan a los peces *sedentarios*, o confinados a una área específica; y por otra parte aquellos peces que se redistribuyen amplia y rápidamente en el espacio, denominados como comportamiento *difusivo*, siendo estos últimos a los que me enfoco en el presente trabajo (*Thunnus albacares*). La abundancia en alguna localización para las especies de distribución difusiva dependerá de su abundancia en otro sitio. Estas especies comúnmente son capturadas en zonas de desove, y la extensión espacial dependerá de la abundancia total y el comportamiento de los peces.

Algunas especies quizá se desplacen para mantener una densidad constante y por lo tanto expandan el área de agregación a medida que se incrementa la abundancia; por otro lado, otras especies, es probable que mantengan una misma área de distribución y simplemente se incremente su densidad.

En este sentido, para describir la distribución del recurso en algún lugar y tiempo, Clark (1985) propone el concepto de *Perfiles de concentración* (figura 3), los cuales presentan las siguientes características: El primer tipo de perfil es cuando se presentan pocos sitios de pesca con altas densidades y que progresivamente al incrementarse los sitios de pesca, la densidad decrece. El perfil tipo II, es cuando el número de peces aprovechables, es igual a todas las concentraciones. En el perfil tipo III, ocurren áreas de alta y baja densidad, presentándose un pico máximo en área de cobertura a una densidad media.

Por último el perfil tipo IV, el cual considera a todos los peces ocurriendo a una misma densidad. Clark (1985), esto indica que los pescadores van a las mejores

áreas primero y extraen todo lo que ahí encuentran, también que el CPUE en esa área será proporcional a la densidad inicial.

Como se observa en la figura 3, los tipos de comportamientos en los perfiles de concentración dados por la distribución espacial del esfuerzo conducen a diferentes tipos de relaciones entre el CPUE vs. abundancia, así como en el CPUE vs. esfuerzo.

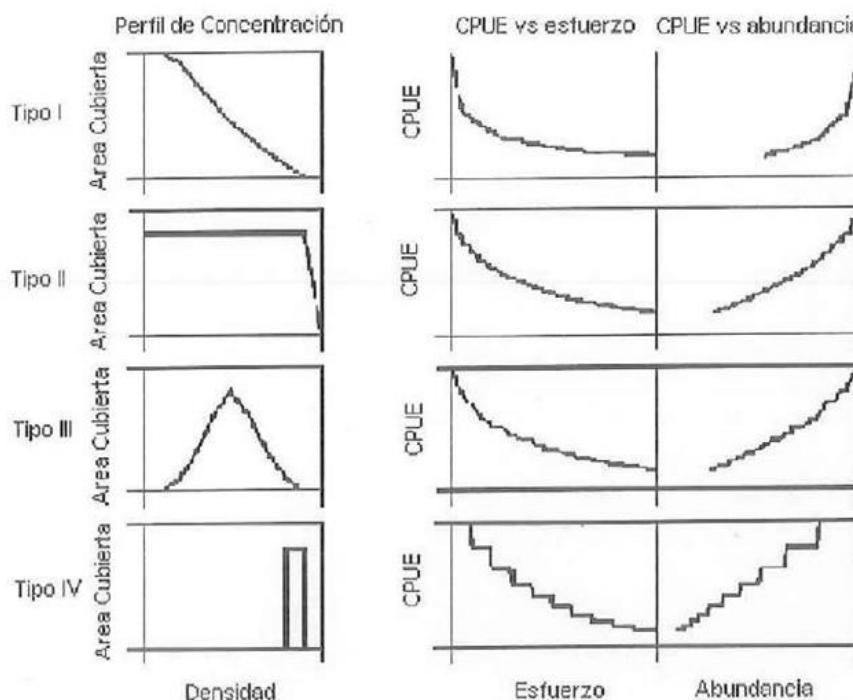


Figura 3. Relación entre los diferentes Perfiles de Concentración con el CPUE y la abundancia (Hilborn y Walters, 1992).

En el segundo panel (CPUE vs esfuerzo, figura 3) se puede observar como la CPUE decrece a medida que el esfuerzo se incrementa en todos los tipos de perfiles de concentración, sin embargo se observa una caída mas pronunciada en el perfil I, el cual presenta una disminución paulatina en el número de áreas con altas densidades;

a diferencia del perfil tipo IV, en donde todas las áreas de cobertura inician a la misma densidad, mostrando una reducción menos abrupta en el CPUE a medida que más unidades de esfuerzo son aplicadas.

En lo referente a la relación CPUE vs abundancia (tercer panel, figura 3); se observa que el Perfil I se encuentra asociado a un marcado "hiperagotamiento", la CPUE es relativamente muy alto, realizándose capturas en pequeñas áreas con altas densidades, pero como el esfuerzo se incrementa y sitios con densidades más bajas son explotados, el CPUE cae rápidamente a pesar de que la abundancia total ha disminuido poco. De igual forma se observa "hiperagotamiento" asociado a los perfiles II y III. Solo en el Perfil IV, se puede observar una relación lineal entre el CPUE y la abundancia, en donde las unidades de esfuerzo son aplicadas sobre áreas de cobertura con una misma densidad.

2. ANTECEDENTES

2.1 Características Oceanográficas de la Zona de Estudio

Al igual que otras especies, la distribución de la abundancia de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares* - Bonnaterre, 1788), se encuentra determinada por las características del ecosistema al cual pertenece, así como a la dinámica poblacional propia de la especie.

El atún aleta amarilla (aaa) se presenta en todos los mares tropicales del mundo, aproximadamente entre los 40° norte y sur; exceptuando el Mar Mediterráneo (Collete, 1983).

En este trabajo la pesquería de aaa estudiada, es la que desarrolla la flota mexicana en OPO, zona en donde las principales corrientes reconocidas son: La corriente de California (CC); La corriente Nor-Ecuatorial (CNE); al sur del ecuador se presenta la corriente del Perú (CP) y la corriente Sur-Ecuatorial (CSE). Los sistemas de corrientes Nor y Sur-Ecuatorial fluyen hacia el oeste, y entre éstas se encuentra la Contra-Corriente-Norecuatorial (CCNE), que se dirige en dirección este. (Wyrtki, 1965; figura 4).

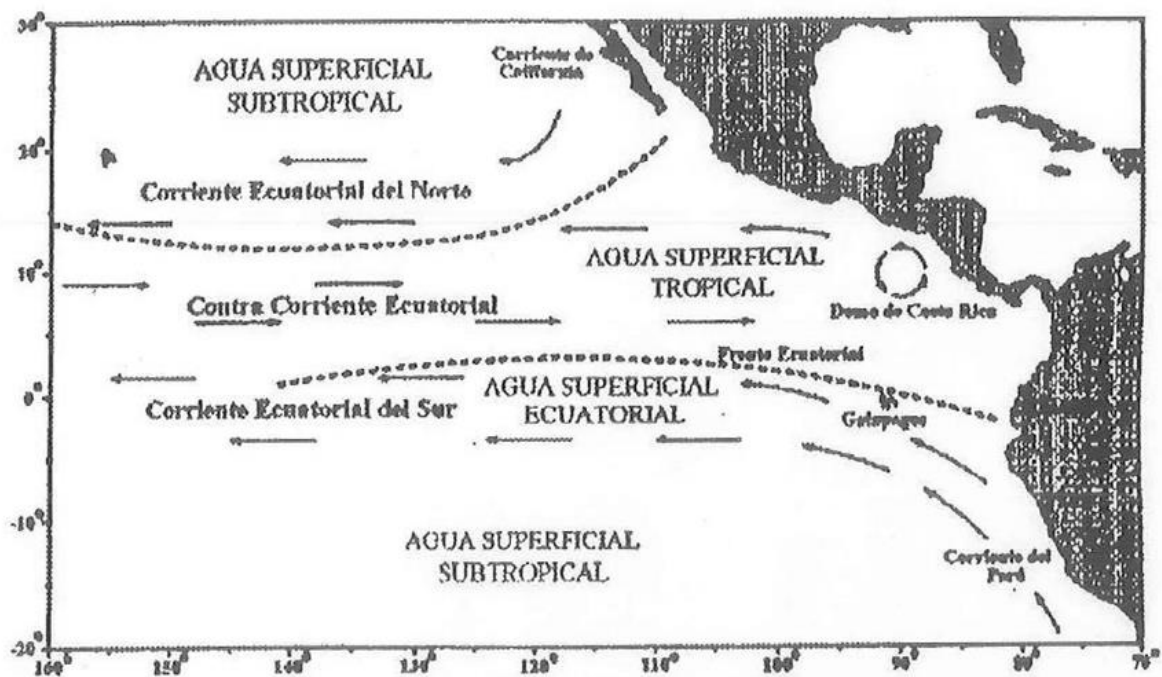


Figura 4. Sistema de corrientes oceánicas superficiales, en el Océano Pacífico Oriental (Wyrtki, 1965).

En este sentido Fiedler et al. (1992) reconoce tres tipos principales de masas de agua superficial en el OPO: *La tropical*, *La subtropical*, y *La ecuatorial*. Cada una de estas masas de agua tienen propiedades características definidas por los regímenes climáticos, en puntos de origen locales o remotos.

El agua superficial tropical, se encuentra en la parte central del OPO, entre los 10° N. Se considera la mas cálida y menos salina, así como la menos variable estacionalmente. La salinidad es baja debido a que las lluvias exceden la evaporación bajo la nublada y lluviosa Zona Intertropical de Convergencia (ZITC). También esta masa de agua es mas cálida en Mayo-Agosto, aunque la variación de temperatura es baja ($\leq 1^{\circ}\text{C}$); lo cual sugiere que las intervalos de temperatura son causadas por cambios en el calentamiento local.

El agua superficial subtropical, comúnmente es fría y con altas salinidades, localizadas en los bordes de los frentes polares en el OPO, en los giros subtropicales del norte y sur pacífico. En estas regiones la variabilidad estacional es más alta que en los trópicos. En estas aguas la evaporación excede a las lluvias en alta proporción, y la salinidad superficial se encuentra sobre los 36 psu, en el centro de los giros subtropicales.

El agua superficial ecuatorial, se encuentra entre las dos anteriores, y se caracteriza por presentar bajas temperaturas y salinidad moderada en relación a las antes descritas, extendiéndose a través del ecuador por la costa Peruana, hacia el oeste. En general este tipo de masa de agua es mas fría durante el verano del norte u el otoño, cuando el cambio de los vientos del sudeste son mas fuertes.

En adición a las tres masas de agua superficial, las aguas frías y de baja salinidad de las corrientes de California y Perú, influyen en forma importante las características oceanográficas del OPO, así como también la presencia de la contracorriente subsuperficial, que fluye con un aporte similar a la CCNE, y a lo largo del ecuador, denominada como corriente de Cromwell (Wyrski, 1965).

El efecto de la dinámica física en el OPO es fundamental en la alta productividad biótica, debido a que los niveles de nutrientes raramente disminuyen en las aguas superficiales del Pacífico ecuatorial, o en otras regiones de surgencia tales como el Domo de Costa Rica y la Costa de Perú y Ecuador.

Las surgencias ocurren al presentarse una divergencia horizontal de aguas superficiales, lo que genera que aguas de zonas mas profundas asciendan para conservar la masa. En el OPO ocurren surgencias costeras a lo largo de la zona este, y surgencias oceánicas a lo largo de las zonas de divergencia de la región.

En el sistema de corrientes ecuatoriales se presentan dos sitios donde ocurren surgencias generadas por divergencia de aguas de superficie: En la CSE, a lo largo del ecuador, y entre la CCNE y CNE a 10°N. Sin embargo, se ha encontrado que generalmente temperaturas cálidas y bajas concentraciones de nutrientes, sugieren que los efectos de surgencia no enriquecen lo suficiente la superficie, excepto en la parte este del Domo de Costa Rica (Fiedler et al. 1991).

El transporte fuera de la costa de agua superficial y surgencias en la costa, son dirigidas por frentes equatoriales, así como por vientos a lo largo de las costas de Baja California y Perú, asociados con la topografía, que induce los vientos lejanos a la costa a dirigirse a distintos puntos a través de la Costa de América Central (Fiedler et al. 1991).

Un fenómeno que altera las condiciones que prevalecen comúnmente en el OPO, es el conocido fenómeno de Oscilación del Sur El Niño (OSEN), el cual reduce el suministro de nitrógeno nuevo hacia capas superficiales, y por lo tanto limita la productividad. La variabilidad en el Océano Pacífico tropical es dominada por este

evento, el cual está definido por un ciclo irregular de variaciones en los gradientes de presión atmosférica, vientos de superficie, temperatura superficial del agua, profundidad de la termoclina y productividad biológica (Cane, 1983; Graham y White, 1988; Enfield, 1989).

La respuesta del OPO a las variaciones interanuales del viento, causadas por el fenómeno del El Niño, son comparables con las variaciones estacionales, aunque en términos de magnitud la reacción es mucho más grande (Fiedler et al. 1992).

Una evidencia clara del efecto de El Niño es el decaimiento de las concentraciones de NO_3 en el OPO en aguas que exceden los 25°C , temperatura que rara vez se incrementa en situaciones "normales". Por lo tanto podemos decir que estas variaciones físicas, que generan un suministro pobre de nutrientes, afectan en forma indirecta la distribución y la abundancia del atún aleta amarilla (aaa) en la zona, y por consiguiente a la actividad pesquera en general.

2.2 Biología y Ecología del atún aleta amarilla.

El atún aleta amarilla, al igual que todos los túnidos es una especie oceánica epipelágica (± 100 m), y su distribución vertical depende del tamaño de los organismos (Collete et al. 1983). Estos depredadores, se alimentan básicamente de una gran variedad de especies zooplanctónicas, peces, crustáceos y calamares principalmente.

Se ha observado que la temperatura superficial del mar es un factor limitante en la distribución del aaa en el OPO, lo cual ha sido tema de diversas investigaciones para describir el ambiente oceánico en la distribución del aaa (Stretta, 1991).

En lo que respecta a la distribución de aaa durante su etapa temprana (huevecillos), no ha sido bien determinada debido a la dificultad de diferenciarlos de los demás escómbridos (Cole, 1980). Sin embargo las larvas de aaa en el OPO ocurren durante todo el año en aguas ecuatoriales, y al parecer existe un pico de densidad larval de Abril a Junio, en la región de América Central (Wild, 1994).

Juveniles de aaa en el OPO se han registrado desde los 24° N fuera de la costa de Baja California, hasta los 2° S fuera de la costa del Ecuador, así como también existen evidencias de que juveniles de aaa probablemente no sobrepasen el intervalo de 150°-112° W (Higgins, 1967).

La determinación de la edad y crecimiento del aaa en OPO ha sido estudiada por diversos investigadores desde la década de los cincuentas, basados en lecturas de otolitos, frecuencias de longitud y peso (Wild, 1994). Las tasas de crecimiento para grupos en particular al parecer tienen componentes anuales y espaciales.

En forma global, la tasa de crecimiento ($\pm$ error standard) del aaa en un intervalo de longitud de 25 a 100 cm es de 0.85 ± 0.01 mm/día. El crecimiento parece ser mas rápido cerca de las islas de Revillagigedo (1.11 ± 0.3 mm/día), y más bajo para la zona de Baja California (0.69 ± 0.02 mm/día), así como en la parte de Ecuador y Perú (0.52 ± 0.1 mm/día), según Wild (1986).

En lo referente a la madurez sexual, el aaa según la Comisión Interamericana del Atún Tropical (Anónimo, 1991) en las zonas limitadas por 20 a 30° N, 110 a 120°W, y por 0 a 10° N, 80 a 90°W, el mayor porcentaje de hembras maduras (50 %) se ubicó en la talla de 95 cm.

Ueyanagi (1978) menciona que la temperatura de 26°C es probablemente el límite más bajo para el desove de aaa. Fuera de las costas de México y América Central, el aaa desova durante todo el año, pero los picos de desove ocurren en distintas áreas a diferentes épocas. Los desoves parecen ser más esporádicos y de corta duración en la costa que en aguas ecuatoriales del norte (Orange et al. 1974; Klawe, 1963; Knudsen, 1977).

Shingu et al. (1974) encuentra para el OPO, que la actividad más alta de desove en el año ocurre durante la primera mitad del año (Enero-Junio), entre los 0 - 10° N y 130 - 90° W.

2.3 Descripción General de la Pesquería de atún aleta amarilla

La pesquería del aaa en el OPO, hasta la década de los 50's, fue realizada primordialmente por embarcaciones de carnada, que empleaban caña y anzuelo como atractivo de peces vivos (Broadhead, 1962). En contraste la pesca de atún con redes de cerco se desarrolló a principios de los 20's, sin embargo esta no era exitosa debido a su poca eficiencia de operación, los cuales ocupaban alrededor del 13 y 15 % de la captura total.

A partir de 1959, las embarcaciones cerqueras comenzaron a emplear poleas hidráulicas y redes de nylon, lo que provocó un incremento en los capturas por medio de redes, también las redes incrementaron su tamaño en un 30 y 40 %, así como el tiempo de recuperarla, siendo ayudados con aeroplanos para la búsqueda de cardúmenes (Broadhead, 1962).

Hacia fines de los años 50's y a principios de los 60's, la mayoría de los barcos de carnada grandes fueron convertidos a cerqueros, y de 1961 a la fecha esta arte de pesca predomina en la flota de superficie del OPO (Anónimo, 1997).

En la actualidad la flota atunera mexicana del OPO, esta compuesta con más del 80 % por embarcaciones cerqueras, aunque éstas difieren en capacidad de carga, tamaño, antigüedad y poder de pesca (Ortega-García, 1992).

Desde 1987 la flota atunera mas grande en el OPO ha sido la mexicana, con un 36% de la capacidad total en 1995, capturándose en ese mismo año más del 42 % del total realizado en el OPO por embarcaciones cerqueras (Anónimo, 1997).

Las embarcaciones con redes de cerco pueden capturar tres tipos de cardúmenes de atunes de acuerdo a su tipo de asociación: (1) Aquellos, asociados con delfines, (2) con objetos flotantes, (3) y a perturbaciones superficiales denominadas "brisas"; lo que origina maniobras de captura con redes distintas (Anónimo, 1997).

Méndez (1995) menciona que debido al tipo de asociación, la distribución de aaa puede presentarse en distintas zonas dentro del OPO. Por ejemplo: Según Au (1991) el número de lances sobre aaa asociado a delfines son considerablemente más altas en zonas alejadas de la costa (100° O hacia los 135° O), en comparación a los lances sobre cardúmenes libres y asociados a objetos flotantes los cuales se encuentran principalmente restringidos a la zona costera. De igual forma estas asociaciones se relacionan con las tallas de aaa capturado, la cuales son mayores a medida que los lances se localizan más alejados de las costas (Hall y Lennert, 1992).

Además de los tipos de lances, otros factores que se han demostrado que influyen en los niveles de captura son la características de las embarcaciones. Los barcos de menor capacidad de acarreo, realizan lances sobre cardúmenes libres y objetos flotantes más frecuentemente, en comparación con lo barcos de mayor calado, los cuales son más eficientes en la pesca de aaa asociada con delfines (Méndez, 1995). De igual forma, la velocidad del barco, la ayuda aérea, las dimensiones de la red, las zonas de pesca y las temporadas del año, influyen de forma fundamental los índices de captura (Allen y Punsly, 1984), y por consiguiente las estimaciones de la abundancia relativa del recurso, basados en datos de captura y esfuerzo.

A partir de datos generados por el Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines (PNAAPD), Méndez (1995) menciona la presencia de una fuerte heterogeneidad en los patrones de distribución de la actividad de la flota, que repercute en la distribución desigual del esfuerzo pesquero; y puede provocar diferencias en la distribución espacial de la pesquería.

2.4 Análisis Espacial de Pesquerías

El análisis de la estructura espacial de algunas pesquerías, ha sido estudiado por diversos investigadores a partir de la década pasada. Inicialmente las técnicas geoestadísticas fueron aplicadas en investigaciones de tipo geológico, tal es el caso de los trabajos realizados por Matheron (1963), quien introduce el concepto de los semivariogramas, así como las técnicas de interpolación espacial "Kriging" (Davis, 1986), lo cual pone las bases para el desarrollo del análisis de las variables

regionalizadas. Lo anterior significa, estimar concentraciones (densidad) en algún punto o región de interés, aunado a la variabilidad espacio-temporal en el área de estudio. En este sentido, Ripley (1981) hace una recopilación y presenta una sinópsis teórica de las técnicas de análisis espacial de datos.

Trabajos que minimizan el error en las estimaciones con este tipo de análisis son desarrollados de manera paralela; y a medida que avanza la aplicación de este tipo de técnicas se ha eficientizado su utilización (Cressie, et. al. 1980, Hawkins et. al. 1984 y Phillips, et. al. 1996).

Las primeras aplicaciones de técnicas geostatísticas para el análisis de la distribución espacial de poblaciones marinas, inician a mediados de los ochentas con trabajos como los de Conan (1985), el cual aplica este tipo de técnicas para calcular la abundancia de moluscos bivalvos. Smith (1990), estima la abundancia de peces (abadejo, *Gadus morhua*), a partir de datos de arrastre, e investiga las consecuencias de usar modelos estadísticos para la estimación de la abundancia media de una población, haciendo una comparación entre estimación por kriging con respecto a la inferencia bajo diferentes criterios estadísticos.

Sullivan (1991) calcula la densidad de la pesquería de mero (*Theragra chalcogramma*), a partir de datos hidroacústicos, y utiliza modelos geoestadísticos para tal efecto. Simard, et. al. (1992), analiza las limitaciones del uso del kriging para estimar la biomasa y patrones de distribución espacial de camarón (*Pandalus borealis*) a partir de muestreos biológicos efectuados en el Golfo de St. Lawrence, Canadá. Petitgas et al. (1993), hace un análisis de las ventajas que presentan los datos hidroacústicos para la evaluación de las poblaciones pesqueras.

Debido a que los datos obtenidos de técnicas acústicas son tomados casi continuamente a través de transectos; estos se encuentran espacialmente correlacionados, por lo tanto es ampliamente recomendado utilizar una aproximación geoestadística (Pelletier et al. 1994). Sin embargo, se han realizado estudios donde los datos no son de tipo hidroacústico, aunque esta aplicación sea menos común (Freire et al.; Simard et al.; González-Gurriran et al. 1992).

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1 Objetivo General

- Con base en la identificación y definición de patrones de distribución espacio-temporal de la captura y esfuerzo, explorar el tipo de relación que existe entre el CPUE y la abundancia del recurso atún aleta amarilla (aaa) en el Océano Pacífico Oriental (OPO).

3.2 Objetivos Particulares

- Definir el grado de resolución espacio-temporal óptimo para efectuar comparaciones intra e interanuales subsecuentes.
- Identificar patrones de estratificación espacio-temporal de la captura y el esfuerzo, dirigido hacia la definición de zonas con distribución homogénea.
- Conocer como se distribuye la densidad (perfiles de concentración) del recurso aaa en el área de estudio.
- Explorar la relación que guardan los niveles de captura con respecto a la biomasa, en el área de estudio propuesta.

3.3 Hipótesis

La distribución de la densidad de capturas y esfuerzo (*perfiles de concentración*) basada en la identificación de patrones de estratificación espacio-temporal de la pesquería de atún aleta amarilla, permiten conocer en forma más precisa la relación que existe entre la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y la abundancia del recurso.

4. METODOLOGÍA

4.1 Características de los datos

Los datos utilizados en este estudio fueron tomados a partir de la actividad de la flota atunera mexicana en el OPO durante los años 1992 a 1996; obtenidos por el programa de observadores del Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines (PNAAPD), así como de la Comisión Inter-Americana del Atún Tropical (CIAT). La información consiste en fechas, posiciones geográficas de lances, volúmenes de captura de aaa y tipos de embarcación (Embarcaciones menores, aquellas con capacidad de acarreo <680 toneladas cortas (907 kg); embarcaciones mayores, las de capacidad de acarreo >680 toneladas cortas) para cada crucero efectuado durante el período de tiempo mencionado.

4.2 Análisis exploratorio de los datos

Antes de realizar estimaciones acerca de la estructura espacial de los datos, es ampliamente recomendado realizar un análisis exploratorio (Rossi, *et al.* 1992), lo cual es importante para obtener una primera aproximación acerca de las características y tendencias principales; envuelve básicamente la aplicación de técnicas estadísticas univariadas, como histogramas, así como la determinación de estadísticos descriptivos.

En este caso el análisis exploratorio consistió en conocer en forma descriptiva el "comportamiento" de los datos y proporcionar una aproximación de posibles tendencias de estos.

El primer paso fue visualizar la variación en el número de lances y capturas mensuales durante el período propuesto.

Dadas las características de la matriz de datos originales, fue necesario conocer qué proporción del esfuerzo (lances) se dirigía a otras especies, y evitar de esta forma incurrir en errores posteriores generados a causa de una sobreestimación del esfuerzo.

Se representaron geográficamente las diferencias espacio-temporales entre la actividad de embarcaciones mayores respecto a las embarcaciones menores con el objeto de visualizar posibles diferencias en la magnitud en sus capturas y número de lances, así como en su distribución.

4.3 Unidad de resolución espacio-temporal

Se analiza la variación diaria de las capturas, lances sobre aaa y captura por lance (x_t) de las embarcaciones con capacidad de acarreo <680 tons., utilizando la función de autocorrelación $\rho(k)$ en tiempo, la cual nos permite describir la dependencia serial:

$$\gamma(k) = E(x_t - \mu)(x_{t+k} - \mu), k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (6)$$

$$\rho(k) = \frac{\gamma(k)}{\gamma(0)} = \frac{\gamma(k)}{\sigma_x^2} \quad (7)$$

Para conocer la tendencia general de las series de tiempo (días) de lances, capturas y captura por lance se aplica la técnica de "Promedio móvil", donde se

representan los valores a períodos pronosticados (períodos basados en los análisis de autocorrelación).

Esta técnica consiste en obtener los valores medios sobre un número específico de períodos. Cada valor obtenido se basa en la siguiente fórmula:

$$F_{(t+1)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_{t+i+1} \quad (8)$$

donde N es el número de períodos incluidos en el "promedio móvil", A_j es el valor de la variable en el tiempo j , y F_j es el valor pronosticado en el tiempo j .

La técnica de "promedio móvil" dio información referente a la tendencia principal de la variación en tiempo de la captura, lances y captura por lances, durante 1992 de la embarcaciones menores.

Para conocer la distancia de correlación mínima en cada uno de los períodos de tiempo identificados previamente se hizo un análisis variográfico robusto (Cressie and Hawkins, 1980) ajustado al modelo esférico:

$$2\gamma(h) = \left(\frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} |Z(x_i) - Z(x_i + h)|^{1/2} \right)^4 / \left(0.457 + \frac{0.494}{|N(h)|} \right) \quad (9)$$

Donde el semi-variograma ($2\gamma(h)$) es un medio del valor esperado de la diferencia al cuadrado entre dos puntos a distancia (h). $Z_{(xi)}$ denota el valor de captura por lance en un punto i , y la diferencia entre dos variables (captura por lance) es expresada como una función de la distancia euclidiana (h) entre dos puntos x y $x + h$. El valor de N_h representa el número de observaciones a cada distancia (h).

La estructura espacial de la variable estudiada, fue analizada a través de un modelo variográfico; utilizándose el modelo esférico (González-Gurrirán *et.al.*, 1993); el cual presenta la siguiente forma:

$$2\gamma(h) = C_0 + C \left(\left(\frac{3}{2} \right) \left(\frac{h}{a} \right) - \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right) \quad (10)$$

Donde C_0 = "efecto pepita" (Variabilidad indetectada debido a altas diferencias a distancias cercanas), C = el "umbral" o asíntota menos el "efecto pepita", con lo cual el "umbral" es el valor de semi-varianza alcanzado con un valor de $h=a$ (rango), y representa la distancia máxima a la cual los efectos espaciales son detectables (Figura 5).

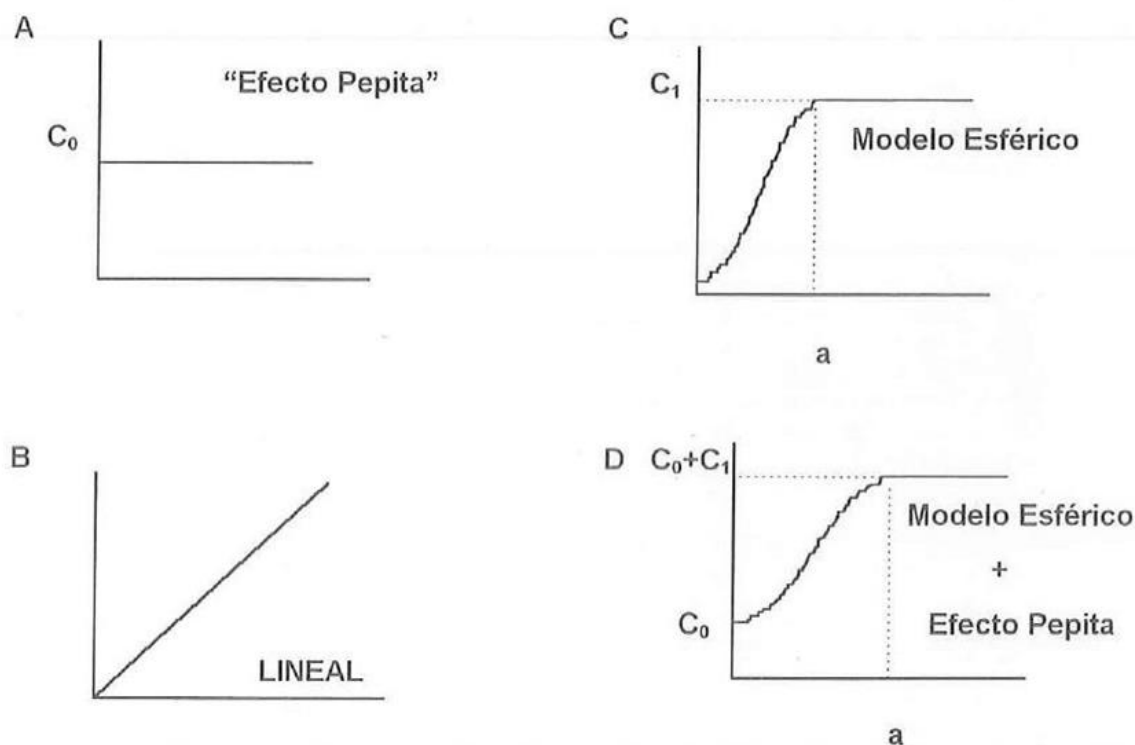


Figura 5. Tipos de variogramas. (A) Modelo "Pepita", $\gamma(h) = C_0$; (B) Modelo lineal, $\gamma(h) = bh$; (C) Modelo esférico, $\gamma(h) = C_1 \left[\frac{3h}{2a} - \frac{h^3}{2a^3} \right]$, donde a es el rango de la autocorrelación y C_1 es el umbral de la semi-varianza ($\gamma(h)$). (D) Modelo esférico + efecto "pepita", $\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[\frac{3h}{2a} - \frac{h^3}{2a^3} \right]$.

Los modelos fueron ajustados a las estimaciones del variograma de acuerdo a una aproximación conocida como "mínimos cuadrados ponderados" (MCP) descrita por Cressie (1980) y aplicada por Pelletier y Parma (1994), la cual presenta la siguiente forma:

$$\sum_{i=1}^H N(h_i) \left(\frac{\overline{\gamma(h_i)}}{\gamma(h_i)} - 1 \right)^2 \quad (11)$$

Donde H es el número de distancias discretizadas en el variograma. Cada residual al cuadrado se ponderó de acuerdo a $N(h_i)$, el número de pares de puntos usados para calcular $\overline{\gamma(h_i)}$, y el inverso de $\gamma(h_i)^2$.

4.4 Correlación espacio-temporal de la captura por lance entre categorías de embarcaciones

Los valores de CPUE de las embarcaciones mayores y menores que coincidieron en la misma posición geográfica y tiempo, fueron analizados para encontrar una posible presencia de correlación significativa entre ellos, y de esta forma poder transformar los valores de CPUE de embarcaciones menores a valores de CPUE de embarcaciones mayores. Para esto se empleó una técnica de "regresión robusta" o "regresión por mínimos cuadrados podados" (Rousseeuw, 1984), el cual estima β_{LTS} , y minimiza la suma del valor de q más pequeño de los residuales:

$$\sum_{i=1}^q r_{(i)}^2(\beta) \quad (12)$$

donde: $r_{(i)}^2(\beta)$, es el i -ésimo residual ordenado. El valor de q representa una fracción >0.5 del valor de n (número de observaciones).

4.5 Distribución espacial del CPUE por unidad de area-tiempo

Para estimar los valores de captura esperados, bajo las condiciones de resolución definidas previamente, así como para tipo de embarcación se aplicaron Modelos Aditivos Generalizados (MAG's; Hastie y Tibshirani, 1986).

En el MAG, el valor esperado de una variable Y , es expresada como una suma de funciones "suavizadas" de las covariables, bajo el supuesto de que los datos presentan una distribución de Poisson no-homogénea (Swatzman et.al, 1992), representado por la siguiente ecuación:

$$\eta = \log[E(Y|x_1, \dots, x_p)] = \sum_{j=1}^p S_j(x_j) \quad (13)$$

Donde $S_j(x_j)$ significan las funciones suavizadas de las (p) covariables, y el valor esperado o predictor es denominado como *función enlace* (η).

4.6 Identificación de Patrones espaciales

Con el objeto de encontrar los meses que mostraron una estructura espacial semejante, y conocer por consiguiente los patrones espaciales mas significativos durante los cinco años se aplicó el método de "Análisis de factores", a partir de los valores de CPUE estimados por los MAG's obtenidos bajo el nivel de resolución espacio-temporal determinado previamente.

El análisis de factores se basa en utilizar combinaciones lineales de p variables (meses) para explicar series de n observaciones (posiciones geográficas). En comparación al análisis de componentes principales, en donde las variables observadas son por sí mismas las cantidades de interés, y la combinación de estas

variables es en principio la herramienta para simplificar la interpretación de las variables observadas; en el análisis de factores, las variables observadas son relativamente de poco interés, fundamentalmente los factores o índices son las cantidades de mayor interés.

La idea principal es considerar que los 60 meses son todos de la forma:

$$X_i = a_i F + e_i \quad (14)$$

donde X_i es el i -ésimo mes con media igual a cero y desviación estándar igual a uno, a_i es un constante, F es un valor de "factor", el cual tiene media cero y desviación estándar igual a uno, para las 1029 posiciones geográficas, y e_i es el error asociado a X_i , que es específico para el i -ésimo mes solamente.

4.7 Obtención de "Perfiles de Concentración"

Al definir las temporadas que tuvieron un patrón espacial representativo, se procedió a encontrar zonas con valores homogéneos en densidad (CPUE por unidad de área). Esto se realizó mediante la aplicación de "modelos de árboles de regresión" (Breiman *et. al.*, 1984), este modelo es ajustado utilizando el procedimiento conocido como "*partición binaria recursiva*" en el cual los datos (CPUE por grado cuadrado) son divididos a lo largo de ejes de coordenadas de las variables predictoras (longitud-latitud). La división a la cual se distingue máximamente la variable de respuesta en la rama derecha e izquierda es seleccionada. Las divisiones continúan hasta que los nodos son puros o los datos son demasiado escasos; los nodos terminales son

denominados "hojas" (en las cuales se presenta el valor predicho de CPUE por área), y el nodo inicial es llamado "raíz" (partición inicial).

Los valores esperados de CPUE por unidad de área para cada estrato, se graficaron vs. el área de cobertura de cada estrato, para de esta forma obtener los "perfiles de concentración".

En el caso de los valores esperados por estratos de los patrones espaciales, éstos fueron estandarizados, y representados en valores de Z en los perfiles de concentración de cada patrón espacial, con el objeto de hacer comparaciones entre ellos a una misma escala de variación.

5. RESULTADOS

5.1 Análisis exploratorio

En el análisis exploratorio primeramente se visualizó la variación del número de lances y capturas en toneladas cortas mensuales, así como por tipo de embarcación durante el período propuesto (Figura 6), con la idea principal de observar las diferencias entre las categorías de embarcaciones intra e inter-anualmente.

En el año de 1992 las embarcaciones menores presentaron su nivel máximo de capturas en el mes de mayo (3,450 ton.) que correspondió también al mayor número de lances (389) durante ese año, la captura mínima (844 ton.) ocurrió en el mes de noviembre, sin embargo no correspondió con el mínimo de lances el cual se dio en enero (139). En general se observan altas capturas en la primera mitad del año (excepto enero con 1000 ton.), disminuyendo considerablemente en la segunda mitad (alrededor de 1,200 ton).

En contraste las embarcaciones mayores durante 1992, obtuvieron sus capturas máximas en abril (11,226 ton.) con 595 lances, la cual fue la mayor presentada en un sólo mes durante los cinco años. A partir de abril se observa una tendencia a la baja de capturas y lances, llegando a niveles bajos en diciembre, con el mínimo de captura en enero (3,889 ton. y 266 lances)

Para las embarcaciones menores en el año de 1993, el nivel máximo de capturas fue en el mes de mayo (3,327 ton.) con el mínimo de lances en junio (160), y el máximo de lances en febrero (343) con 2,820 ton. En octubre 1993 se presentó el nivel más bajo en capturas (693 ton. con 164 lances).

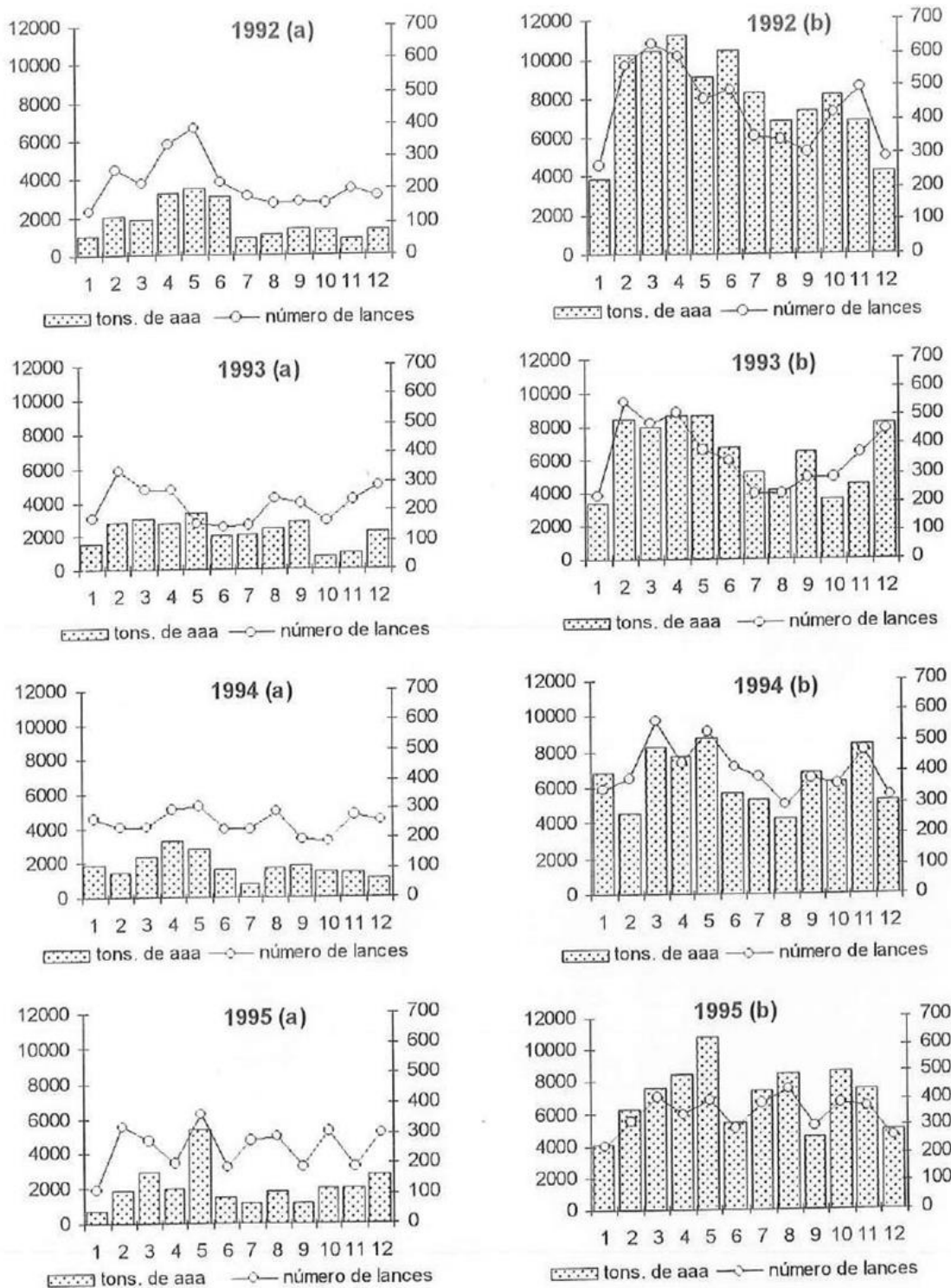


Figura 6. Variación mensual de lances ("y" derecha) y capturas en toneladas cortas ("y" izquierda), obtenidas por embarcaciones menores (a) y mayores (b) durante 1992 - 1996.

Las embarcaciones mayores mostraron en 1993 un patrón semejante de variación en los niveles de captura y lances con respecto a 1992, pero con los máximos de captura en abril y mayo (8624 y 8620 ton. con 512 y 385 lances, respectivamente). A diferencia de 1992, en 1993 se observa un incremento importante de capturas y lances en diciembre (8153 ton. con 455 lances).

En las embarcaciones menores durante 1994, se observa (Figura 6) que los valores máximos de capturas y lances fueron en los meses de abril y mayo (3,272 2,803 ton. con 298 y 310 lances respectivamente). El mínimo de capturas en julio (831 ton. con 231 lances), observándose principalmente un patrón de variación de capturas similar a 1992 para el mismo tipo de embarcaciones, sin embargo en lo lances no se observa una correspondencia clara con respecto a los niveles de captura obtenidos.

Las embarcaciones mayores durante 1994, al igual que en 1993, obtienen su máximo de capturas en mayo (8,767 ton. con 534 lances). El mayor número de lances de este tipo de embarcaciones fue en marzo (570) con una captura de 8295 ton. Los mínimos de capturas se presentaron en febrero y agosto (4,533 y 4,252 ton. con 377 y 290 lances respectivamente), se observa un patrón de variación en capturas y lances semejante al de 1992, sin embargo las capturas y los lances fueron más bajos en 1993 para la embarcaciones mayores.

En 1995 las embarcaciones menores llegaron al punto de capturas máximas en mayo (5,346 ton. con 362 lances) la cual fue la mayor durante los cinco años, por este tipo de embarcaciones. También en ese mismo año ocurre el nivel más bajo de capturas y lances por mes el cual fue en enero (660 ton. con 114 lances). Las altas

variaciones con respecto a los años previos fueron más notorias, no obstante la mayor proporción en capturas y lances se ubicó en la primera mitad del año.

Con respecto a las embarcaciones mayores en 1995, se encontró al igual que en 1993 y 1994 las capturas máximas en mayo con 10,759 ton y 399 lances. La captura mínima en enero con 4,039 ton. y 233 lances. Para este año se observa que los niveles de captura se van incrementando de manera paulatina hasta llegar a su nivel máximo en mayo, y posteriormente variaciones con niveles de captura elevados en agosto y octubre (8,476 y 8,616 ton.), donde en agosto se presenta el máximo de lances para ese año (437).

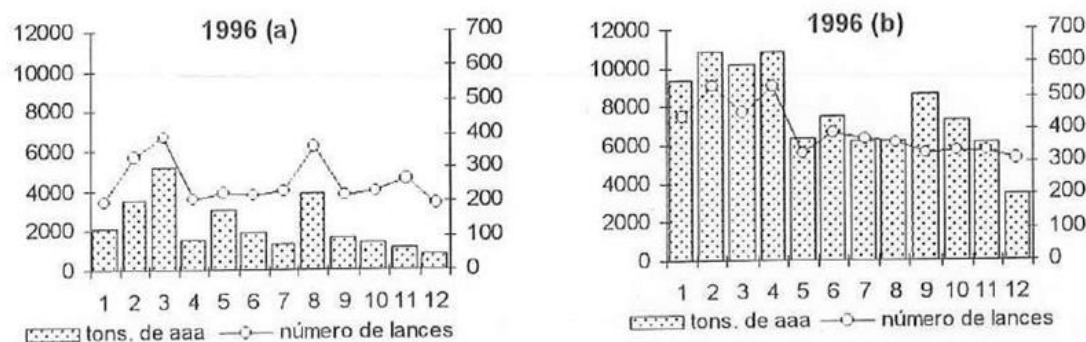


Figura 6. Continuación. Variación mensual de lances ("y" derecha) y capturas en toneladas cortas ("y" izquierda), obtenidas por embarcaciones menores (a) y mayores (b) durante 1992 - 1996.

En 1996 las embarcaciones menores obtuvieron sus capturas máximas en marzo y agosto, los cuales correspondieron también a los máximos en lances realizados (5,169; 3,896 con 393 y 364 lances respectivamente). Una disminución clara inicia a partir de septiembre, llegando a los niveles de captura mas bajos del año en diciembre, con 791 ton. y 197 lances.

Las embarcaciones mayores en 1996, mantuvieron niveles de capturas altos en los primeros meses, con los máximos en febrero y abril (10,851 y 10,829

respectivamente, con 528 lances en ambos meses). El número de lances así como el nivel de capturas disminuye considerablemente a partir de mayo, teniendo una recuperación significativa en el mes de septiembre.

De forma general en todos los años así como para los dos tipos de embarcaciones se observa una disminución clara tanto en capturas como en número de lances a mitad del año, siendo la primera mitad, donde las capturas obtenidas fueron las mas altas, principalmente en los meses de marzo, abril y mayo, para ambos tipos de embarcaciones.

En la tabla I, se puede observar la variación anual en toneladas cortas por tipo de embarcación, donde los años de mayor captura total fueron 1992 y 1996. La tendencia general decrece a partir de 1992 hasta 1994, recuperándose de 1995 a 1996.

En el caso particular de las embarcaciones menores, su nivel más bajo de capturas fue en 1992, contrario a las embarcaciones mayores cuyas capturas fueron las más altas durante los cinco años. Cabe destacar que las embarcaciones mayores a partir de las capturas mínimas durante 1993, fueron ascendiendo hasta 1996.

Las embarcaciones menores, a través de los cinco años sus niveles de captura fluctuaron a lo largo de los cinco años, presentándose el mínimo en 1992 y máximo en 1996.

Tabla I. Capturas en toneladas cortas realizadas por embarcaciones cerqueras de la flota mexicana, durante 1992-1996.

	1992	1993	1994	1995	1996
Embarcaciones menores	21,860	26,491	21,871	25,365	27,630
Embarcaciones mayores	96,759	75,659	78,147	84,070	93,003
Total	118,619	102,150	100,018	109,435	120,633

Los datos generados durante 1992, se utilizaron como base para definir la unidad de resolución espacio-temporal; la cual es la unidad mínima de comparación intra e inter-anual, a través de los cinco años.

Con la finalidad de llegar al objetivo previamente planteado, se analizó la actividad en tiempo, espacio, y por tipo de embarcación durante 1992.

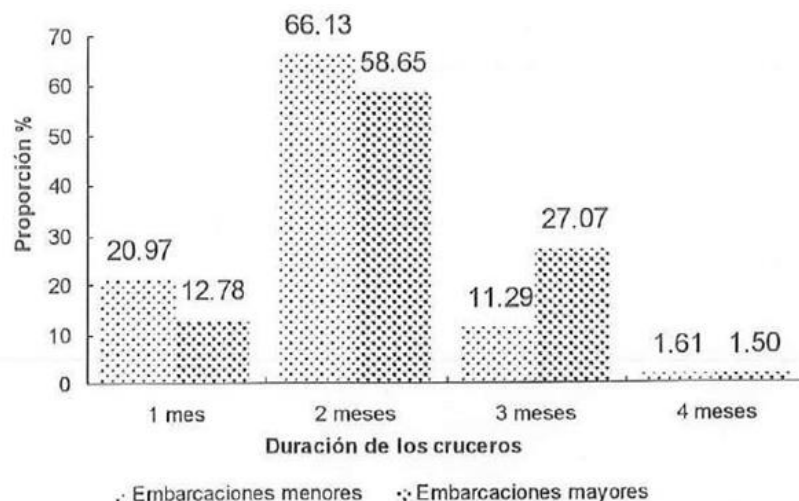


Figura 7. Proporción de la duración mensual de los cruceros realizados durante 1992, para cada tipo de embarcación.

En la Figura 7 se explora la proporción del tiempo de duración en el mar, de los viajes realizados en 1992 para cada tipo de embarcación, en donde se observa que la mayoría de embarcaciones realizaron cruceros con una duración de 2 meses principalmente, no obstante arriba del 27% de los cruceros realizados por las embarcaciones mayores fueron de 3 meses, y el 21% de los cruceros de las embarcaciones menores fueron de 1 mes de duración, relación que era de esperarse debido a las características de las embarcaciones.

Con base en las características de los datos, fue necesario conocer que proporción del esfuerzo (lances) se dirigía a otras especies, con el objeto de evitar incurrir en errores posteriores generados a causa de una sobrestimación del esfuerzo.

En la tabla II se presentan los lances dirigidos a otras especies durante cada uno de los años analizados, se puede observar (sumando la información generada por el Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines PNAAPD, y la Comisión Inter-Americana del Atún Tropical CIAT) que en todos los años, más del 80% de los lances realizados por la flota atunera mexicana son sobre atún aleta amarilla.

Tabla II. Lances (L) por especie y su valor relativo (%) para cada uno de los años durante 1992-1996; *PN = PNAAPD.

Especie	1992		1993		1994		1995		1996	
	L	%	L	%	L	%	L	%	L	%
Bonito	0	0.00	10	0.14	175	2.17	27	0.38	4	0.05
Atún aleta azul	0	0.00	0	0.00	1	0.01	0	0.00	112	1.41
Barrilete negro	1	0.01	10	0.14	4	0.05	6	0.08	9	0.11
Melvas	1	0.01	2	0.03	6	0.07	5	0.07	3	0.04
Patudo	4	0.05	3	0.04	4	0.05	2	0.03	2	0.03
Barrilete CIAT	94	1.16	213	2.93	147	1.83	454	6.32	248	3.12
Barrilete PN*	105	1.29	68	0.94	120	1.49	239	3.32	110	1.39
AAA CIAT	3,167	39	3,669	50.5	3,733	46.3	3,375	46.9	3,417	43.0
AAA PN*	4,747	58.5	3,289	45.2	3,863	47.9	3,080	42.8	4,032	50.8

Con base en lo anterior es factible considerar que el esfuerzo pesquero (número de lances) realizado por la flota mexicana es principalmente sobre aaa, ya

que en comparación con las demás especies, incluyendo el barrilete, éstos se ubicaron por debajo del 20%.

Se observa también que después del aaa, los lances sobre barrilete son los siguientes en importancia (Tabla II). La representatividad en lances sobre las especies de bonito y atún aleta azul, fueron más importantes en 1994 y 1995 respectivamente.

Otro aspecto importante dentro del análisis exploratorio, fue conocer las diferencias en cuanto a la distribución espacial de los lances realizados por las embarcaciones menores y mayores en el OPO, durante los cinco años.

En la figura 8 se representan geográficamente las diferencias espaciales de la distribución de los lances para ambas categorías de embarcaciones. En la cobertura espacial por tipo de embarcación, se puede observar una diferencia notable en la distribución de los lances por cada categoría.

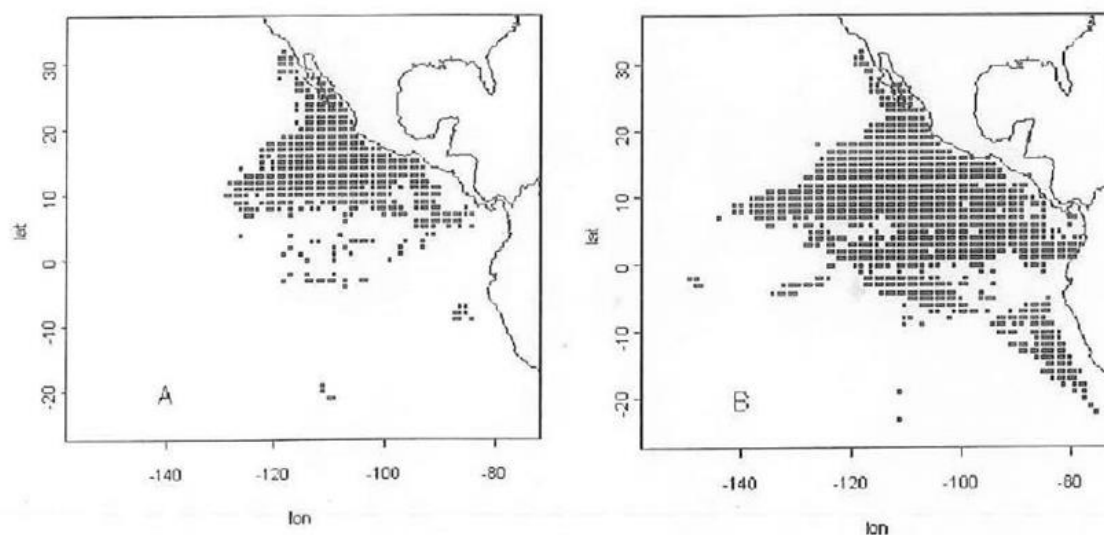


Figura 8. Distribución de los lances efectuados por la flota atunera mexicana en el OPO, embarcaciones menores (A) y embarcaciones mayores (B), durante 1992-1996.

Principalmente los lances realizados por las embarcaciones mayores se localizaron arriba de los 8°N hasta los 32°N, no sobrepasando los 130°O; a diferencia de las embarcaciones de mayor calado, las cuales realizan lances más hacia el sur, precisamente hasta los 22°S, así como también más hacia el oeste, llegando hasta los 140°O.

5.2 Unidad de Resolución espacio-temporal

La determinación de la unidad mínima de resolución espacio-temporal fue el aspecto básico para realizar comparaciones intra e interanuales. En este sentido la unidad temporal fue la primera en determinarse a través del análisis de la variación diaria de los lances, capturas y captura por lance realizados por las embarcaciones menores durante 1992; debido a que la escala de variación espacial (área de cobertura) y temporal (duración de los cruceros y número de lances por unidad de tiempo) de las embarcaciones menores es más restringida con respecto a las de mayor calado, lo que resultó suficiente para definir las unidades mínimas de resolución espacio-temporal.

En la figura 9a se muestra la variación diaria del número de lances (a), las capturas (b), y la captura por lance (c), de ambas embarcaciones. En los lances y capturas se observan diferencias entre la primera y segunda mitad del año, no obstante más claras en las embarcaciones mayores. El bajo número de lances y capturas observados a mitad del año (Figura 9a) fue un rasgo importante, debido a que fue consistente con los años posteriores (Figura 6), capturas y lances elevados en la primera mitad del año con una disminución considerable en la siguiente semestre.

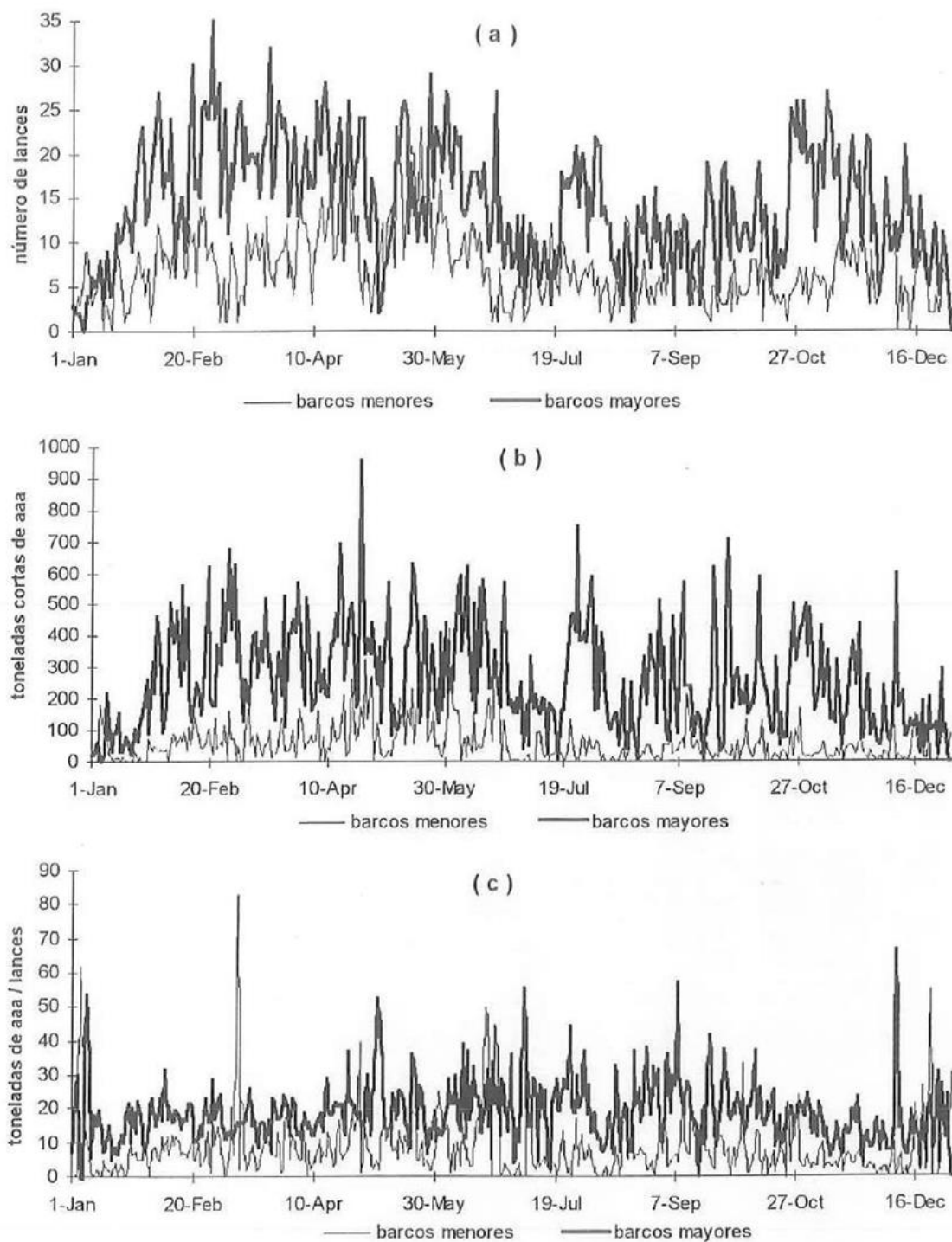


Figura 9a. Variación diaria del número del número de lances (a), volúmenes de captura (b), y captura por lance (c), realizados por embarcaciones mayores y menores durante 1992.

En la variación diaria de las capturas por lance (Figura 9a) se observa la ausencia de alguna tendencia marcada en alguna época del año, en ocasiones con valores de captura por lance extremos para ambos tipos de embarcaciones.

Para conocer la existencia de algún tipo de correlación serial en tiempo se realizó un análisis de autocorrelación con los datos de lances, capturas y capturas por lance diarios, de las embarcaciones menores, los resultados de la aplicación de esta técnica se presentan en la figura 9b, donde en el eje de la abcisas, se encuentran representadas la unidades de desfaseamiento ("lag's"), y en el eje de las ordenadas el nivel de significancia o correlación asociados a cada unidad de comparación.

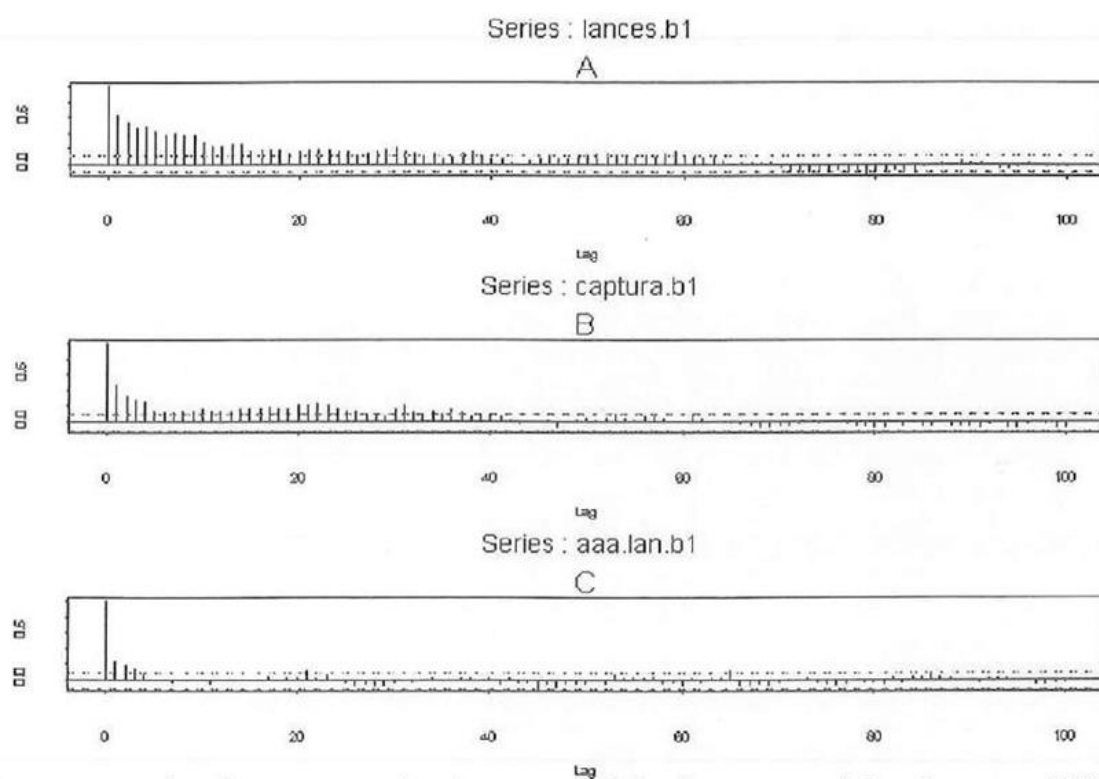


Figura 9b. Representación gráfica del análisis de autocorrelación de la variación diaria del número de lances (a), volúmenes de captura (b), y captura por lance (c), realizados por embarcaciones menores durante 1992. En el eje de las abcisas se representan las unidades de defasamiento (lag's), y en el eje de las ordenadas el nivel de correlación a cada unidad de defasamiento. Los límites de confianza (± 0.05) son las líneas punteadas.

En el caso de la variación diaria del número de lances se encontró correlación serial significativa (± 0.05) hasta los 27 días, y en la variación diaria de las capturas hasta los 31 días. La variación diaria de la captura por lances solo presentó correlación serial significativa hasta el tercer día.

Con base en el análisis de autocorrelación en tiempo, se decidió dividir la información mensualmente, obteniéndose 60 matrices de datos, correspondientes a los cinco años, para cada tipo de embarcación.

Para visualizar la tendencia principal de la variación en tiempo de los lances, capturas y capturas/lance se aplica la técnica de "Promedio móvil", a períodos de 30 días (Figura 9c).

Al observar el resultado gráfico de la técnica de "Promedio móvil" (Figura 9c), la diferencia en magnitudes del número de lances, capturas y captura por lance por tipo de embarcación es notoria en todos los casos. La disminución en el número de lances realizados a mediados de año es similar para ambas categorías de embarcaciones, así como para los niveles de captura obtenidos, observándose patrones de variación más marcados en el caso de las embarcaciones mayores.

La variación diaria de la captura por lance sugiere una mayor eficiencia a fines de septiembre para el caso de las embarcaciones mayores, contrario a lo observado para las embarcaciones menores las cuales presentaron su mayor incremento a fines de mayo y principios de julio (Figura 9c).

Ambos tipos de embarcaciones mostraron los niveles de captura por lance más bajos a mediados de diciembre.

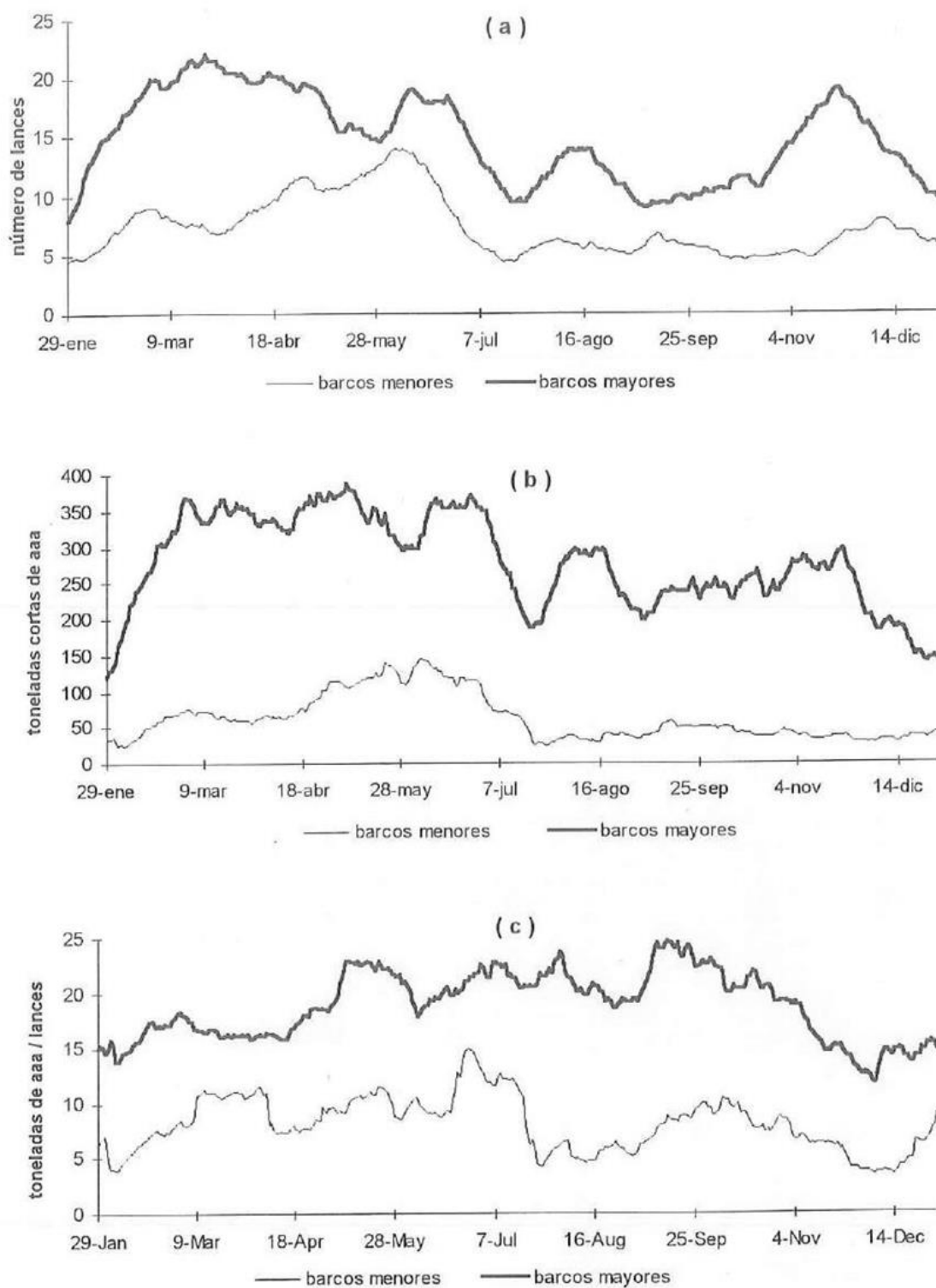


Figura 9c. Resultados de la aplicación de la técnica "Promedio móvil", a períodos pronosticados de 30 días, para la variación diaria del numero de lances (a), volúmenes de captura (b), y captura por lance (c), durante 1992.

Con la agrupación temporal definida (30 días), se procedió a realizar el análisis espacial, para el cual se aplicaron variogramas robustos mensualmente a los datos de $\log(\text{captura}/\text{lance})$ georreferenciados, generados por la embarcaciones menores.

Para evitar los efectos de las diferencias en el grado de esfuerzo en lances, se decidió realizar el análisis variográfico con los datos de captura por lance.

Los coeficientes resultantes del análisis variográfico ajustado al modelo esférico (Tabla III), sugirieron como la mejor distancia mínima de agrupación espacial la que se presentó en el mes de noviembre, ya que fue en ese mes en donde se presentó el valor mínimo de rango ($a = 0.98$ grados), lo que significa la distancia a la cual la variable georeferenciada se encuentra autocorrelacionada.

Tabla III. Parámetros del análisis variográfico aplicado a datos georeferenciados del $\log(\text{captura por lance})$, realizados por embarcaciones menores durante 1992. C_0 =Efecto "pepita"; C_1 = umbral o asíntota del modelo; a = rango.

Mes	número de datos	Parámetros del modelo esférico		
		C_0	C_1	a
1	139	0.88	3.61	7.33
2	262	0.9	0.47	10.37
3	220	-	-	-
4	339	-	-	-
5	389	2.28	0.65	2.28
6	224	0.54	1.28	1.56
7	178	0.64	0.43	3.49
8	160	1.99	1.67	13.04
9	165	-	-	-
10	156	1.1	6.86	9.7
11	200	1.68	0.89	0.98
12	179	-	-	-

El “efecto pepita” el cual es indicador de la variabilidad a distancias cercanas representó más del 65% de la variabilidad espacial total observada durante noviembre ($C_0 = 1.68$), lo que proporciona información acerca de la alta variabilidad presentada a distancias cercanas.

En algunos casos el proceso de variabilidad espacial no se ajustó al modelo esférico, como ocurrió en marzo, abril, septiembre y diciembre (Tabla 3); esto debido al comportamiento errático presentado en los variogramas durante estos meses.

Bajo el criterio variográfico los datos de capturas y lances fueron agrupados en cuadrantes de 1x1 grado por mes y por categoría de embarcación.

5.3 Correlación espacio-temporal de CPUE entre tipos de embarcaciones

Como se mencionó anteriormente la medida de esfuerzo empleada en este trabajo fueron los lances, sin embargo el éxito de la captura por lance (CPUE) obtenida de un tipo de embarcación a otra son distintos en magnitud, por lo que se optó por encontrar la relación entre los valores de CPUE, bajo las mismas condiciones espacio-temporales.

Se eligieron aquellos cuadrantes en donde confluyeron espacialmente ambos tipos de embarcaciones y se extrajo la información de captura/lance/grado²/mes, para analizarlas mediante la técnica de regresión robusta. Debido a que los datos generados por las embarcaciones mayores fueron los mas abundantes y de mayor cobertura espacial durante los cinco años, se transformaron los valores de CPUE de embarcaciones mayores, a valores de CPUE de embarcaciones menores, así como

también con el objeto de contribuir de forma mínima al error asociado a la conversión de dichas variables.

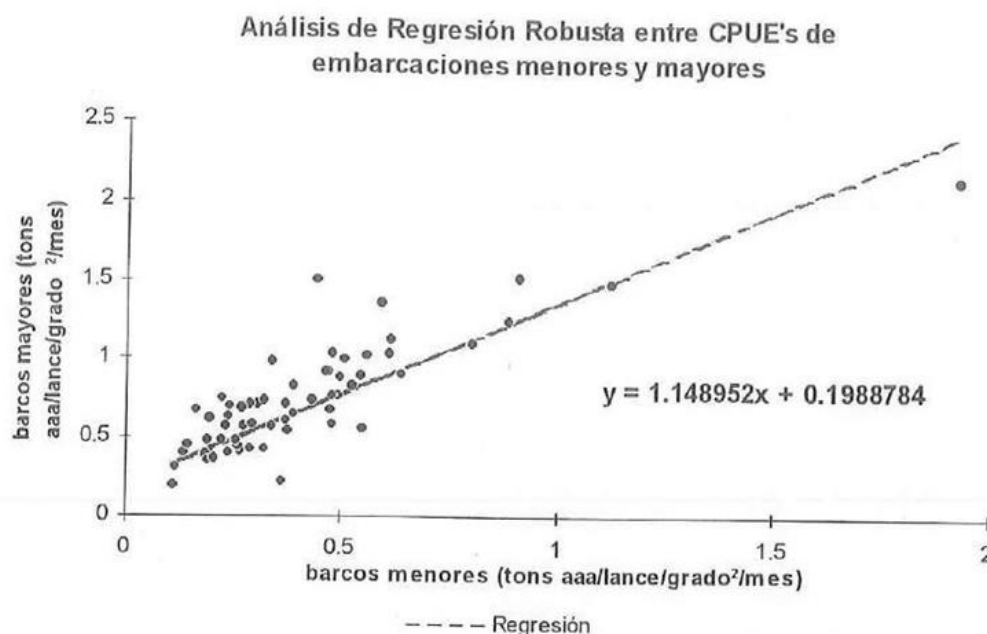


Figura 10. Resultados del "Análisis de Regresión Robusta", utilizando los valores de CPUE/grado²/mes de embarcaciones mayores (y), y embarcaciones menores (x), durante el período de 1992-1996.

El análisis de regresión robusta (Figura 10) entre valores de CPUE generados por las dos categorías de embarcación, mostró correlación significativa, con coeficientes $b_1=0.198878$ y $x=1.148952$.

Los coeficientes obtenidos a partir del análisis de regresión robusta fueron aplicados para la transformación de los valores de CPUE de las embarcaciones mayores de cada mes durante los cinco años y posteriormente integrados a la matriz de datos de las embarcaciones mayores.

5.4 Patrones de estratificación espacial y estacionalidad

Con base en la relación encontrada, se construyó una matriz de datos con valores de CPUE para cada uno de los cuadrantes (1029 cuadrantes de un grado²) para cada uno de los meses (60 meses, enero 1992 a diciembre 1996).

En función a lo anterior, se decidió asignar un valor a aquellos cuadrantes en donde se realizó esfuerzo sin captura, con el objeto de establecer diferencias entre cuadrantes en donde no la hubo. De tal forma, le valor de CPUE asignado a estos cuadrantes correspondió al 50 % de la captura por lance mínima registrada durante los cinco años, la cual resultó ser de 0.166 en unidades CPUE, observada en octubre 1992.

A partir de la nueva matriz de datos, se modeló la distribución espacial mensual utilizando Modelos Aditivos Generalizados, con lo cual se obtuvieron valores de CPUE estimados por cuadrante.

Se obtuvieron 60 imágenes-matriz de la distribución del CPUE, correspondientes a cada uno de los meses dentro del período de estudio. Para conocer los patrones espaciales más representativos durante el período de estudio así como la posible presencia de algún tipo de estacionalidad relacionada a estos, se aplicó la técnica de "Análisis de Factores", del cual se eligieron 9 factores, los cuales contribuyeron con más del 80% de la variabilidad espacial durante los 60 meses.

De los factores obtenidos los primeros tres ocuparon más del 45% de la variabilidad espacial total (Tabla IVa), lo que indicó la alta importancia observada en estos factores, reflejada también en la mayor frecuencia a través de los 60 meses (Figura 11). Después de los tres primeros factores, el 5 y 7 resultaron ser los más

frecuentes dentro del período de estudio, con una contribución a la varianza observada mayor al 11% (Tabla IVa).

Tabla IVa. Sumario estadístico del Análisis de Factores, a partir de los valores calculados de CPUE/grado², obtenidos mediante MAG's.

Factores	Suma de cuadrados	Contribución a la Varianza Total	Varianza Acumulada
1	11.4802	0.1960	0.1960
2	10.3951	0.1779	0.3739
3	6.3226	0.1100	0.4840
4	3.9903	0.0712	0.5552
5	3.5472	0.0638	0.6190
6	3.2661	0.0586	0.6777
7	2.9852	0.0544	0.7321
8	2.6981	0.0496	0.7818
9	1.7673	0.0341	0.8160

El factor 9, fue el de menor importancia de acuerdo con el análisis realizado, ya que presentó la contribución al variabilidad espacial más baja con respecto a los demás factores, así como el de menor frecuencia (Figura 11).

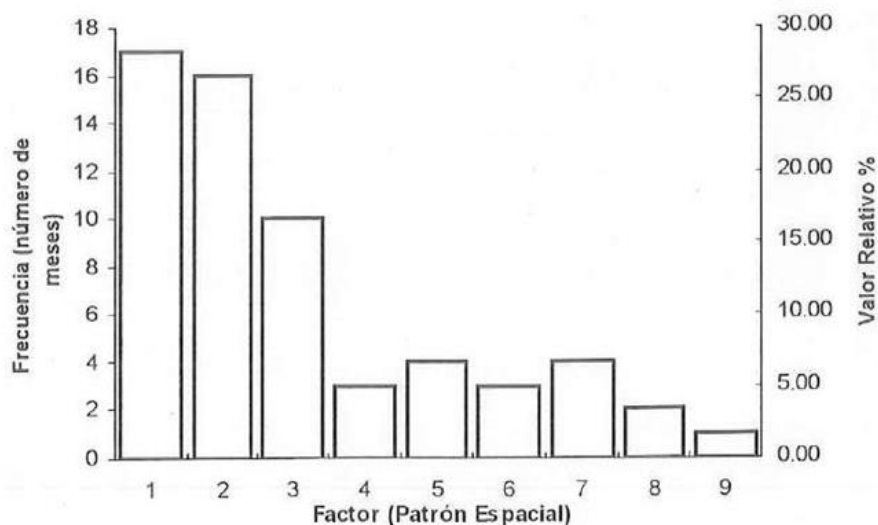


Figura 11. Importancia relativa de cada uno de los Patrones espaciales identificados mediante el "Análisis de Factores" durante el período 1992-1996.

Las comunalidades indican cuanto de la variabilidad espacial entre los 60 meses se encuentra explicada por los nueve factores seleccionados. En este sentido, comunalidades altas indican una buena explicación a la variabilidad observada, de acuerdo con los factores seleccionados.

Las comunalidades resultantes del análisis de factores fueron altas en la mayoría de los casos (>0.80 , Tabla IVb), sin embargo en los meses de mayo 1993, enero 1994, diciembre 1994, y noviembre de 1996; las comunalidades fueron menores a 0.60, siendo la mas baja en diciembre 1994, con un valor de 0.44.

Tabla IVb. Valores de **comunalidades** obtenidas en el "Análisis de Factores", para cada mes-año.

Mes	1992	1993	1994	1995	1996
ene	0.63	0.70	0.55	0.73	0.91
feb	0.97	0.76	0.83	0.67	0.82
mar	0.80	0.80	0.90	0.67	0.89
abr	0.93	0.83	0.89	0.87	0.81
may	0.93	0.58	0.84	0.91	0.92
jun	0.90	0.73	0.92	0.93	0.90
jul	0.85	0.89	0.79	0.77	0.82
ago	0.95	0.84	0.69	0.97	0.79
sep	0.91	0.81	0.83	0.94	0.83
oct	0.91	0.80	0.89	0.87	0.93
nov	0.91	0.66	0.69	0.87	0.53
dic	0.77	0.87	0.44	0.86	0.82

De acuerdo con Manly (1994), los pesos en valor absoluto superiores 0.5 de cada uno de los factores, fueron seleccionados para indicar los meses representativos de cada uno de los factores, ahora denominados *Patrones espaciales*.

Bajo este criterio en la Tabla 4c, se muestran los meses-año asociados a cada patrón espacial, así como el peso resultante del análisis de factores.

Factor 1		Factor 2		Factor 3		Factor 4		Factor 5		Factor 6		Factor 7		Factor 8		Factor 9	
mes-año	Peso	mes-año	Peso	mes-año	Peso	mes-año	Peso	mes-año	Pes	mes-año	Pes	mes-año	Peso	mes-año	Peso	mes-año	Peso
May-92	0.50	Mar-92	0.71	Jun-92	0.63	Dec-92	0.83	Jan-92	0.57	May-92	0.50	Nov-93	0.63	Jan-95	0.74	Mar-94	0.54
Jul-92	0.78	Apr-92	0.78	Aug-92	0.52	Jan-93	0.61	Feb-92	0.88	Jun-94	0.55	Dec-93	0.88	Feb-95	0.50	Nov-94	0.79
Aug-92	0.77	Nov-92	0.55	Sep-92	0.55	Mar-93	0.60	Nov-92	0.63	Jul-94	0.81	Jan-94	0.59	Mar-95	0.64		
Sep-92	0.54	Feb-93	0.74	Jun-93	0.59	Oct-93	0.72	Apr-93	0.50	Aug-94	0.67	Feb-95	0.54				
Oct-92	0.67	Mar-93	0.60	Jul-93	0.74			Nov-95	0.68			Nov-96	0.62				
Aug-93	0.57	Apr-93	0.62	Sep-93	0.58												
Apr-94	0.80	Feb-94	0.76	May-94	0.85												
Sep-94	0.59	Mar-94	0.69	Jun-94	0.60												
Oct-94	0.87	Aug-95	0.64	Jun-95	0.92												
Apr-95	0.78	Sep-95	0.86	Jul-95	0.68												
May-95	0.89	Dec-95	0.77														
Aug-95	0.57	Jan-96	0.79														
Oct-95	0.89	Feb-96	0.84														
Jun-96	0.78	Mar-96	0.91														
Jul-96	0.68	Apr-96	0.74														
Sep-96	0.79	Dec-96	0.71														
Oct-96	0.88																

Tabla 4c. Representatividad de cada mes de acuerdo a su peso (> 0.5 ; Manly, 1994) para cada uno de los factores (Patrones espaciales) seleccionados.

De los meses que resultaron asociados a cada patrón espacial, se agruparon los valores estimados de CPUE mediante MAG's, para promediarlos y obtener la distribución geográfica de los valores de CPUE por patrón espacial.

En este sentido se obtuvieron 9 imágenes de la distribución espacial del CPUE, correspondientes a cada uno de los patrones espaciales, así como de cada uno de los meses representativos de cada patrón espacial. La representación geográfica de los patrones espaciales 1-4, se muestran en la figura 12a, en donde se pudo observar como los centros de altas capturas varían espacialmente.

El patrón espacial 1, presentó un centro de concentración alta (12 CPUE/grado²) a los 119° O y 11° N, la cual fue disminuyendo de forma concéntrica, hasta valores de 2 CPUE/grado² cercanos a la costa, y valores de 4 CPUE/grado², en la zona de la boca del Golfo de California.

En el patrón espacial 2, se observa una área de altas concentraciones de CPUE, pero a diferencia del patrón espacial 1, esta se encontró localizada más cercana a la zona costera, alrededor de los 115°O y 13°N, así como también presencia de capturas (4 CPUE/grado²) sobre la latitud 11°S.

En comparación con el patrón espacial 1, el área de cobertura en el patrón 2, se observa de menor amplitud, sin embargo los niveles de CPUE fueron de la misma magnitud.

En cuanto al patrón espacial 3, la presencia de un "anillo" de alto valor en CPUE (12 CPUE/grado²), fue un rasgo característico, ubicado entre los 125° - 130°O, a latitud 11°N. Al igual que en los patrones espaciales 1 y 2, la presencia de valores

de 4 CPUE/grado², en la zona de la boca del Golfo de California también fueron evidentes.

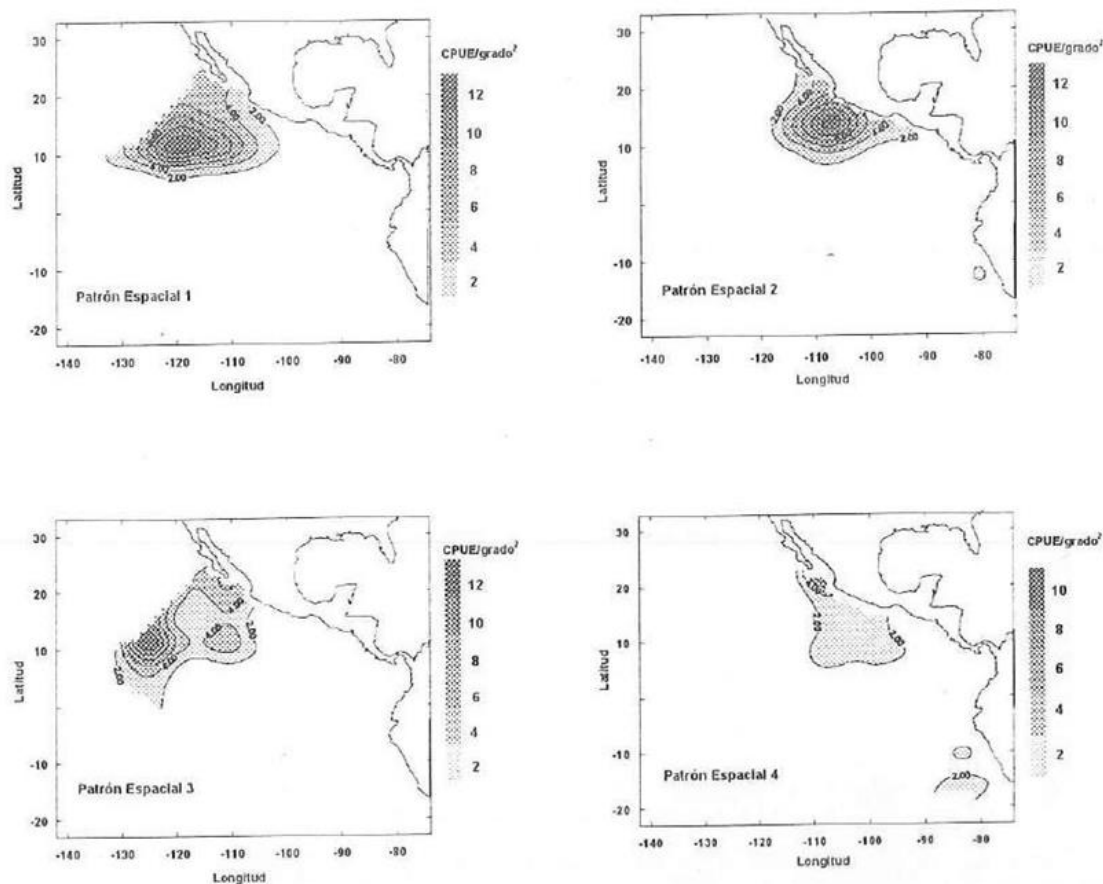


Figura 12a. Representación geográfica de los patrones espaciales (1-4) identificados con base en los MAG's, y mediante el Análisis de Factores, durante 1992-1996.

El patrón espacial 4, se caracterizó por presentar bajos niveles de CPUE, en relación a todos los patrones espaciales identificados, sin embargo fue el que mostró los niveles más elevados de CPUE en la boca del Golfo de California (8 CPUE/grado²). También ahí, fue notoria la presencia de capturas (2 CPUE/grado²) entre los 10°-20°S, y los 80°-90°O, siendo de las capturas más al sur observadas.

Respecto al patrón espacial 5, este fue semejante al patrón 2, con un centro de alto nivel de captura a los 115°O, sin embargo ubicado más al sur (10°N). Al igual que el patrón espacial 4, este presentó zonas de capturas entre los 10°N-20°S, pero con una tendencia hacia el oeste del OPO (100°-110°O).

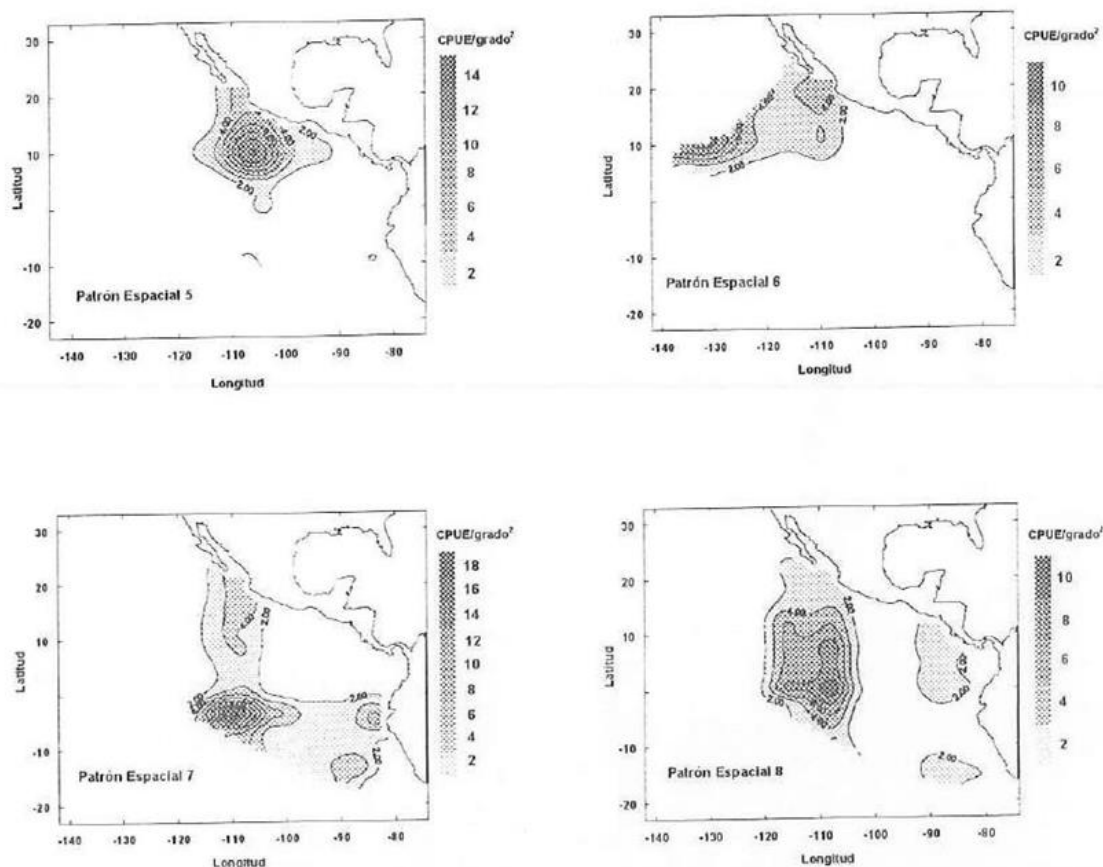


Figura 12b. Representación geográfica de los patrones espaciales (5-8) identificados con base en los MAG's, y mediante el Análisis de Factores, durante 1992-1996.

Se observa básicamente un gradiente latitudinal con respecto al área de cobertura en el patrón espacial 6, así como una amplia zona con valores de 10 CPUE/grado², ubicada entre los 130°-140°O y entre 10°-12°N, con el gradiente de disminución dirigido hacia la costa, sin embargo al igual que en otros patrones, se

presentan nuevamente valores de 4 CPUE/grado² en la boca del Golfo de California. También en este patrón espacial, no se observaron capturas mayores a 2 CPUE/grado² a latitudes a por debajo de lo 0°.

Niveles de hasta 18 CPUE/grado², localizados alrededor de 5°S y 110°O, fueron característicos en el patrón espacial 7, en comparación a los demás patrones espaciales, su distribución fue la más extensa hacia latitudes por debajo de los 0°, después de esta latitud una banda con dirección hacia el norte (entre 105°-115°O), llegando hasta la boca del Golfo de California.

El patrón espacial 8, mostró cierta similitud con el 7 en distribución de CPUE sin embargo, con niveles inferiores. El valor máximo de este patrón espacial (10 CPUE/grado²) se localizó alrededor 0° y 109°O, yendo desde la boca del Golfo de California hasta los 15°S, entre un intervalo de 100°-120°O.

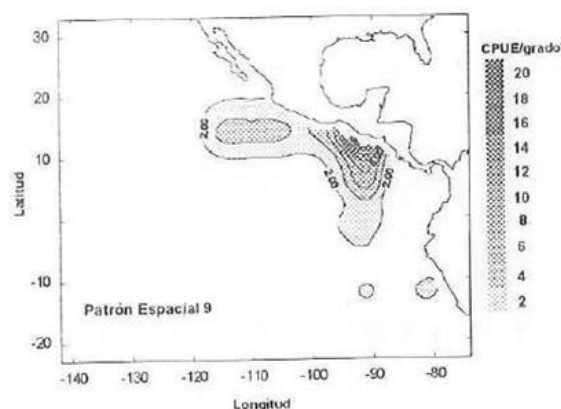


Figura 12c. Representación geográfica de los patrones espaciales (9) identificados con base en los MAG's, y mediante el Análisis de Factores, durante 1992-1996.

El patrón espacial 9, mostró una característica de máxima concentración de CPUE/grado², cercana a la costa de Guatemala llegando hasta el Golfo de

Tehuantepec; a partir de ahí, se presentaron dos gradientes, uno en longitud hacia los 120°O, y el otro en latitud hacia los 10°S.

La variación en la distribución espacial así como en la cobertura de área del CPUE, estuvo bien diferenciada en cada uno de los patrones espaciales identificados, sin embargo el aspecto de la estacionalidad es un factor implícito en el que no se observó claramente una tendencia consistente durante los cinco años (Tabla 4c).

Con base en la importancia de cada patrón espacial así como de acuerdo a la tabla 4c, los tres primeros patrones espaciales son los que contribuyen más a explicar la asociación de los patrones espaciales con las temporadas anuales, debido a la alta frecuencia observada durante el período de estudio.

5.4 Perfiles de Concentración

La obtención de los Perfiles de Concentración de la pesquería consistió principalmente en encontrar la estacionalidad asociada a los patrones espaciales observados, y de esta forma definir estratificaciones espaciales del CPUE basados en dichas asociaciones temporales.

Se distinguen cuatro temporadas intra-anales, con base en la representatividad de cada patrón espacial y con respecto a los meses en que estuvieron presentes, usando como criterio la homogeneidad y frecuencia más consistente durante períodos definidos.

De acuerdo con lo anterior, la temporada I (Noviembre-Febrero), fue la más variable, representada principalmente por lo patrones espaciales 7 y 5, de 1992 a 1995, y por el patrón 2 durante 1996 (Tabla V).

Tabla V. Temporadas seleccionadas con base en la representatividad de cada Factor (patrón espacial) para cada mes-año en particular.

Mes	1992	1993	1994	1995	1996	Temporada
11	5	7	9	5	7	I
12	4	7	7	2	2	
1	5	4	7	8	2	
2	5	2	2	7	2	
3	2	2	2	8	2	II
4	2	2	1	1	2	
5	6	4	3	1	2	III
6	3	3	3	3	1	
7	1	3	6	3	1	
8	1	1	6	1	1	IV
9	1	3	1	2	1	
10	1	4	1	1	1	

La temporada II (Marzo-Abril), estuvo definida principalmente por el patrón espacial 2, aunque se observa la presencia del patrón espacial 1 (Abril, 1994 y 1995) así como el patrón espacial 8, en marzo 1995.

Los meses de mayo-junio-julio, fueron agrupados en la temporada III, la cual estuvo principalmente representada por el patrón espacial 3, sin embargo el patrón 1 siguió en importancia, presentándose durante los meses de julio 1992, mayo 1995 y junio-julio 1996. En menor proporción en esta temporada también se presentó el patrón espacial 2, 4 y 6 (Tabla V).

En la temporada IV (ago-sep-oct), el patrón espacial 1 fue el más dominante, así como también el más consistente durante este período, no obstante de 1993 a 1995, estuvieron presentes los patrones 3 y 4 (septiembre y octubre 1993, respectivamente), al igual que los patrones 6 (agosto 1994) y 2 (septiembre 1995), como se observa en la tabla V.

Los datos calculados mediante MAG's de CPUE/grado², al igual que por patrón espacial, se promediaron por temporada definida, y a partir de esta integración se identificaron los estratos que presentaron una distribución homogénea, para cada una de las temporadas utilizando "modelos de árboles de regresión". Para cada temporada y patrón espacial, se obtuvieron las variables de respuesta consideradas como los valores de densidad expresados en unidades de CPUE/grado², así como el área de cobertura correspondiente a cada densidad, expresada en grados cuadrados.

De acuerdo con las temporadas definidas, así como de la estratificación a través de la aplicación de los modelos de árboles de regresión; se presentan las cuatro imágenes resultantes del análisis (Figura 13).

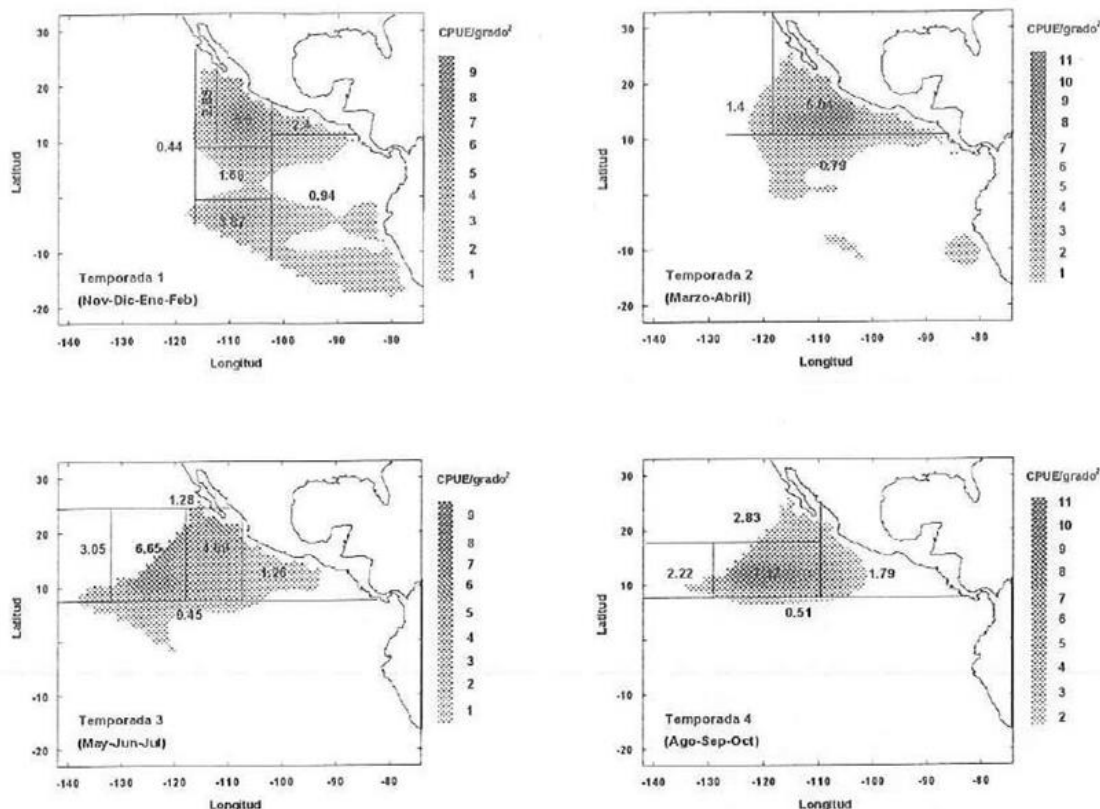


Figura 13. Representación geográfica de las temporadas definidas con base en los patrones espaciales identificados. Se muestran los estratos definidos con su valor esperado de CPUE/grado².

Los estratos espaciales con densidades homogéneas de CPUE/grado², para cada una de las temporadas definidas (Figura 13), mostraron un patrón característico en cuanto a la localización de las zonas de altas densidades, así como la cobertura en área de cada una de éstas. De manera general se pudo observar como las temporadas I y II, presentan altas densidades de CPUE/grado², más cercanas a la costa, en comparación a las temporadas III y IV, donde la zonas de alta densidad se encuentran localizadas mas lejos a la zona costera.

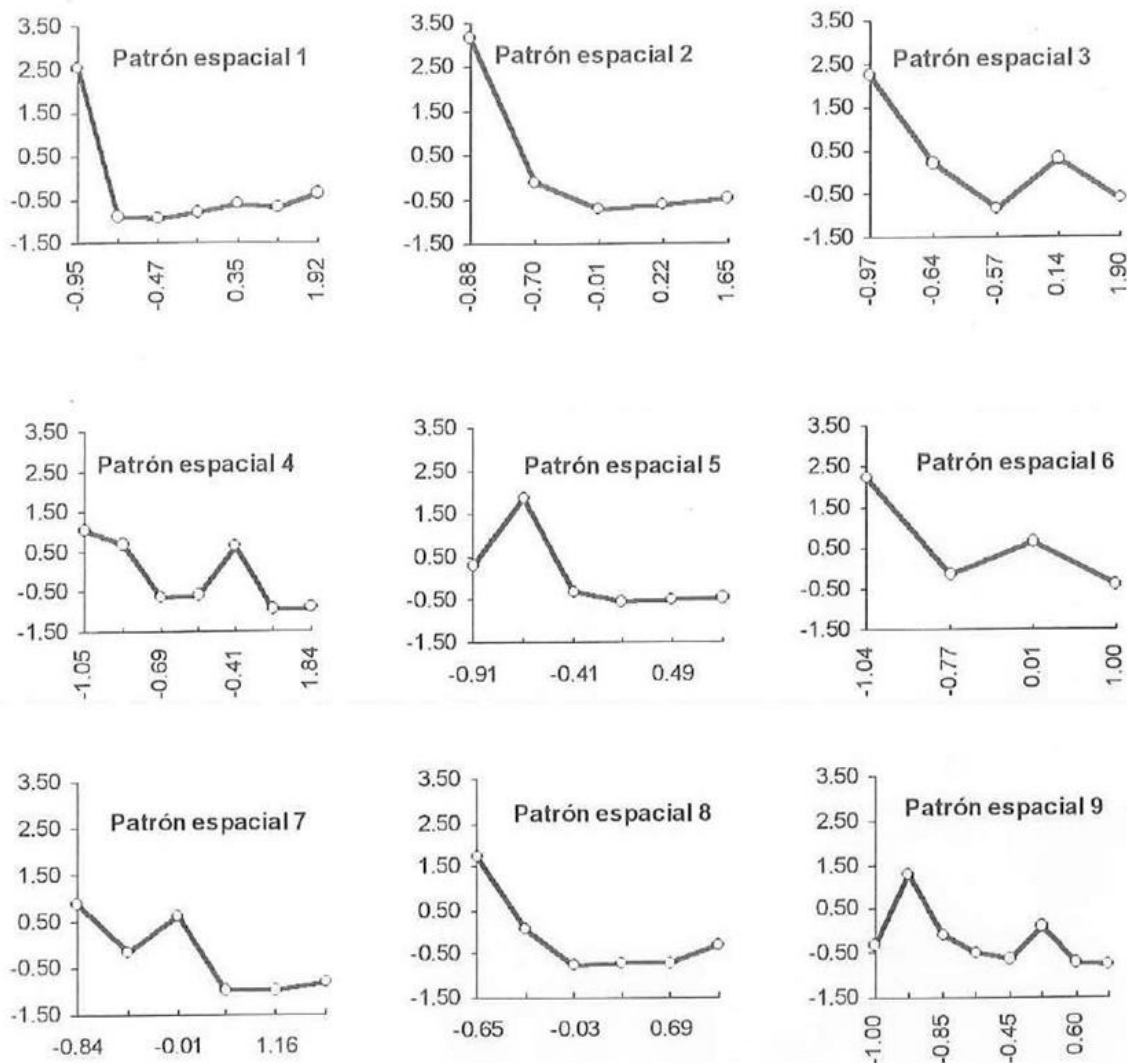


Figura 14. Perfiles de Concentración para cada uno de los Patrones espaciales identificados. En el eje de las abcisas se muestran las ton. cortas/lance/grado² estandarizado (Z), y en el eje de las ordenadas se representa el área de cobertura (grados²) estandarizada.

Con base en las estimaciones de CPUE/grado², realizados mediante los "modelos de árboles de regresión", se obtuvieron perfiles de concentración por patrón espacial, así como un perfil de concentración global, basado en las temporadas (figuras 14 y 15, respectivamente).

Para cada uno de los patrones espaciales (figura 14) los valores de cobertura de área, y densidad fueron estandarizados (Z), para observar las diferencias entre cada uno de los patrones espaciales a una misma escala de variación.

Se observa que los patrones espaciales 1, 2, y 8, se comportan de manera semejante, el valor máximo de cobertura a un valor mínimo de densidad, con una disminución abrupta en el valor de cobertura a medida que se incrementa la densidad. En los tres casos se observa un ligero incremento en el área de cobertura en el valor de densidad máximo.

Los perfiles de concentración para los patrones espaciales 3 y 6, mostraron en su comportamiento una tendencia muy similar a la de los patrones 1, 2, y 8, con un pico notable en área de cobertura a valores de densidad por debajo del máximo.

En el caso particular de los perfiles de concentración 5 y 9, estos se asemejan al comportamiento general encontrado (Figura 15), al analizar los perfiles de concentración con base en las temporadas. El valor máximo de área de cobertura correspondió a una baja densidad. En el caso de perfil 9, se observa un incremento en el área de cobertura a una densidad por debajo del máximo, semejante a lo mostrado en los perfiles 3 y 6.

En los perfiles 4 y 7, se observa una fluctuación entre el valor de cobertura media, a medida que la densidad se incrementó, sin embargo los valores máximos de densidad se presentaron en áreas de cobertura mínimos.

En el perfil de concentración general con base en el total de estratos identificados durante las cuatro temporadas (Figura 15), se observa básicamente, que las mínimas densidades ($<1 \text{ ton/lan/grado}^2$) se presentan en las mayores áreas de

cobertura (>285 grados²) y a medida que la densidad se incrementa el área de cobertura disminuye fluctuando en un intervalo de área entre 19-266 grados².

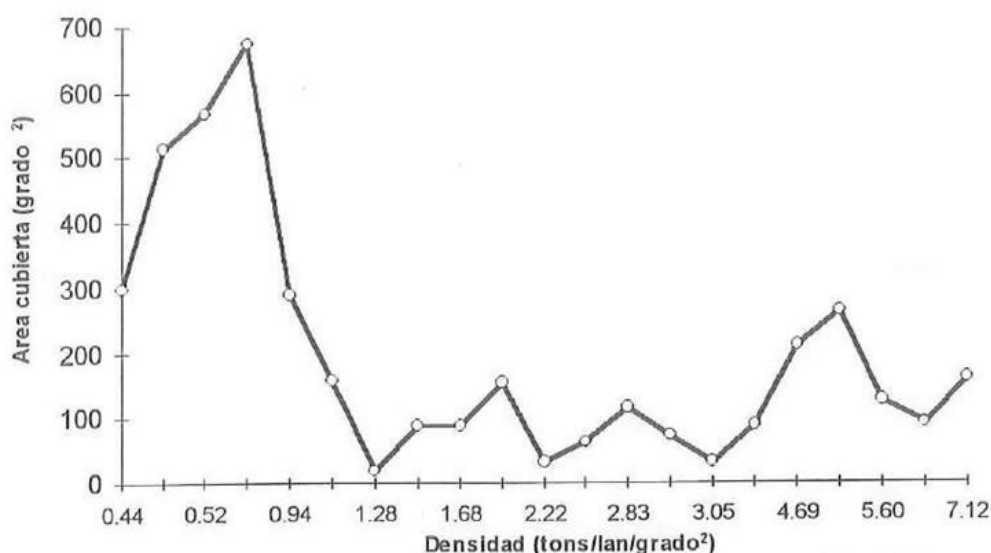


Figura 15. Perfil de Concentración general de la pesquería del aaa en el OPO durante 1992-1996, obtenido a partir de la actividad de la flota atunera mexicana.

El valor máximo de cobertura (>650 grado²) presentó una densidad de 0.7918 CPUE/grado², a partir del cual, el área de cobertura no mostró incrementos hasta ese valor a medida que la densidad fue en aumento (Figura 15).

Los valores medios, mínimos y máximos observados de CPUE para cada estratos definidos por patrón espacial, son comparados contra los valores calculados mediante MAG's, así como con los valores estimados mediante los modelos de árboles de regresión (Tabla 6). No se observaron diferencias importantes entre los valores observados medios con respecto a las estimaciones mediante MAG's y árboles de regresión, sin embargo los valores máximos y mínimos observados muestran la desviación presente en las estimaciones realizadas.

De igual forma se realizaron comparaciones, para cada una de las temporadas definidas, en donde se observan como los valores de CPUE estimados mediante MAG's, son similares a los valores esperados por estrato en las estimaciones mediante árboles de regresión (Tabla 7).

En la mayoría de los casos, los valores mínimos observados de $CPUE/grado^2$, fueron valores de cero, sin embargo los valores máximos observados, proporcionan una visión más clara de la productividad por $grado^2$, en este sentido el patrón espacial donde se presentó la $CPUE/grado^2$ mayor, fue en el patrón espacial 9, con 64 $CPUE/grado^2$, el cual correspondió al segundo estrato de menor cobertura de ese patrón espacial (Tabla 6).

En el caso de la temporada II, se presentó el valor máximo de 31 $CPUE/grado^2$, en un estrato con área 266 $grados^2$, estrato en donde se observa una elevación importante a densidades máximas (Figura 15),.

Con respecto a las comparaciones entre los valores calculados mediante MAG's, y los valores observados de $CPUE/grado^2$, tanto para los patrones espaciales como para las temporadas, se pudo observar (Tabla 6 y 7), que las estimaciones realizadas mediante MAG's los valores máximos en todos los estratos fueron inferiores a los valores máximos observados directamente, ocurriendo lo contrario en los valores mínimos calculados mediante MAG's.

	Area de Estratos (grado ²)	Valores observados (CPUE/grado ²)			Valores MAG's (CPUE/grado ²)			Valores Arboles de Regresión (CPUE/grado ²)
		med	max	min	med	max	min	
Patrón 1	568	0.45	15.33	0.00	0.51	5.52	0.00	0.51
	40	3.32	13.22	0.00	2.72	6.08	0.13	2.72
	108	10.99	36.14	0.00	9.27	13.55	4.80	9.27
	51	5.67	17.80	0.00	6.77	9.96	3.52	6.77
	67	3.81	18.09	0.00	4.48	6.56	2.33	4.47
	25	0.90	3.25	0.00	0.99	2.08	0.47	0.99
	17	1.79	8.75	0.00	1.98	6.16	0.21	1.98
Patrón 2	674	0.69	12.25	0.00	0.71	5.99	0.00	0.71
	148	1.31	13.85	0.00	1.27	6.28	0.00	1.27
	91	8.80	25.23	0.74	8.46	12.92	3.87	8.46
	66	3.99	21.35	0.00	4.09	7.13	0.31	4.09
	50	3.28	13.60	0.00	3.36	5.57	1.13	3.36
Patrón 3	199	1.55	19.25	0.00	1.46	7.54	0.00	1.46
	26	0.16	1.53	0.00	1.66	4.32	0.82	1.66
	68	9.67	31.18	0.00	9.20	13.85	4.75	9.20
	213	3.79	29.03	0.00	3.82	6.58	0.20	3.82
	523	0.48	13.60	0.00	0.46	4.34	0.00	0.46
Patrón 4	328	0.17	10.00	0.00	0.20	1.29	0.00	0.20
	68	1.69	16.52	0.00	1.65	3.02	0.24	1.65
	274	0.41	12.73	0.00	0.43	1.83	0.01	0.43
	267	2.15	20.75	0.00	2.16	3.78	0.70	2.17
	62	1.20	22.20	0.00	1.30	6.32	0.01	1.30
	11	4.46	21.29	0.96	5.02	6.55	3.42	5.02
	19	10.81	38.48	0.00	9.01	12.90	2.65	9.01

Tabla 6. Comparación entre valores observados, calculados mediante MAG's y "árboles de regresión; por patrón y estrato espacial.

	Area de Estratos (grado ²)	Valores observados (CPUE/grado ²)			Valores MAG's (CPUE/grado ²)			Valores Arboles de Regresión (CPUE/grado ²)
		med	max	min	med	max	min	
Patrón 5	462	0.65	30.00	0.00	0.74	6.06	0.00	0.74
	212	0.73	14.39	0.00	0.62	2.54	0.00	0.62
	77	1.88	13.82	0.00	2.28	5.58	0.23	2.28
	88	11.12	30.19	0.00	9.40	14.16	4.13	9.40
	80	4.41	19.07	0.00	4.92	7.99	0.87	4.92
	110	1.81	12.21	0.00	2.17	5.86	0.11	2.17
Patrón 6	98	6.68	21.08	0.00	6.46	11.43	0.70	6.47
	526	0.19	12.50	0.00	0.24	3.24	0.00	0.24
	266	3.60	25.05	0.00	3.45	6.38	0.68	3.45
	139	0.86	11.56	0.00	1.06	2.63	0.12	1.06
Patrón 7	9	3.07	6.32	0.00	4.88	9.43	1.34	4.88
	9	2.17	8.30	0.00	6.94	9.57	4.61	6.94
	36	16.86	60.06	0.00	13.70	19.60	8.01	13.70
	138	2.80	31.32	0.00	2.84	8.33	0.07	2.84
	267	0.56	37.40	0.00	0.60	2.26	0.00	0.60
	265	3.35	22.00	0.00	3.37	5.98	0.26	3.37
	305	0.78	17.71	0.00	0.84	2.52	0.25	0.84
Patrón 8	159	0.26	11.17	0.00	0.27	1.61	0.00	0.27
	38	2.67	14.78	0.00	3.30	5.88	0.74	3.30
	49	5.43	42.44	0.00	4.64	8.84	1.28	4.64
	116	7.68	45.00	0.00	7.59	11.80	4.44	7.59
	52	6.94	27.61	0.00	5.50	7.20	3.20	5.50
	172	2.05	22.00	0.00	2.24	4.67	0.00	2.24
	443	1.32	36.70	0.00	1.43	4.20	0.12	1.43
Patrón 9	369	0.40	45.00	0.00	0.53	2.00	0.00	0.53
	62	1.08	24.93	0.00	2.12	5.15	0.61	2.12
	44	8.17	64.00	0.00	5.46	9.76	1.89	5.47
	147	0.55	13.50	0.00	0.82	2.99	0.00	0.82
	110	0.33	18.50	0.00	0.34	2.37	0.00	0.34
	176	3.71	42.86	0.00	3.51	6.66	1.41	3.51
	83	1.29	14.00	0.00	1.39	2.45	0.00	1.40
	38	11.73	50.21	0.00	11.36	21.80	2.51	11.36

Tabla 6. Continuación. Comparación entre valores observados, calculados mediante MAG's y "árboles de regresión; por patrón y estrato espacial.

	Area de Estratos (grado ²)	Valores observados (CPUE/grado ²)			Valores MAG's (CPUE/grado ²)			Arboles de Regresión (CPUE/grado ²)
		med	max	min	med	max	min	
Temporada 1	299	0.40	12.05	0.00	0.44	3.05	0.00	0.44
	88	3.69	23.10	0.00	3.09	6.94	0.51	3.88
	88	1.83	8.10	0.00	1.82	4.57	0.40	1.68
	74	2.44	9.17	0.00	2.86	5.77	0.23	2.86
	127	5.20	15.06	0.00	5.60	8.10	1.76	5.60
	289	1.23	10.52	0.00	0.94	2.74	0.12	0.94
	64	2.58	9.56	0.00	2.41	3.90	1.01	2.41
Temporada 2	674	0.73	20.60	0.00	0.79	5.11	0.00	0.79
	89	1.15	15.01	0.00	1.40	6.08	0.00	1.40
	266	5.34	31.35	0.00	5.04	10.59	0.05	5.04
Temporada 3	515	0.36	16.43	0.00	0.45	4.10	0.00	0.45
	33	3.10	8.04	0.00	3.05	4.43	2.15	3.05
	92	6.85	27.20	0.00	6.65	11.54	3.62	6.66
	212	4.93	27.33	0.00	4.69	6.83	2.26	4.69
	19	1.18	5.88	0.00	1.28	2.79	0.60	1.28
	158	1.34	17.72	0.00	1.26	4.12	0.07	1.26
Temporada 4	568	0.41	8.67	0.00	0.52	4.50	0.00	0.52
	30	2.78	7.33	0.00	2.22	4.39	0.65	2.22
	161	7.84	29.07	0.00	7.12	10.75	3.26	7.12
	116	2.78	11.63	0.00	2.83	4.70	0.27	2.83
	154	1.45	8.66	0.00	1.79	5.24	0.18	1.79

Tabla 7. Comparación entre valores observados, calculados mediante MAG's, y Arboles de Regresión por temporada y estrato espacial

6. DISCUSIONES

6.1 Unidad de Resolución espacio-temporal

En estudios pesqueros sobre aaa, donde se utilizan escalas de tiempo y espacio, se emplea por convención el analizar trimestralmente los datos como escala temporal comparativa para cada año, de igual forma la información obtenida es agrupada en cuadrantes de 5° (Punsly,1987). Esto supone que bajo esta escala de comparación, las variables se encuentran espacio-temporalmente relacionadas.

En este trabajo se utilizan principalmente las variables de capturas, lances, y captura por lance que indican en tiempo, la variabilidad de la eficacia de la flota pesquera; y en espacio, las zonas de concentración de lances y capturas, así como las áreas de cobertura.

Para definir la escala de resolución óptima en espacio-tiempo y realizar comparaciones intra e interanuales subsecuentes, se emplearon los datos generados por las embarcaciones menores durante 1992, ya que se observó en el análisis exploratorio (Figura 8) que esta clase de embarcaciones presentan una distribución espacial más restringida e incluída dentro de la cobertura espacial realizada por la embarcaciones mayores en la zona de estudio, por lo tanto para establecer la unidad mínima de resolución espacial resultó impráctico el analizar los datos de CPUE/grado² de las embarcaciones mayores dado a su amplia distribución en el OPO, a diferencia de lo observado en las embarcaciones menores.

El grado de resolución espacio-temporal, es un aspecto fundamental en este estudio, debido a que se considera como el criterio base para observar la tendencia general espacial del CPUE, y minimizar las altas variaciones observadas en los

niveles de captura entre lances contiguos. Esto permitió integrar la información a la distancia y tiempo mínimo dentro de los cuales los valores de CPUE se encontraban autocorrelacionados.

La variación diaria del número de lances y volumen de captura (figura 9a) a través de un año, fue el criterio para definir el período mínimo de tiempo en el cual estas variables se encuentran correlacionadas. Se observó la existencia de correlación serial significativa a 31 y 27 días al analizar la variación diaria de los lances y niveles de captura en toneladas cortas respectivamente (figura 9a), sin embargo no se presentó autocorrelación serial significativa en el caso de la variable de captura por lance en el tiempo, esto debido tal vez a la correspondencia existente entre los lances con respecto a los volúmenes de capturas.

La correlación espacial se analizó mediante "variografía"; comúnmente utilizada para modelar el proceso espacial de una variable georeferenciada mediante técnicas de interpolación espacial como el "kriging" (Davis, 1986), y calcular su valor esperado en el espacio.

En este caso el análisis variográfico se toma como indicador de la distancia a la cual las variables se encuentran espacialmente correlacionadas (el "rango"), con base en el cual se seleccionó un área de resolución de 1 grado^2 (Tabla 3). En principio se realizaron pruebas variográficas con los valores de CPUE/ grado^2 de las embarcaciones menores mensualmente, sin embargo estos análisis generaron variogramas erráticos debido a las propiedades espaciales intrínsecas de los datos. Por consiguiente de acuerdo con Simard et.al. (1992), al realizar el análisis

variográfico se aplicaron transformaciones logarítmicas del CPUE/grado², que permitieron modelar el proceso espacial en cada uno de los meses.

En este análisis se asumió que la actividad espacial realizada por la flota de embarcaciones menores durante 1992 fue consistente para los años subsecuentes, por lo tanto los resultados observados en términos de unidad espacio-temporal se aplicaron al período total de estudio, para de esta forma realizar comparaciones interanuales.

De este modo la información de capturas y lances totales fue integrada por mes (60 columnas, por categoría de embarcación) y por cuadrantes de 1x1 de grado (1029 filas).

6.2 Los lances como medida de esfuerzo para el análisis espacial de la pesquería de aaa en el OPO.

En la administración de la pesca del aaa en el OPO se emplean básicamente datos de captura y esfuerzo para estimar la abundancia relativa de este recurso al utilizar modelos de producción (Allen y Punsly, 1984). Sin embargo, la contribución de distintos factores a la variabilidad de los niveles de captura, atribuibles a diferencias en la eficacia de la flota pesquera, ha generado la necesidad de estandarizar el esfuerzo de pesca.

La definición del esfuerzo de pesca es comúnmente el aspecto más difícil de elegir en un índice de abundancia basado en tasas de captura (Punsly, 1987). La medida de esfuerzo empleada por la Comisión Inter-Americana del Atún Tropical para la administración de aaa en la actualidad, son las horas de búsqueda, debido a la

posibilidad de tener información más detallada sobre las actividades pesqueras, así como el aumento en la capacidad de computación de información.

La idea principal, basados en trabajos realizados por la CIAT (Anónimo, 1997), es estandarizar el esfuerzo de pesca a partir de modelos lineales generalizados (MLG's), donde se relacionan el efecto de covariables y sus interacciones, suponiendo que el índice transformado de captura se distribuye normalmente y que el esfuerzo se distribuye uniformemente en el espacio.

En este trabajo se utiliza como unidad de esfuerzo, el número de lances, ya que se observó en el análisis exploratorio que el esfuerzo se distribuye en forma heterogénea en el espacio, sugiriendo densodependencia y/o estratificación de los lances. En este sentido es factible suponer que las concentraciones en número de lances por unidad de área que se presentan, sean en zonas de alta densidad de organismos, y que la variabilidad en los niveles de captura por lance están fundamentalmente en función de la temporada del año, las zonas de pesca, y el tipo de embarcación (Hilborn y Walters, 1992).

Una característica importante de los lances, es la de encontrarse georeferenciados, lo que permitió analizar en forma más precisa la dinámica espacial de la pesquería del aaa en el OPO. Aunado a lo anterior, el efecto de la estacionalidad, contribuyó a identificar como la pesquería va cambiando espacio-temporalmente, a diferencia de análisis donde se estandarizan los efectos espaciales y temporales relacionados a la variabilidad en los niveles de captura.

Efectos de variables como el tipo asociación de lances, ayuda aérea entre otros, no se evaluaron de manera específica en el presente trabajo, ya que como se

mencionó anteriormente los niveles de CPUE se consideran básicamente dependientes de las zonas de altas densidades de peces a un tiempo y espacio definido. Este problema es mencionado en Allen y Punsly (1984), quienes consideraron que el esfuerzo es independiente de la densidad de organismos, sin embargo analizaron la contribución de las variables asociadas, como una suma de efectos (MLG), para de esta forma llegar a estimaciones de abundancia relativa.

Por otra parte el tipo asociación de los lances, se ha visto que se encuentran relacionados con los niveles y calidad de las capturas (Méndez, 1995), así como con la estratificación espacial. Al respecto este comportamiento es abordado de manera indirecta en el presente trabajo, a partir del análisis de la dependencia espacial del número de lances y niveles de captura.

6.3 Comparación del CPUE entre categorías de embarcaciones.

En la información integrada espacio-temporalmente, se observa de manera independiente la distribución y cambios estacionales en las capturas y lances efectuados por cada tipo de embarcación. Como se mencionó previamente, ambos tipos de embarcaciones mostraron una distribución agregada de sus lances en el OPO. Sin embargo en las embarcaciones menores, se observa una clara distribución cercana a la costa, así como un área de cobertura menor e incluida dentro del radio de acción de las embarcaciones mayores, las cuales presentan una distribución oceánica, y más amplia en el OPO. Debido a que las embarcaciones mayores realizan un mayor número de lances y capturas, se transformó la captura por lance (CPUE)

grado cuadrado mes de embarcaciones menores a valores de CPUE de embarcaciones mayores.

El supuesto principal fue que el esfuerzo se encuentra concentrado en zonas de alta densidad de organismos, por consiguiente el CPUE de cada tipo de embarcación presenta una relación directamente proporcional, bajo las mismas condiciones temporales. Con base en el planteamiento previo, se seleccionaron zonas donde confluyeron ambos tipos de embarcaciones en el mismo espacio-tiempo, y se comparó la captura por lance, por medio de un "análisis de regresión robusta", cuyos coeficientes resultantes fueron empleados para transformar los valores de CPUE de embarcaciones menores (Figura 3).

Análisis similares se han realizado al estudiar la pesquería del aaa en el OPO, tal es el caso del trabajo de Broadhead (1962), quien comparó CPUE's (Captura por día de pesca) de los barcos rederos y barcos de carnada, empleando análisis de regresión lineal y exponenciales, bajo condiciones espaciales (5º) y temporales (mes) iguales en el OPO, encontrando mejores ajustes con regresiones exponenciales, sin embargo con regresiones lineales significativas.

En relación al análisis de Broadhead (1962), en este trabajo se realizó una comparación similar, no obstante las condiciones espaciales y temporales estuvieron definidas de acuerdo a la unidad mínima de resolución espacial, asumiéndose que en las zonas y meses donde coinciden ambas categorías de embarcaciones existe una relación directa determinada por la presencia de zonas de altas densidades de peces.

En comparación a un análisis de regresión lineal, la modalidad robusta (mínimos cuadrados podados), permitió evaluar la relación entre los niveles de CPUE

de cada categoría de embarcación, identificándose los valores extremos que aportaron efectos adicionales al análisis.

6.4 Modelación de la distribución espacial del CPUE

Una de las características de los datos utilizados es que pudieron ser considerados como variables regionalizadas (Matheron, 1963) debido a que presentaron propiedades aleatorias (CPUE), y determinísticas (localización geográfica). Por lo tanto fue viable realizar un análisis geoestadístico para detectar la dependencia espacio-temporal de la abundancia del recurso aaa, y por consiguiente hacer inferencias al respecto.

En general el proceso espacial $S(x)$ de este tipo de datos puede ser representado dentro de dos componentes importantes de variación; como ya se mencionó un componente determinístico de gran-escala $\mu(x)$, y un componente estocástico de pequeña escala $\epsilon(x)$ (Sullivan, 1991):

$$S(x) = \mu(x) + \epsilon(x) \quad (16)$$

La variación a gran-escala, compuesta por inter-puntos o inter-regiones, representa los gradientes o tendencias globales, que son los rasgos o propiedades definidos en el presente trabajo. La variación a pequeña-escala fue considerada como un término de error dentro de una región variable, inherente en el sitio (Haining, 1993).

En este estudio se eligió utilizar Modelos Lineales Generalizados (MAG's) para estimar el valor de la variable de interés (CPUE) en una localidad específica, en lugar de la técnica conocida como "Kriging" (Davis, 1986), en donde la autocorrelación

espacial es una función de la distancia entre los puntos muestreados, esta función es denominada semivariograma (variograma), y supone que los datos no son dependientes de la localización, si no únicamente de la distancia entre estos, también que su variación es independiente de la dirección (propiedades denominadas como "estacionalidad" e "isotropía" respectivamente; Simard *et.al.*, 1992). Por lo tanto, para aplicar "Kriging" es necesario asumir o cumplir con las especificaciones planteadas anteriormente aplicando algún tipo de transformación a los datos.

En contraste los MAG's son una generalización no-paramétrica de la regresión línea múltiple donde se asume que la variable de interés se encuentra distribuida acorde a un proceso "Poisson" no-homogéneo con la intensidad siendo una función de la localización espacial, por lo tanto se optó por aplicar MAG's, para modelar la distribución espacial del CPUE mensualmente.

Un aspecto importante considerado antes de aplicar los MAG's, fue el efecto de aquellos cuadrantes donde se realizaron lances sin capturas, con respecto a los cuadrantes en donde no se realizaron lances. En este caso el problema principal hubiese sido la subestimación de todos aquellos cuadrantes donde hubo esfuerzo sin captura. Para establecer diferencias se optó por asignar un valor mínimo a los lances sin capturas (50% CPUE mínimo observado durante los cinco años), con el objeto de no afectar la variación a gran-escala $\mu(x)$ observada, pero que estableciera diferencias entre las zonas sin esfuerzo con respecto a aquellas con esfuerzo sin captura.

Por otra parte como se observó en la figura 8, existe una zona donde la distribución espacial del esfuerzo es continua, así como cuadrantes espacialmente

extremos. Aquí el problema observado fue el de una sobre estimación de niveles de CPUE/grado², en amplias extensiones del OPO, en donde durante los cinco años no se realizó esfuerzo, de igual forma estos cuadrantes espacialmente extremos fueron discontinuos en el tiempo a diferencia de las zonas de continuidad espacio-temporal.

De acuerdo a lo anterior para evitar efectos de sobrestimación espacial se extrajeron los cuadrantes espacialmente extremos que aportaban discontinuidad espacial, pero considerando también que no se afectase la variabilidad espacio-temporal global. La información extraída para modelar la distribución espacio-temporal (MAG's) representó 2.46% del número total de cuadrantes (1055 grados²) en donde se efectuaron lances durante los cinco años de estudio, así como el 0.22% de la suma total de CPUE/grado² observado en dicho período de estudio. Al respecto en la figura 16, se muestran los cuadrantes-área de la zona de estudio, utilizados para modelar la variabilidad espacial, mensualmente.

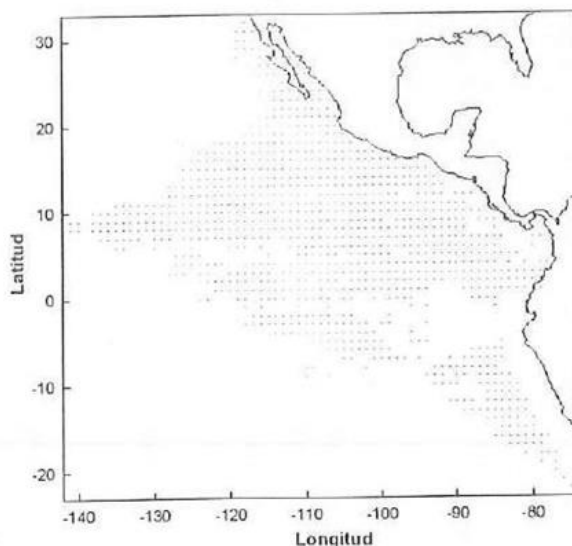


Figura 16. Cuadrantes y área de cobertura total utilizada en el análisis mensual de la distribución del CPUE, mediante MAG's.

Con base en los valores totales de CPUE agrupados por mes y por grado cuadrado se aplicaron MAG's mensuales obteniéndose los valores calculados de $CPUE/grado^2$, resultando en 60 imágenes correspondientes a cada uno de los meses analizados (1992-1996), la "fracción de suavizamiento" utilizada fue seleccionada a un valor de 0.2, la cual correspondió al valor mínimo de la suma de cuadrados de los residuales. Cabe señalar que una "fracción de suavizamiento" igual a 1.0 es equivalente a una regresión lineal simple.

6.5 Factores relacionados con la variabilidad temporal de la distribución espacial de la pesquería de aaa en el OPO.

Como se mencionó anteriormente se identificaron 9 patrones espaciales que contribuyeron con más del 80% de la variabilidad espacial total (figuras 12a, 12b y 12c), la representatividad de cada uno de los patrones espaciales va disminuyendo a partir del patrón uno hasta a el patrón nueve (Tabla 4c), de esta forma el patrón 1 es el más común e importante en cuanto a la variabilidad espacial dentro de los 60 meses y el patrón espacial 9 el menos frecuente y significativo.

Los patrones espaciales fueron asociados a distintas épocas del año (Tabla 5), bajo el criterio de consistencia y frecuencia dentro de cada temporada definida. En comparación a los resultados antes mencionados, Punsly (1987) explora los efectos de las temporadas y áreas sobre las tasas de captura, por medio de sobreposición de datos de tipo de lance, temperatura superficial del mar, velocidad y dirección del viento, así como las tasas de capturas durante diferentes años (1970 a 1985) del total de barcos cerqueros en el OPO. Las temporadas-área que resultaron ser las más

uniformes en cuanto a las tasas de captura, tipo de lance y temperatura superficial del mar se muestran en la figura 17.

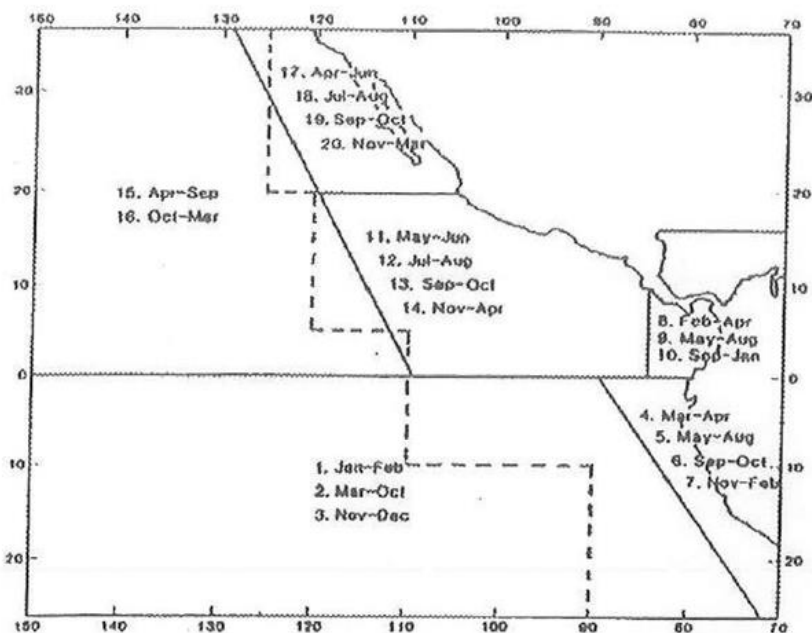


Figura 17. Estratos área-tiempo usados para estandarizar las tasas de captura y realizar estimaciones de la abundancia basadas en tiempo de búsqueda. (Punsly, 1987). (---) Estratos, (----) ARCAA (Area Reglamentaria de la Comisión para el Aleta Amarilla).

Como se observa en la figura 17, se identificaron 6 estratos, relacionados con 20 periodos de tiempo. Por debajo de los 0° de latitud se muestra un estrato básicamente costero y otro oceánico; lo cual comparado con la temporada 2 (< 0° latitud), guardó cierta semejanza ya que se presentó de igual forma actividad costera por debajo de los 0°, en el mismo periodo de marzo-abril, no obstante Punsly (1987), agrega otros periodos de tiempo en esa misma zona, lo cual puede ser debido a que trabajaron con el total de embarcaciones cerqueras, a diferencia de este trabajo donde se trabaja con la flota mexicana únicamente.

La sección sur ($< 0^\circ$ latitud) de la temporada 1 (Figura 13), es semejante en tiempo, al estrato oceánico ($< 0^\circ$ latitud) mostrado en la figura 17, no obstante ahí también se incluyeron los meses de marzo-octubre; meses que se encuentran dentro de la temporada 3 y 4 (Figura 13), donde en la temporada tres no se presentó actividad importante por debajo de la latitud de 0° .

Los estratos espacio-temporales arriba de los 0° de latitud (Figura 17), no mostraron una correspondencia clara a lo observado para las temporadas definidas, esto debido posiblemente a la alta variabilidad presente en esa zonas, la técnica de análisis, la medida de esfuerzo empleada, el empleo de datos del total de barcos cerqueros; definiéndose un mayor número de estratos en relación a los definidos por Punsly (1987).

Por otra parte las zonas de altos niveles de CPUE/grado², como se observa en la figura 13, mostró en las temporadas 1 y 2 valores más elevados y por lo tanto mayor actividad al Sur del OPO ($< 8^\circ$ de latitud), en comparación con las temporadas 3 y 4.

Los estratos con altos niveles de CPUE/grado² ($> 8^\circ$), se localizaron más cercanos a la costa en las temporadas 1 y 2, a diferencia de las temporadas 3 y 4 donde los estratos de altas concentraciones se localizaron alejados de la costa.

En las cuatro temporadas, los mayores niveles de capturas se ubicaron a lo largo de los 8° y 15° de latitud Norte. Cabe señalar que las distribuciones espaciales de los niveles de capturas se encuentran influenciadas por factores socioeconómicos propios de la pesquería, como es el caso del efecto del embargo atunero aplicado a la flota atunera mexicana a partir de 1993 (Joseph, 1994) lo cual repercutió en los

niveles de captura a partir de 1993; de igual forma se ha mencionado que la ubicación de los puertos es un elemento que influye los patrones de distribución espacial (Méndez, 1995).

Aunque se ha mencionado la influencia de patrones socioeconómicos que contribuyen a la dinámica espacial de la pesquería del aaa en el OPO, el elemento clave quizá sean las características oceanográficas, y su variabilidad en el tiempo, al respecto se observó como en todas las temporadas y en los patrones espaciales de mayor frecuencia (1-3), los estratos de mayores capturas fueron consistentes (Figura 13) en su ubicación (10° - 15° de latitud norte), incluso con lo observado en la figura 2.

Como se mencionó previamente, el efecto de la dinámica física es fundamental en la productividad a lo largo de los 10° de latitud, debido al sistema de surgencias producidas por divergencias de aguas de superficie entre la CCNE y la CNE a los 10° N (Fiedler et.al., 1991), sin embargo aún con la presencia del fenómeno OSEN de baja intensidad durante 1992, no se detectaron diferencias significativas en la distribución de las capturas, según los resultados del Análisis de Factores realizado.

6.6 Perfiles de Concentración y su relación con la abundancia relativa del recurso.

Como se mencionó en la sección introductoria, los "perfiles de concentración", consisten en una comparación gráfica de la densidad (abcisas) contra su valor en área de cobertura (ordenadas) (Clark, 1985; Hilborn and Walters, 1992), lo cual se encuentra asociado a la relación que guarda el CPUE con la abundancia del recurso.

El patrón de variación observado en el perfil de concentración general (Figura 15) no pertenece exactamente a alguna de las clases propuestas (Clark, 1985; Hilborn y Walters, 1992), sin embargo, presenta un nivel de densidad que es la más común ($0.7918 \text{ CPUE/grado}^2$) con valores altos y bajos de densidad, que son menos abundantes, por lo cual podría asociarse al perfil tipo III (Figura 3), y comparable al perfil espacial observado para la pesquería de barrilete (*Katsuwonus pelamis*) descrita por Hilborn y Walters (1992), con el extremo derecho más largo (Figura 18).

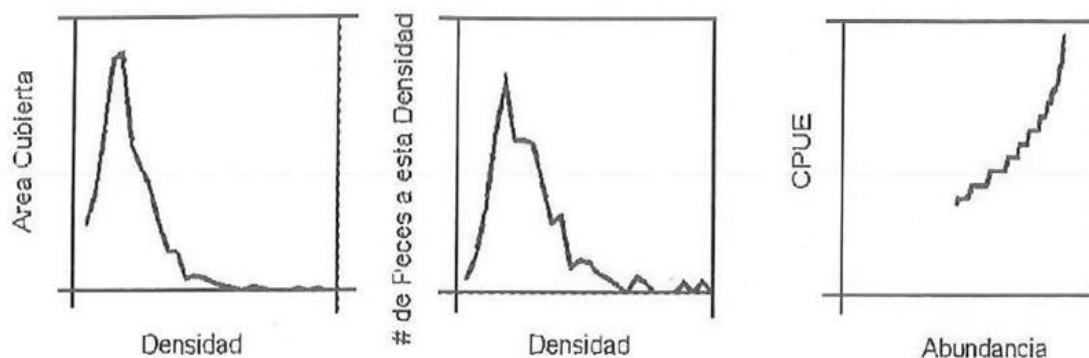


Figura 18. Perfil de Concentración de la pesquería de barrilete en Océano Pacífico Oriental (Hilborn y Walters, 1992).

Los "perfiles de concentración" describen la distribución de los organismos en un espacio-tiempo particular, no obstante generalmente se obtienen para un año en particular (Hilborn y Walters, 1992), suponiendo no reclutamiento o difusión. No obstante, es posible que la difusión de la población, quizás actúe rápidamente dentro de una estación de pesca, para reestablecer los perfiles de concentración. En este caso particular y bajo las condiciones propuestas en este trabajo, se encuentra básicamente la presencia de extensas áreas de cobertura donde los niveles de CPUE

son relativamente los más bajos, en comparación con altos niveles de CPUE en áreas mas reducidas. En este sentido la resultante entre la relación CPUE-tamaño de Estrato, parecen indicar un alta eficiencia de la pesquería en términos de selección de áreas y con altos volúmenes de captura.

El comportamiento difusivo en las poblaciones de aaa (redistribución intranual en el espacio) contribuye de manera importante en el proceso espacial, ya que condiciona en forma directa la dinámica pesquera, lo que se pudo constatar debido a la diversidad en patrones espaciales para diferentes épocas del año, así como la predominancia notoria de algunos tipos de patrones espaciales, siendo el de mayor importancia por su representatividad a través de los 60 meses, el patrón 1, y el de menor importancia el patrón 9 (Figura 11).

De acuerdo con Clark (1985), los Perfiles de Concentración de cada uno de los patrones espaciales, indicaron como el proceso de pesca desde el aspecto espacio-tiempo, puede sufrir modificaciones, que repercuten en la relación CPUE-abundancia del recurso.

En este sentido los perfiles de concentración de los patrones espaciales de mayor importancia (1,2,3) sugieren hiperagotamiento, mostrando semejanza al perfil de concentración tipo I (Figura 3). En el caso de los perfiles de concentración 4, 7 y 9, las implicaciones con respecto a la relación abundancia-CPUE, son similares al perfil de concentración observado por Hilborn y Walters (1992) para la pesquería de anchoveta en el Pacífico, lo cual lo relacionan a un comportamiento de hiperestabilidad, donde el CPUE se mantiene a niveles altos, sin embargo la abundancia del recurso disminuye a un ritmo mayor.

7. CONCLUSIONES

1. Para estudios subsecuentes sobre la variabilidad espacial del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental; se propone como la unidad mínima óptima de resolución espacio-temporal, el integrar la información mensualmente en cuadrantes de 1 x 1 grados.

2. Las capturas obtenidas por ambas categorías de embarcaciones mostraron una correlación espacio-temporal directamente proporcional entre valores de CPUE/grado², de acuerdo con el *Análisis de Regresión Robusta*.

3. Se identificaron nueve patrones de distribución espacial de la pesquería de atún aleta amarilla realizada por la flota mexicana durante enero de 1992 a diciembre de 1996, que contribuyeron con más del 80% de la variabilidad observada.

4. Con base en la representación temporal de los patrones espaciales identificados, se detectaron 4 temporadas con patrones de distribución espacial consistentes anualmente: Temporada 1 (Noviembre, diciembre, enero y febrero); Temporada 2 (Marzo, abril); Temporada 3 (Mayo, junio, julio); y la Temporada 4 (Agosto, septiembre, octubre).

5. Los estratos espaciales identificados con mayor concentración en valores de CPUE/grado², se ubicaron principalmente entre los 8-10°N de latitud.

6. El perfil de concentración general, así como los perfiles de concentración de los patrones espaciales de mayor importancia (1,2,3) sugieren una relación de Hiperagotamiento entre la abundancia y el CPUE, de acuerdo con lo planteado por Hilborn y Walters (1992).

7. La variabilidad entre los perfiles de concentración por patrón espacial, indicaron que la relación entre el CPUE y la abundancia sufre cambios temporales notables.

8. REFERENCIAS

- Allen R. y R. Punsly. 1984. Proporciones de Captura como índices de abundancia del atún aleta amarilla *Thunnus albacares*, en el Océano Pacífico Oriental. Boletín CIAT. 18(4): 303-379.
- Anónimo, 1989. ANNUAL REPORT 1991. Of the Inter-American Tropical Tuna Commission, La Jolla CA. USA.
- Anónimo, 1997. ANNUAL REPORT 1995. Of the Inter-American Tropical Tuna Commission, La Jolla CA. USA.
- Arreguín-Sánchez, F. 1994. Variabilidad en Poblaciones Explotadas: Análisis de Pesquerías, p.75-86 In: A. Yañez-Arancibia (Ed). Recursos Faunísticos de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Campeche, México 136 pp.
- Au, W.D. 1991. Polyespecific Nature of Tuna Schools: Sharks, dolphins and seabirds associates. Fish. Bull. 89(3):343-354.
- Au, W.D., and R.L. Perryman. 1985. Dolphin Habitats in the Eastern Tropical Pacific Fish. Bull. 83(4):623-643.
- Breiman L., J.H. Friedman, R.A. Olshen, y C.J. Stone. 1984. Classification and Regression Trees. Wadsworth International Group, Belmont CA. Chambers, J.M., and Hastie, T.J. (1991). Statistical Models in S, pg. 414.
- Broadhead, C.G. 1962. Recent changes in the efficiency of vessels fishing for yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna. Comm., Bull. 6(7): 283-332.
- Butterworth, D.S. 1980. The value of catch-statistics-based management techniques for heavily fished pelagic stocks with special reference to the recent decline of

- the southwest. African pilchard stock. In Applied operations research in fishing. Nato conference series 11:10 Edited by K.B. Haley. Plenum Press, New York. pp 441-464.
- Caddy, J.F. y G.D. Sharp. 1986. An ecological framework for marine fishery investigations. FAO Fish. Tech. Pap. 283:152p.
- Campbell, H. F., G. Meyer, y R. B. Nichol. 1993. Search behavior in the purse seine tuna fishery. Nat. Res. Model. 7(1):15-35.
- Cane M.A. 1983. Oceanographic events during El Niño. Science 222:1189-1194.
- Chon Tae-Soo, S. Y. Park, H. K. Moon, y Y. E. Cha. 1996. Patternizing communities by using an artificial neural network. Ecol. Modelling. 90:69-78.
- Clark, C.W. 1985. *Bioeconomic Modelling and Fisheries Management*. Wiley, New York. 291 pp.
- Cliff, A.D. y J.K. Ord. 1981. Spatial Processes: Models and Applications, Pion Limited, London.
- Cole, J.S. 1980. Synopsis of biological data on the yellowfin tuna, *Tunnus albacares* (Bonaterre, 1978) in the Pacific Ocean in Bayliff W.H. 1980. Synopsis of Biological data on eight species of scombrids. CIAT. Special Report 2.
- Collete, B.B., y C.E. Nauen. 1983. Scombrids of the world. Annotated and illustreted catalogue of tunas, macarels, bonitos, and related species known to date. FAO. Fisheries Synopsis. 2(125): 80-92.
- Collie, J. S., y C. J. Walters. 1991. Adaptive management of spatially replicated groundfish populations. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48(7): 1273-1284.

- Conan, G.Y. 1985. Assesment of shellfish stocks by geostatistical techniques. ICES C.M. 1985/K:30: 19p.
- Conan, G.Y., y E. Wade. 1989. Geostatistical analysis, mapping and global estimation of harvestable resources in a fishery of northern shrimp (*Pandalus borealis*). ICES C.M. 1989/D:1: 11p.
- Cressie, N. 1986. Kriging non-stationary data. J. Am. Stat. Soc. 81:625-634.
- Cressie, N., y D.M. Hawkins. 1980. Robust estimation of the variogram, I.J.Int. Assoc. Math. Geol. 12:115-125.
- Cushing, D.H. 1975. Marine Ecology and Fisheries. Cambridge University Press U.K.
- Davis J. C. 1986. Satatistics and data analysis in geology. 2nd Ed. Jhon Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 646 pp.
- Ehrhardt, M.N. 1981. *Métodos de análisis de las estadísticas de captura y esfuerzo de pesca y su aplicación en modelos globales en pesquerías*. Curso de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones. La paz B.C.S. México. 48 pp.
- Enfield D.B. 1989. El Niño, past and present. Reviews of Geophysics. 27:159-187.
- Feldman, G. C. 1986. Variability of the productive habitat in the Eastern Ecuatorial Pacific. The Oceanography Report EOS. 67(9):106-108.
- Fiedler, C. P., V. Philbrick, y F.P. Chavez. 1991. Oceanographic upwelling and Productivity in the Eastern Tropical Pacific. Limnol.Oceanogr. 36(8):1834-1850.
- Fiedler, C. P. 1992. Seasonal clomatologies and variability of the Eastern Topical Pacific surface waters. NOAA. Technical Report NMFS 109. V.S. Department of Commerce 65 pp.

- Fiedler, C. P., F.P. Chavez, D.W. Behringer y B.S. Reilly. 1992. Physical and biological effects of Los Niños in the Eastern Tropical Pacific. Deep-Sea Res. 39(2):199-219.
- Fiedler, C. P., y B.S. Reilly. 1994. Interannual variability of dolphin habitats in the Eastern Tropical Pacific II. Effects on abundances estimated from tuna vessels sightings 1975-1990. Fish. Bull. 92(2):451-463.
- Freire, J., E. González-Gurrirán, y I. Olaso. 1992. Spatial distribution of *Munida intermedia* and *M. sarsi*(Crustacea: Anomura) on the Galacian continental shelf (NW Spain): application of geostatistical analysis. Estuarine Coastal Shelf Sci. 35:637-348.
- Graham N.E. y W.B. White. 1988. The El Niño cycle: a natural oscillator of the Pacific ocean-atmosphere system. Science 240:1293-1302.
- Guillard, J., D. Gerdeaux, y J. M. Chautru. 1990. The use Geostatistics for abundance estimation by echointegration in lakes: the example of Lake Annecy. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer 189:410-414.
- Gills, D. M., R. M. Peterman, y A. V. Tyler. 1993. Movement dynamics in a fishery: application of the ideal free distribution to spatial allocation of effort. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50(2): 323-333.
- González-Gurrirán, E., J. Freire, y L. Fernández. 1993. Geostatistical analysis of spatial distribution of *Liocarcinus depurator*, *Macropipus tuberculatus* and *Polybius hendlowii* (Crustacea: Brachyura) over the Glacian continental Shelf (NW Spain). Mar. Biol. 115:453-461.

- Gulland, J.A. 1988. *Fish Population Dynamics. The implications for Management*. Wiley, New York. 422 pp.
- Hawkins, D.M., y N. Cressie. 1984. Robust kriging - a proposal. *J. Int. Assoc. Math. Geol.* 16:3-18.
- Hall, M. 1992. Atunes y Delfines en el Océano Pacífico Oriental: Situación actual y perspectivas de pesca e investigación. CIAT, La Jolla CA. USA.
- Hall, M. P. Arenas y F. Miller. 1992. Association of tunas with floating objects and dolphins in the Pacific Ocean I. Environment and Fishing areas. CIAT, La Jolla CA. USA.
- Hall, M. y C. Lennert. 1992. The association of tunas with floating objects and dolphins in the Eastern Pacific Ocean. A proposed migratory circuit for yellowfin tuna in the EPO. CIAT. La Jolla CA. USA.
- Haining, R. 1993. *Spatial Data Analysis in the Social and Environmental Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Hastie, T., y R. Tibshirani. 1986. Generalized additive models. *Stat. Sci.* 1: 297-318.
- Higgins, B.E. 1967. The distribution of juveniles of four species of tunas in the Pacific Ocean. *Proc. Indo-Pac. Fish Count.*, 12(2):79-99.
- Hilborn, R. y J.C. Walters. 1987. A general Model for simulation of stock and fleet dynamics in spatially heterogeneous fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44:1366-1369.
- Hilborn, R. y Walters, J.C. 1992. *Quantitative Fisheries Populations Assessment*. Chapman and Hall, London. 570 pp.

- Joseph, J. 1994. The Tuna-Dolphin controversy in the Eastern Pacific Ocean: Biological, Economic and Political Impacts. *Ocean Development and International Law* (25):1, 1-30.
- Klawe, W.L. 1963. Observations on spawning of four species of tuna (*Neothunnus macropterus*, *Katsuwonus pelamis*, *Auxis thazard*, and *Euthynnus lineatus*) in the Eastern Pacific Ocean, based on the distribution of their larvae and juveniles. *Bull. IATTC*, 6(9):447-540.
- Knudsen, P.F. 1977. Spawning of Yellowfin tuna and the discrimination of subpopulations. *Bull. IATTC*, 17(2):117-69.
- Leavastu, T., y H. Rosa. 1963. Distribution and relative abundance of tunas in relation to their environment. *FAO Fisheries Report*. 6:1835-1851.
- Manly, F.J. 1994. *Multivariate Statistical Methods. A primer*. Chapman and Hall, London. 215 pp.
- Maravelias C.D., Reid G.D., Simmonds E.J., y Haralabous J. 1996. Spatial analysis and mapping of acoustic survey data in the presence of high local variability: Geostatistical application to North Sea herring (*Clupea harengus*). *Can. J. Fish. Sci.* 53: 1497-1505.
- Matsumoto, W.M. 1958. Description and distribution larvae of four species of tuna in central Pacific waters. *Fish. Bull. U.S. Fish. Wild. Serv.*, 58(128):31-72.
- Matheron, G. 1963. Principles of Geostatistics. *Econ. Geol.* 58:1246-1266.
- Méndez, G. I. 1995. Análisis exploratorio de la pesquería del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Océano Pacífico Oriental (1992). Tesis de Maestría Universidad Autónoma de Baja California. México. 74 pp.

- Orange, C.J., M.B. Scheafer, y F.M. Larmie. 1957. Schooling habits of Yellowfin tuna (*Neothunus macropterus*) Skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in the Eastern Pacific Ocean as indicated by purse seine catch records, 1946-1955. Bull. IATTC, 2(3):83-126.
- Ortega-García, S. y V. M. Gómez-Muñoz. 1992. Standarization of fishing effort using principal components analysis of vessel characteristics: the mexican tuna purse-seiners. Sci. Mar. 56 (1): 17-20.
- Pelletier, D., y A.M. Parma. 1994. Spatial distribution de Pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*): an application of geostatistics to longline survey data. Can.J. Fish. Aquat. Sci. 51(7): 1506-1518.
- Perés, A., M. López y E.G. Pavia. 1997. Oceanografía Física de Océano Pacífico Nororiental; en: M.F. Lavin, editor. Contribuciones a la Oceanografía Física en México No. 3. Unión Geofísica Mexicana, p 124.
- Petitgas, P. 1993. Geostatistics for fish stock assessments: review and acoustic application. ICES J.Mar.Sci. 50:285-298.
- Phillips, L.D. y G.D. Marks. 1996. Spatial uncertainty analysis: propagation of interpolation errors in spatially distributed models. Ecol. model. 91:213-229.
- Punsly R. 1987. Estimación de la abundancia anual relativa del atún aleta amarilla. *Thunnus albacares*, en el Océano Pacífico Oriental durante 1970-1985. Bulletin IATTC. 19(3): 265-306.
- Reilly, B.S. 1990. Seasonal changes in distribution and habitat differences among dolphins in the Eastern Tropical Pacific. Mar. Ecol. Prog. Ser. 66:1-11.
- Ripley, B.D. 1981. *Spatial statistics*. John Wiley & Sons, New York. USA. 252 p.

- Rojo-Díaz, P.A. 1997. La asociación atún-delfín y su relación con la temperatura superficial del mar en el Océano Pacífico Oriental, durante 1992-1994. Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada. México. 98 pp.
- Rosseeuw, P.J. y A.M. Leroy. 1987. Robust Regression and outlier detection. Wiley, New York. 323 pp.
- Rossi, R.E., D.J. Mulla, A.G. Journel, y E.H. Franz. 1991. Geostatistical tools for modelling and interpreting ecological spatial dependence. Ecol. Monogr. 62:277-314.
- Sharp, D.G. 1978. Behavioral and physiological properties of tunas and their effects on vulnerability to fishing gear 397-398 in The physiological Ecology of Tunas. Ed. Sharp G.D. & A.E. Academic Press Inc.
- Shingu, C., P.K. Tomlinson, y C.L. Peterson. 1974. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the Eastern Pacific Ocean, 1967-1970. Bull IATTC. 16(2):65-230.
- Simard, Y., P. Legendre, G. Lavoie, y D. Marcotte. 1992. Mapping, estimating biomass, and optimizing sampling programs for spatially autocorrelated data: case study of the northern shrimp (*Pandalus borealis*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49(1):32-45.
- Sissenwine, M.P. 1984. Why do fish populations vary? In: R.M. May. Exploitation of The Marine Communities. Dah. Konf. Life Sci. Res. Rep. Springer-Verlag., 32: 59-94.

- Smith, S.J. 1990. Use of statistical models for the estimation of abundance from groundfish trawl survey data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 894-903.
- Streta, J. M. 1991. Forecasting models for tuna fishery with aerospatial remote sensing. *Int. J. Remote Sensing*. 12(4): 771-779.
- Sullivan, P.J. 1991. Stock abundance estimation using depth-dependent trends and spatially correlated variation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48(9):1691-1703.
- Sund, P.N., M. Blackburn, y F. Williams. 1981. Tunas and their environment in the Pacific Ocean: A review *Oceanogr. Mar. Biol.* 19:443-512.
- Swartzman, G., C. Huang, y S. Kaluzny. 1992. Spatial analysis of Bering Sea groundfish survey data using generalized additive models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49(7):1366-1378.
- Thomson, R. E., M. C. Healey, J. F. T., y G. A. Borstad. 1992. Commercial troll fishing vessel distribution off Vancouver Island during July 1988: Relation to observed physical oceanography. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49:820-832.
- Vignaux M. 1996. Analysis of spatial structure in fish distribution using commercial catch and effort data from the New Zealand hoki fishery. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53(5): 963-973.
- Wild, A. 1986. Growth of Yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the Eastern Pacific Ocean based on otolith increments. *Bull. IATTC*. 18(6):423-482.
- Wild, A. 1994. A review of the biology and fisheries for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Eastern Pacific Ocean. *FAO Fish. Tech. Paper*. 2(336):52-107.
- Wyrtki, K. 1965. Surface currents of the Eastern Pacific Ocean. *IATTC. Bull.* 9(5).