



**UNIVERSIDAD DE COLIMA**  
POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS PECUARIAS

**ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE  
PELÁGICOS MAYORES CAPTURADOS CON  
PALANGRE EN EL PACÍFICO MEXICANO (1983-  
1996) Y SU RELACIÓN CON LA TEMPERATURA  
SUPERFICIAL DEL MAR.**

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS PECUARIAS  
PRESENTA:

**M. EN C. HERIBERTO SANTANA HERNÁNDEZ**

**ASESOR**  
**Dr. Arturo Ruiz Luna**

**COASESORES**  
**Dr. Domenico Voltolina**  
**Dr. Xavier Chiappa Carrara**  
**Dr. Alejandro W. Meyer**  
**Dra. Elaine Espino Barr**  
**Dr. Mario Nieves Soto**

Tecomán, Col., enero del 2001.

## AGRADECIMIENTOS

**A la Universidad de Colima y al Posgrado Interinstitucional de Ciencias Pecuarias por la oportunidad que me brindaron para continuar mis estudios.**

**Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por su invaluable apoyo económico y moral, durante los cuatro años que duró el presente estudio.**

**Al Instituto Nacional de la Pesca y al Centro Regional de Investigación Pesquera de Manzanillo, por todas las facilidades proporcionadas y el apoyo logístico para la realización de la Investigación.**

**Al Dr. Miguel Galina Hidalgo y al M. en C. Alfredo González Becerril, quienes con mucho entusiasmo nos invitaron a seguir estudiando y nos apoyaron incondicionalmente.**

**Al Dr. Enrique Silva Peña y C.P. Hermelinda Rodríguez Montaña, Director y Secretaria Administrativa de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por todas las facilidades y atenciones proporcionadas para los trámites administrativos del PICP.**

**Al Dr. Arturo Ruiz Luna, director de tesis, por su constante y personalizado apoyo, confianza y atenciones durante todo el proceso del trabajo de investigación.**

**Al Dr. Juan Madrid Vera por sus atinadas observaciones al enfoque de la tesis.**

**Al Dr. Domenico Voltolina por el tiempo dedicado al mejoramiento de la redacción de la tesis y a sus observaciones en los procedimientos estadísticos.**

**A la Dra. Elaine Espino Barr por su incondicional apoyo en materia de bibliografía, equipo de cómputo y mejoramiento de la tesis.**

**A los sinodales Dr. Xavier Chiappa Carrara, Dr. Alejandro W. Meller y Dr. Mario Nieves Soto, por su confianza y apoyo.**

**Al Dr. Manuel Gallardo Cabello por sus observaciones y recomendaciones.**

**Al M. en C. René Macías Zamora, L.I. Juan Javier Valdez Flores y Biol. Ana Luisa Vidaurri Sotelo, compañeros del proyecto de investigación del recurso picudosy especies afines.**

**A los Capitanes de los barcos palangreros y a su tripulación por todas las facilidades que brindaron durante los muestreos a bordo.**

**Al M. en C. Miguel Angel Carrasco Aguila, por el apoyo proporcionado en el manejo del equipo y paquetes de cómputo.**

**A todos los compañeros del CRIP-Manzanillo, que de alguna forma me apoyaron para la realización del trabajo de gabinete y a bordo de los barcos palangreros.**

## **DEDICATORIA**

**A mi esposa Lidia, como agradecimiento por todo su amor, paciencia y apoyo.**

**A mis hijos, Gema y Heriberto, a quienes brindo con mucho gusto este logro.**

**A mi Madre, mis hermanos y toda mi familia por su constante apoyo moral y en todos sentidos.**

**A la memoria de mi padre, a quien le hubiera gustado presenciar la culminación de esta importante etapa de mi vida.**

**Con un grato recuerdo a la amistad que tuvimos mi familia y yo, con el Ing. Pesq. Sergio Gabriel Reyes Jiménez<sup>†</sup> y para su muy apreciable familia.**

## ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
I.- INTRODUCCIÓN	3
II.- HIPÓTESIS	7
III.- OBJETIVOS	7
IV.- ZONA DE ESTUDIO	8
V.- ANTECEDENTES	11
V.1.- ASPECTOS ECOLÓGICOS	11
V.2.- ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS	22
V.3.- ASPECTOS DE LA PESQUERÍA PALANGRERA	28
VI.- MATERIAL Y METODOS	37
VI.1.- ORIGEN DE LA INFORMACIÓN Y COMPOSICIÓN DE ESPECIES	37
VI.2.- ESTRATIFICACIÓN DE ÁREAS	37
VI.3.- RIQUEZA DE ESPECIES	39
VI.4.- DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES	40
VI.5.- SIMILITUD ENTRE LAS ESPECIES	41
VI.6.- SEMEJANZA ENTRE LAS ÁREAS	42
VI.7.- ANALISIS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL	44
VI.8.- RESPUESTA DE LAS ESPECIES ANTE EL GRADIENTE DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL	45
VI.9.- ANÁLISIS INTERANUAL	47
VII.- RESULTADOS	49
VII.1.- ORIGEN DE LA INFORMACIÓN Y COMPOSICIÓN DE ESPECIES	49
VII.2.- ESTRATIFICACIÓN DE ÁREAS	51
VII.3.- RIQUEZA DE ESPECIES	52
VII.4.- DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES	56
VII.5.- SEMEJANZA ENTRE LAS ÁREAS	71
VII.6.- SIMILITUD ENTRE LAS ESPECIES	76
VII.7.- ANALISIS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL	79
VII.8.- RESPUESTA DE LAS ESPECIES ANTE EL GRADIENTE DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL	85
VII.9.- CLASIFICACIÓN INTERANUAL	93
VIII.- DISCUSIÓN	97
IX.- CONCLUSIONES	110
X.- RECOMENDACIONES	112
XI.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.-** Representación esquemática de las corrientes que tienen influencia en el área del Pacífico Centro - Oriental, durante los dos principales periodos estacionales: A) octubre y B) abril (tomado de Fischer et al., 1995).
- Figura 2.-** Índice multivariado de "El Niño" (MEI) propuesto por Wolter (1999) NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center University of Colorado, USA. Los valores superiores a 1 son fuertes indicadores de "El Niño" y los valores inferiores a -1, lo son de "La Niña".
- Figura 3.-** Representación gráfica del modo en que el rendimiento de una especie está relacionado con la intensidad de una condición ambiental. La estrecha franja por encima de la cual se puede producir la reproducción (R-R) suele determinar donde es posible la existencia continuada de la especie (tomado de Begon et al., 1995)
- Figura 4.-** Prototipo de barco palangrero utilizado para la captura de pelágicos mayores en la Zona Económica Exclusiva del Pacífico mexicano.
- Figura 5.-** Palangre utilizado para la captura de pelágicos mayores en la Zona Económica Exclusiva del Pacífico mexicano.
- Figura 6.-** Representación del modelo de respuesta de una especie al gradiente de una variable ambiental (Gauch y Whittaker, 1972).
- Figura 7.-** Principales especies capturadas por la pesquería palangrera mexicana
- Figura 8.-** Cuadrantes de 5° de Latitud por 5° de Longitud seleccionados como unidades de muestreo, con la distribución del esfuerzo pesquero aplicado por la flota palangrera "Tiburón".
- Figura 9.-** Curvas de rarefacción para las seis áreas de operación seleccionadas, mostrando el número de especies esperadas como una función del tamaño de la muestra.
- Figura 10.-** Índices de rarefacción obtenidos para cada área durante los cuatro trimestres. A) de las Areas 1, 2 y 3 y B) de las Areas 4, 5 y 6. La letra A numerada indica el número del cuadrante y la T con el número indica el trimestre del año al que se refiere.
- Figura 11.-** Distribución espacial de las especies que mostraron preferencia hacia las áreas con mayor influencia de las aguas cálidas. Los valores de las isolíneas están representados en números de organismos por cada mil anzuelos, en las coordenadas en que fueron realizadas las capturas.
- Figura 12.-** Distribución espacial de las especies que mostraron preferencia hacia las áreas con mayor influencia de las aguas templadas. Los valores de las isolíneas están

representados en números de organismos por cada mil anzuelos, en las coordenadas en que fueron realizadas las capturas.

**Figura 13.- Distribución espacial del tiburón volador.**

**Figura 14.- Distribución espacio – estacional del pez vela en las áreas de estudio.**

**Figura 15.- Distribución espacio – estacional del marlin rayado en las áreas de estudio.**

**Figura 16.- Distribución espacio – estacional del tiburón zorro en las áreas de estudio.**

**Figura 17.- Distribución espacio – estacional del pez espada en las áreas de estudio.**

**Figura 18.- Distribución espacio – estacional del tiburón volador en las áreas de estudio.**

**Figura 19.- Distribución espacio – estacional del dorado en las áreas de estudio.**

**Figura 20.- Distribución espacio – estacional del atún aleta amarilla en las áreas de estudio.**

**Figura 21.- Distribución espacio – estacional del tiburón martillo en las áreas de estudio.**

**Figura 22.- Distribución espacio – estacional del tiburón azul en las áreas de estudio.**

**Figura 23.- Clasificación de los 4 trimestres de las seis áreas analizadas en función de la composición de especies.**

**Figura 24.- Diagrama de Plexus sobre las principales relaciones entre las especies, utilizando como unidades de muestreo a la espacio – estacionalidad.**

**Figura 25.- Diagrama de Plexus sobre las principales relaciones entre las especies, sólo espacialmente.**

**Figura 26.- Distribución de las isotermas anuales en los cuadrantes seleccionados.**

**Figura 27.- Isotermas estacionales del área de estudio.**

**Figura 28.- Histogramas de frecuencias de las temperaturas superficiales prevalecientes en las áreas de estudio.**

**Figura 29.- Dendrograma con la clasificación de las temperaturas superficiales en función de la composición de especies.**

**Figura 30.- Análisis de correspondencia con el ordenamiento de las temperaturas superficiales en función de la composición de las especies.**

**Figura 31.- Gráficas con el análisis de dispersión de los datos de CPUE para cada valor de la temperatura superficial del mar, de las nueve especies analizadas.**

**Figura 32.- Relación de la abundancia del pez vela con la temperatura superficial**

**Figura 33.- Relación de la abundancia del dorado con la temperatura superficial**

**Figura 34.- Relación de la abundancia del atún aleta amarilla con la temperatura superficial**

**Figura 35.- Relación de la abundancia del tiburón martillo con la temperatura superficial**

**Figura 36.- Relación de la abundancia del tiburón zorro con la temperatura superficial**

**Figura 37.- Relación de la abundancia del marlin rayado con la temperatura superficial**

**Figura 38.- Relación de la abundancia del pez espada con la temperatura superficial**

**Figura 39.- Relación de la abundancia del tiburón azul con la temperatura superficial**

**Figura 40.- Relación de la abundancia del tiburón volador con la temperatura superficial**

**Figura 41.- Dendrograma de las relaciones entre los 13 años analizadas en las Areas 5 y 6 consideradas en el estudio.**

**Figura 42.- Dendrograma de las relaciones entre ocho años analizados en las Areas 1 y 2 consideradas en el estudio.**

## LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1.-** Relación de las especies capturadas por la flota palangrera "Tiburón" durante el período 1983-1996 y registros de observadores del Instituto Nacional de la Pesca y registros de bitácoras.
- Cuadro 2.-** Otras especies identificadas por observadores del Instituto Nacional de la Pesca, a bordo de los barcos palangreros "Tiburón".
- Cuadro 3.-** Matriz de datos primarios correspondiente a los indicadores de abundancia de las especies por área (número de organismos por cada mil anzuelos), obtenidas por la flota palangrera durante el período 1983-1996.
- Cuadro 4.-** Matriz de datos primarios de abundancia por área y trimestre.
- Cuadro 5.-** Medidas de semejanza entre todos los de pares de Areas, referidas como la Distancia de la Cuerda (CRD).
- Cuadro 6.-** Medidas semejanza entre todos los de pares de Areas con sus respectivos trimestres, referidas como la Distancia de la Cuerda (CRD).
- Cuadro 7.-** Matriz de similitud por rangos de Spearman ( $r_s$ ) para las seis áreas.
- Cuadro 8.-** Matriz de similitud por rangos de Spearman ( $r_s$ ) para los cuatro trimestres de las seis áreas
- Cuadro 9.-** Descripción estadística de los datos de temperatura superficial de las seis áreas estudiadas.
- Cuadro 10.-** Descripción estadística de las temperaturas por trimestre y resultados del análisis de comparación múltiple por el método de Tuckey.
- Cuadro 11.-** Matriz de las nueve especies para los 17 intervalos de temperatura superficial del mar.
- Cuadro 12.-** Matriz de nueve especies por 13 unidades de muestreo, con valores de abundancias anuales para las Areas 5 y 6.
- Cuadro 13.-** Matriz de nueve especies por ocho unidades de muestreo, con valores de abundancias anuales para las áreas 1 y 2.

## RESUMEN

Para conocer la estructura de la comunidad y contribuir a una adecuada administración de los recursos integrados por pelágicos mayores, se analizan datos de captura y esfuerzo de cuatro barcos palangreros que operaron durante 1983-1996 y datos de temperaturas superficiales tomados simultáneamente en el Pacífico mexicano. La estructura de la comunidad se entiende como la organización, distribución y abundancia espacio - temporal de las especies que integraron el 98.05 % de las capturas totales. Se encontró que el pez vela (*Istiophorus platypterus*), dorado (*Coryphaena hippurus*), atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), se asocian a la presencia de aguas cálidas y que existe otro grupo de especies integrado por el tiburón zorro (*Alopias pelagicus*), marlin rayado (*Tetrapturus audax*), pez espada (*Xiphias gladius*) y tiburón azul (*Prionace glauca*), asociado a las masas de agua templadas. Los valores óptimos de temperatura para cada especie y la espacio – estacionalidad de las temperaturas superficiales pueden ser utilizados como un indicador robusto de la distribución y abundancia de estas especies. La dispersión y agregación de las asociaciones corresponden estacionalmente a la presencia de aguas templadas o cálidas formadas por las corrientes de California, Costera de Costa Rica y la Corriente Norecuatorial. La riqueza y diversidad de las principales regiones de pesca es favorecida por la formación de surgencias, propiciadas por factores meteorológicos y oceanográficos.

## ABSTRACT

The community structure of the big pelagic fish were analyzed with data on capture and effort from the operation period 1983-1996 from four longline ships versus sea surface temperature data taken simultaneously in the Mexican Pacific Ocean. The structure of the community is understood here as the organization, space-temporally distribution and abundance of the species that integrate 98.05% of the whole capture. Results indicate that the sailfish (*Istiophorus platypterus*), dolphinfish (*Coryphaena hippurus*), yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and hammer shark (*Sphyrna lewini*) are associated to warm waters, the other species of the group are the thresher shark (*Alopias pelagicus*), stripped marlin (*Tetrapturus audax*), swordfish (*Xiphias gladius*) and blue shark (*Prionace glauca*) which are associated to the temperate water mass. Each species optimum temperature values and space-seasonality can be used as a strong indicator of the big pelagic fish distribution and abundance. The assemblage dispersion and aggregation of the species correspond to warm or temperate seasonal waters related to the presence of the California Current, the Costa Rica Coast Current and the Norecuatorial Current. The richness and diversity in the main fishing areas are favoured by upwellings that are formed by meteorological and oceanographic factors.

## I.- INTRODUCCIÓN

La explotación de los recursos pesqueros de México, se ha realizado a lo largo de su historia, mediante la utilización de métodos poco tecnificados, lo cual se observa comúnmente en las pesquerías ribereñas que se realizan en los litorales del Pacífico, Golfo de México y Caribe, donde los métodos y artes de pesca son predominantemente artesanales (Cruz-Romero, Espino-Barr y García-Boa, 1995). No obstante, la aplicación de tecnologías adecuadas ha contribuido favorablemente al desarrollo de algunas pesquerías, que participan en buena medida a la captación de divisas y al desarrollo del sector pesquero (Polanco et al., 1987). Los casos más representativos que se pueden mencionar sobre las pesquerías tecnificadas, son las pesquerías camaronera con redes de arrastre, la atunera y sardinera con redes de cerco, la de pelágicos mayores que incluye a tiburones, pez vela, marlin rayado, marlin negro, pez espada, atunes y dorados realizada con palangre, y otra actividad pesquera no menos importante como lo es la pesca deportiva, que utiliza caña y carrete para capturar pez vela, marlin rayado, marlin negro, dorados y atunes entre otros, que se lleva a cabo en las inmediaciones de los principales puertos turísticos de ambos litorales mexicanos.

Administrativamente, los recursos pesqueros de México son regulados con base en su distribución y abundancia. Sin embargo, existen casos en los cuales estos recursos son compartidos por dos tipos de pesquerías y las manifestaciones de inconformidad no se hacen esperar en diferentes formas de presión hacia los encargados oficiales de conciliar intereses políticos, económicos y sociales. En el caso específico de este estudio, la lucha por el aprovechamiento de pelágicos mayores se ha desarrollado entre la pesquería palangrera que realiza operaciones con fines comerciales y los operadores de la pesca deportiva, cuya actividad tiene fines de esparcimiento y es fomentada por los Gobiernos de los Estados costeros como un atractivo turístico adicional.

La pesca deportiva en México tiene reservada la prioridad legal para capturar varias especies de pelágicos mayores (Diario Oficial de la Federación del 28 de agosto de 1987), mientras que la pesquería palangrera las ha capturado amparada en permisos de pesca para tiburón y atunes, lo cual está tipificado en la Ley de Pesca y su Reglamento como pesca incidental. Este término definido en el Artículo 2 de la citada Ley, se refiere a "la captura de cualquier especie no comprendida en la concesión, permiso o autorización respectiva, ocurrida de manera fortuita, ..." la cual no podrá exceder del volumen que la Secretaría determine para cada pesquería, según las

zonas, épocas y artes de pesca que correspondan al permiso o concesión" (Artículo 33 del Reglamento de la Ley de Pesca).

Por otra parte, debido a las características operacionales y de la captura multiespecífica del palangre de deriva utilizado por la flota palangrera mexicana, se han obtenido especies reservadas para la pesca deportiva, en proporciones superiores al 50% (Santana-Hernández, 1989, 1997), mientras que la proporción restante ha estado integrada principalmente por varias especies de tiburones, atunes y otras de menor importancia.

Es pertinente mencionar que a partir del establecimiento de las 200 millas de Mar Patrimonial, conocida como Zona Económica Exclusiva, ratificada en la Convención sobre la Ley del Mar en 1976 y ratificada en 1982 a México se le asignó la soberanía para la exploración, explotación, conservación y manejo de los recursos naturales de esta zona, con miras a asegurar su óptimo aprovechamiento y conservación, o en su defecto permitir a las flotas extranjeras que lo solicitaran, el aprovechamiento de los excedentes. De esta manera, México está obligado a tener una flota oceánica para la captura de los recursos pesqueros existentes fuera del área de alcance de las operaciones de la pesca deportiva, las cuales rara vez incursionan por fuera de las 30 millas náuticas (Sosa-Nishizaki, 1998).

Como resultado de los esfuerzos realizados para la conciliación de los diferentes intereses involucrados, las autoridades pesqueras mexicanas han establecido algunas medidas regulatorias tendientes a evitar el traslape de la pesca deportiva y la pesca comercial de pelágicos mayores. Algunas de estas medidas fueron el establecimiento de una franja de 30 millas náuticas a partir de la línea de la costa, que fue posteriormente ampliada a 50, en la cual no deberían realizarse operaciones de pesca con palangre de deriva con fines comerciales (Sosa-Nishizaki, 1998). Otra medida adoptada fue la exclusión de dos áreas de pesca, las cuales se habían caracterizado por sus altos rendimientos de captura comercial y que fueron establecidas como áreas restringidas para la pesca de picudos, aunque esto se hizo sin los suficientes argumentos científicos, puesto que el Comité Técnico Consultivo de la Pesquería de Picudos reconoció la falta de elementos concluyentes para definir las medidas adecuadas para el manejo del recurso picudos y especies afines (Diario Oficial de la Federación, 1987).

En cuanto al estado de salud que guardan las principales poblaciones de especies involucrados en el conflicto, diversos estudios han coincidido en que los tiburones dominantes de esta pesquería como el tiburón azul y el tiburón zorro, así como el pez vela, marlin rayado y pez espada, son especies que podrían considerarse con potencial para sostener una pesquería comercial, además

de que las especies reservadas actualmente por la ley pueden ser compartidas, bajo diversos escenarios de explotación, entre el sector que realiza la pesca deportiva y los empresarios interesados por la pesca comercial de las mismas especies (Holts, 1988, Squire y Au, 1990; Macías-Zamora, 1993).

En los estudios realizados tanto a nivel local como por los países que incursionaron en esta zona antes de 1980, se ha encontrado que la distribución de las especies susceptibles de ser capturadas con palangre muestran cierto grado de estratificación espacial y temporal, en función de las condiciones oceanográficas prevalecientes en esta área del Océano Pacífico Oriental que se caracteriza por sus altas concentraciones de pez vela, pez espada, marlin rayado, dorados y varias especies de tiburones (Kume y Joseph, 1969; Joseph, Klawe y Orange, 1974; Miyabe y Byliff, 1987; Polanco et al., 1987; Santana-Hernández, 1989, 1997).

Las actividades de muestreo realizadas durante los cruceros de investigación coordinados por el Instituto Nacional de la Pesca a bordo de los barcos palangreros, ha permitido sistematizar las bases de datos con el propósito de realizar análisis apropiados que conduzcan a propuestas de manejo de estos recursos, de conformidad con las normas establecidas en el Código de Pesca Responsable, del que México ha sido uno de los principales promotores.

Bajo el contexto anterior, se considera que la información recabada a través de la pesquería palangrera durante el periodo comprendido entre 1983 y 1996, es lo suficientemente representativa para la realización de un estudio que proporcione las bases necesarias para la predicción de las capturas de grupos de especies reclutadas al palangre, que por sus diferentes áreas de distribución latitudinal y longitudinal en la Zona Económica del Pacífico mexicano (ZEEPM), proporcionarían resultados con un grado aceptable de confiabilidad. Un estudio de estas características se enfocaría al análisis sobre la distribución y abundancia, las posibles interacciones entre las especies, así como a su relación con los factores ambientales más significativos.

Considerando lo anterior, es oportuno enfocar el estudio hacia la ecología de comunidades y las disciplinas asociadas, para describir la estructura de las comunidades de especies involucradas en esta pesquería en función de las variaciones factores oceanográficos que se presentan tanto espacial como temporalmente. Los resultados obtenidos proporcionarán los elementos técnicos y científicos necesarios para que los encargados de la administración de los recursos pesqueros puedan dirigir los esfuerzos de captura hacia los grupos de especies, que de acuerdo con los planes estratégicos de explotación y conservación, sean más convenientes.

En general, los trabajos sobre la ecología de comunidades tienen como objetivo principal elucidar y describir patrones existentes en los datos de abundancia o de presencia - ausencia de un conjunto de especies (Green, 1980). Las observaciones para un análisis congruente con esta rama de la ecología son generalmente hechas en espacio y/o tiempo con una variedad de posibles metas, incluyendo la estimación de la composición y distribución total de las especies, similitudes entre las unidades de muestreo o áreas, correlación entre las especies y la formación de las asociaciones en función de las variables ambientales y su variabilidad espacial y estacional en los patrones observados (Greig-Smith, 1971). Los factores abióticos subyacentes que propician la variabilidad espacial y estacional, pueden ser determinados simultáneamente durante los muestreos biológicos de las capturas o a través de fuentes de información oceanográfica ajustada a los periodos del muestreo.

Las herramientas estadísticas conocidas como Análisis de Correspondencia, Análisis de Cúmulos, Coeficientes de Correlación y Medidas de Distancia Ecológica, han sido utilizadas con mayor o menor éxito en el estudio de comunidades de diferentes ambientes ecológicos. Por otro lado, los supuestos mediante los cuales han sido concebidas se ajustan favorablemente para un análisis de la información registrada en las bitácoras de los barcos palangreros por los responsables de las operaciones y por los observadores que han participado a bordo de estos barcos. Por lo anterior, conviene enfatizar que la originalidad del presente trabajo, no radica en el uso de instrumentos novedosos, sino en aprovechar las bondades de técnicas tradicionales para utilizar la información existente con un enfoque apropiado para explicar los patrones de comportamiento de algunas especies en particular y de las comunidades en general, como una respuesta a los cambios ambientales periódicos y estacionales (Gauch, 1982; Dillon y Goldstein, 1993; Begon, Harper y Townsend, 1995).

En el presente trabajo se analiza la información de captura y esfuerzo procedente de cuatro barcos palangreros que operaron en la ZEEPM, durante el periodo comprendido entre 1983 y 1996. El estudio se complementa con un análisis de la información sobre la temperatura superficial del mar recabada de varias fuentes de información, incluyendo las que se tomaron de manera simultánea durante las operaciones de pesca, temperaturas óptimas de distribución para las nueve principales especies, la correspondencia de las fluctuaciones espaciales y temporales de las temperaturas superficiales, con respecto a la periodicidad de las corrientes marinas y los movimientos de masas de agua que propician zonas de afloramiento provocadas por surgencias, divergencias o frentes oceánicos.

## **II.- HIPÓTESIS**

La distribución espacial y estacional de especies de pelágicos mayores que se capturan con palangre en la ZEEPM depende de la distribución y de las variaciones de la temperatura, por lo cual es posible considerar que existen grupos de especies asociadas, en dependencia a esta variable ambiental.

## **III.- OBJETIVOS**

Analizar la estructura de las comunidades de pelágicos mayores capturados por la pesquería palangrera en la Zona Económica Exclusiva del Pacífico Mexicano durante el periodo 1983-1996.

Investigar la influencia de la temperatura superficial sobre la estructura de las comunidades de pelágicos mayores en esta zona del Océano Pacífico.

#### **IV.- ZONA DE ESTUDIO**

El litoral del Pacífico Mexicano se encuentra enclavado en el Océano Pacífico Centro - Oriental. De la Lanza-Espino (1991) clasifica al litoral del Pacífico mexicano en tres zonas: Costa Occidental de Baja California, Golfo de California y Pacífico Tropical Mexicano. Según Fischer et al. (1995), el Océano Pacífico Centro - Oriental se extiende desde el límite sur de Colombia ( $1^{\circ} 25' N$ ) hasta Bahía Magdalena ( $24^{\circ} 30' N$ ), en la costa occidental de la Península de Baja California, y hasta el extremo norte del Golfo de California, México ( $31^{\circ} 45' N$ ). Comprende aproximadamente 9,975 km de costas continentales, repartidas entre 8 países y México contribuye con 5,800 km, es decir el 58.15 %. Por su parte, De la Lanza-Espino (1991) define a una gran parte del área como el Pacífico Tropical Mexicano, a partir de la Punta de Cabo Corrientes en el norte y la frontera de Guatemala al sur. La región que inicia en la Punta de Cabo Corrientes hacia el norte, está considerada como parte de la Costa Occidental de Baja California, por sus afinidades oceanográficas.

En general, los límites de la zona de estudio se encuentran entre los paralelos  $10^{\circ} 00'$  y  $25^{\circ} 00' N$ . y entre los meridianos  $90^{\circ} 00'$  y  $115^{\circ} 00' O$ . Estos límites representan aproximadamente el 99% del intervalo de operación de la flota palangrera denominada "Tiburón" durante el período 1983-1996. El área de pesca comprende una serie de islas oceánicas y continentales, en las que el primer grupo corresponde a las islas del Archipiélago Revillagigedo y el segundo grupo incluye principalmente las Islas Tres Marías, las cuales tienen cierta continuidad faunística con las aguas costeras continentales (Fischer et al., 1995).

Desde el punto de vista oceanográfico, esta zona del Océano Pacífico Oriental está influenciada principalmente por la Contracorriente Ecuatorial, la Corriente Norecuatorial, la Corriente Costera de Costa Rica y la Corriente de California (figura 1), las cuales presentan patrones generales de circulación con variaciones estacionales de acuerdo con el predominio de la Contracorriente Ecuatorial y la Corriente de California. Las principales masas de agua en el Pacífico Oriental Tropical que tienen influencia en esta área, son las aguas superficiales tropicales en el centro, las aguas superficiales subtropicales y las aguas superficiales templadas que se encuentran al norte de las aguas superficiales subtropicales. La Corriente de California aparece como una gran masa de aguas frías, cuya influencia eventualmente se extiende hasta el Golfo de Tehuantepec (Wyrcki, 1966; Baumgartner y Christensen, 1985; Bianchi, 1991; Fiedler, 1992; Fiedler et al. 1992; Fischer et al., 1995; Madrid-Vera, 1998).

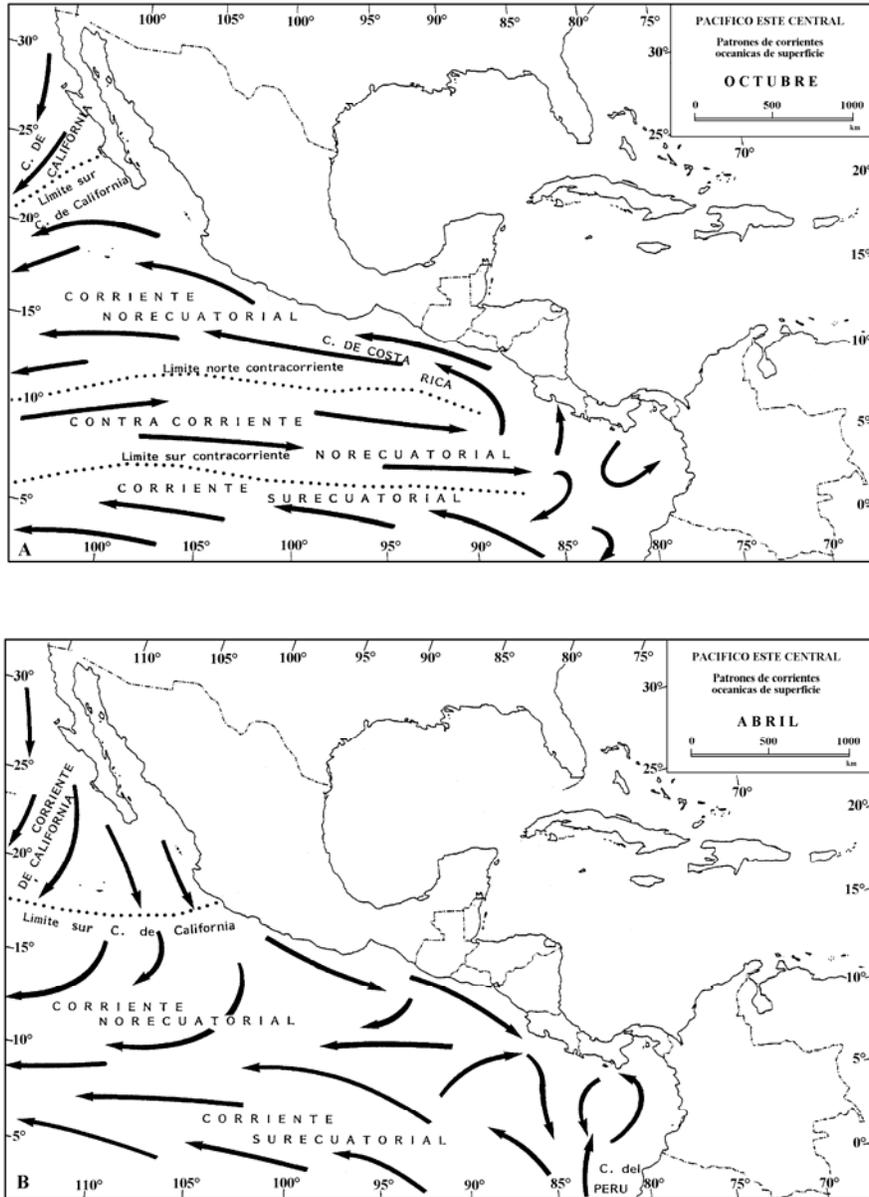
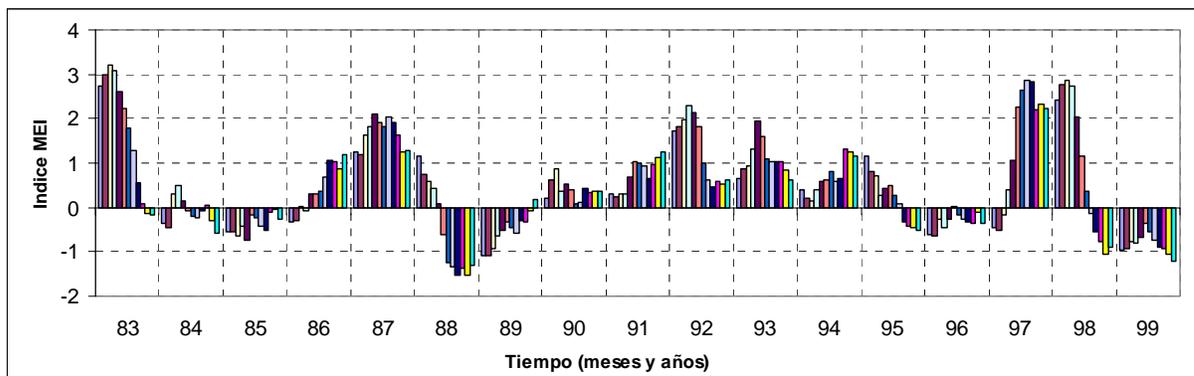


Figura 1.- Representación esquemática de las corrientes que tienen influencia en el área del Pacífico Centro - Oriental, durante los dos principales periodos estacionales: A) octubre y B) abril (tomado de Fischer et al., 1995).

Durante el período analizado, el área de estudio ha estado influenciada por los ciclos de 2 a 7 años del fenómeno de El Niño/Oscilación del Sur (ENSO), que se presentaron en 1982-83, 1986-87, 1991-93 y 1994-1995. Otro evento climático importante, que se presentó durante este periodo fue el evento de La Niña en 1988-1989 y en menor grado en 1995 (Fiedler, Chávez, Behringer y Reilly, 1992; Ramp, McClean, Collins, Semtner y Hays, 1997, Madrid-Vera, 1998).

En la figura 2 se presenta una serie del Índice MEI (Multivariate ENSO Index o índice multivariado de la oscilación sureña de El Niño) para el periodo de estudio y se registran los valores < -1 como La Niña.. Este índice fue propuesto por Wolter y Timlin (1998), y considera seis variables derivadas de la base de datos del Pacífico Tropical: presión atmosférica a nivel del mar, viento como componente superficial local, viento como componente meridional, temperatura superficial del mar, temperatura ambiente y nubosidad (Espino-Barr, 2000).



**Figura 2.- Índice multivariado de "El Niño" (MEI) propuesto po Wolter (1999) NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center University of Colorado, USA. Los valores superiores a 1 son fuertes indicadores de "El Niño" y los valores inferiores a -1, lo son de "La Niña".**

## **V.- ANTECEDENTES**

Tomando en cuenta que el análisis de la distribución de las especies y de los grupos que se forman por afinidad involucra por lo menos tres tipos de antecedentes, se consideran por separado los relacionados con aspectos ecológicos, aspectos oceanográficos y los relativos a la pesquería palangrera.

### ***V.1.- ASPECTOS ECOLÓGICOS***

Los estudios a nivel de comunidad plantean un sinnúmero de problemas, ya que las bases de datos pueden ser enormes y complejas. Un primer paso suele ser la búsqueda de esquemas en la estructura y la composición de la comunidad y la necesidad de encontrar procedimientos que permitan describir y comparar las comunidades, lo cual ha dominado el desarrollo de los estudios sobre la ecología de comunidades. En esencia, se trata de la búsqueda de una forma simple de describir sistemas complejos, a partir de una serie de datos obtenidos mediante muestreos sistemáticos (Odum, 1969, 1970, 1982; Krebs, 1985; Begon et al., 1995).

Krebs (1985), en una ampliación de la definición de la estructura de la comunidad propuesta por Nelson (1984), explica los mecanismos mediante los cuales se organizan las comunidades y se controla la diversidad y la abundancia de las especies dentro de la comunidad.

De acuerdo con Hutchinson (1957), la estructura que resulta de la distribución de organismos en un medio y de sus interacciones, se describe mediante esquemas que incluyen la estratificación vertical, la zonación, la actividad o periodicidad, la alimentación, los hábitos reproductivos y los aspectos sociales, además de procesos estocásticos que resultan de fuerzas fortuitas. Los esquemas presentes en la comunidad son circunstancias que se repiten, como por ejemplo la agrupación repetida de las mismas especies en diferentes lugares o las mismas formas de crecimiento, las mismas productividades, las mismas tasas de renovación de los nutrientes, entre otros, cuyo reconocimiento conduce al establecimiento de hipótesis sobre las causas de dichos esquemas, que a su vez pueden ser comprobadas realizando nuevas observaciones o llevando a cabo los experimentos (Odum, 1982).

Begon et al. (1995) explican que tal vez la mejor manera de ilustrar el concepto de comunidad sea con ejemplos descriptivos del "plantel permanente" y desde el punto de vista funcional del "metabolismo de la comunidad". En este tipo de investigaciones se selecciona un número

definido de áreas de estudio que sean representativas de la región, aunque sean suficientemente pequeñas para facilitar el estudio cuantitativo, las cuales se caracterizan según su rasgo más conspicuo. Un estudio de este tipo puede señalar con precisión factores y organismos "operativamente significativos", con lo que se proporciona una base para análisis funcionales y de sistemas.

Como ocurre con frecuencia, los conceptos y los métodos son función de la geografía. Así, los ecólogos que trabajan con áreas de gradientes suaves y substratos maduros y uniformes, son partidarios del concepto del continuo y de técnicas de ordenación, que permiten ordenar poblaciones y comunidades de especies a lo largo de gradientes, en tanto que los ecólogos que trabajan en áreas de gradientes muy inclinados o discontinuidades topográficas prefieren el concepto de zona (Odum, 1970, 1982).

Krebs (1985) define a la comunidad abarcando tres conceptos principales: 1) Presencia conjunta de varias especies en un área; 2) Conjuntos formados por grupos casi semejantes que recurren en el espacio y el tiempo. Con esto se puede identificar un tipo de comunidad que tiene una composición relativamente constante y 3) Tienen una tendencia hacia la estabilidad dinámica que tiende a restaurarse después de cualquier alteración; es decir, que la comunidad posee la propiedad de autorregulación u homeostasis.

Krebs (1985) menciona que algunos autores sugieren que la comunidad es un "superorganismo" o un "cuasiorganismo" cuyas unidades integradas tienen límites definidos, mientras que según otros es un conjunto de poblaciones con los mismos requerimientos ambientales. Esta última definición, conocida como "escuela individualista", argumenta que las comunidades son susceptibles de identificación y clasificación, pero que cualquier categorización se lleva a cabo para comodidad de los observadores y no es una descripción de la estructura fundamental de la naturaleza.

La opinión actual acerca de la naturaleza de las comunidades se acerca más al punto de vista individualista, según el cual las especies se distribuyen conforme a sus características autoecológicas, de tal manera que las poblaciones de la mayor parte de las especies tienden a modificarse en respuesta a gradientes ambientales. Asimismo, una gran parte de las especies no están en asociación obligada con otras, lo cual hace suponer que las asociaciones se forman a partir de numerosas combinaciones de especies y varían continuamente en el espacio y el tiempo (Beals, 1960; Krebs, 1985; Dunson y Travist, 1991).

Muchas investigaciones sobre las comunidades se han enfocado a la medición de las asociaciones entre especies. El término asociación aplicado a comunidades animales correspondería a la descripción de un segmento del ecosistema razonablemente uniforme para que las distintas muestras puedan considerarse como repeticiones casi aleatorias, de modo que el conjunto se puede representar adecuadamente por sus valores medios (Margalef, 1980). Algunos autores como McNaughton y Wolf (1984) y Caddy y Sharp (1987), han usado este término para enfatizar la idea de que las especies se encuentran en un mismo lugar porque responden de igual manera ante algunas variables abióticas existentes, de este modo la composición de especies no estaría necesariamente determinada por la interacción biológica (mutualismo, competencia, depredación, etc.). De acuerdo con esta clasificación, la composición de las asociaciones cambia, ocurriendo la sustitución de unas especies por otras a lo largo de un gradiente ambiental (González-Sanzón, 1994).

De acuerdo con Odum (1982), no todos los organismos de la comunidad son igualmente importantes desde el punto de vista de la caracterización de la comunidad entera. Son por lo regular sólo unas pocas especies o unos pocos grupos los que ejercen la mayor influencia en virtud de sus números, su tamaño o sus actividades. La importancia relativa en la comunidad no viene indicada por las relaciones taxonómicas. Los principales organismos que controlan o "rigen" pertenecen a menudo a grupos taxonómicos muy diversos que tienen relaciones más bien sinérgicas que de competición. Por consiguiente, la clasificación al interior de la comunidad va más allá del registro taxonómico y trata de apreciar la importancia real de los organismos. La clasificación primaria más lógica desde este punto de vista se basa en los niveles tróficos o en otros niveles funcionales.

Las comunidades tienen productores, macroconsumidores y microconsumidores. En el seno de estos grupos, las especies o los grupos de especies que controlan en gran parte el flujo de energía se designan como dominantes ecológicos. Así, las comunidades pueden clasificarse según: 1) sus características estructurales más importantes, como las especies dominantes, las formas o indicadores de vida, 2) el hábitat físico de la comunidad, o 3) sus atributos funcionales de acuerdo con su nivel trófico (Begon et al., 1995).

Generalmente las distintas especies están distribuidas a lo largo de un gradiente con una superposición de los límites de sus distribuciones, que no terminan de modo abrupto sino en forma gradual. Así, si las condiciones varían de modo continuo, es probable que también varíen de forma continua las importancias relativas de las especies dominantes. Cuando un factor

ambiental clave varía a lo largo de un gradiente es probable que existan puntos en los que los estados competitivos relativos cambian, de modo que una especie dominante es sustituida por otra, por lo cual cabe que la interacción entre especies genere e intensifique los límites de su distribución y dominancia (Pielou, 1975; Noy-Meir y Williams, 1975).

La crítica principal del análisis del gradiente como modo de detectar esquemas en las comunidades estriba quizás en que la elección del factor cuyo gradiente se está analizando es subjetivo, mientras que las especies de una comunidad pueden ser ordenadas según este gradiente porque el factor considerado está relacionado con otro que es importante para las especies en cuestión. Debido a ello se han definido técnicas como la ordenación y clasificación, que permiten organizar los datos sin que el investigador introduzca ideas preconcebidas acerca del grado de asociación entre especies o variables ambientales que muestran una correlación más intensa con la distribución de las especies (Dillon y Godstein, 1984; González-Sanzón, 1994 y Begon et al., 1995).

La ordenación es un tratamiento matemático que permite organizar las comunidades sobre una gráfica, de tal modo que las más similares en cuanto a la composición de especies y a su abundancia relativa aparecerán más juntas, mientras que las comunidades que se diferencian grandemente en la importancia relativa de un conjunto similar de especies, o que poseen especies muy distintas, aparecerán muy separadas. Los ejes de las gráficas se derivan matemáticamente a partir de la composición de especies de las diversas parcelas o unidades de muestreo y representan unas dimensiones que resumen efectivamente esquemas de la comunidad. La interpretación de estos esquemas en términos de variables ambientales constituye un segundo paso, en el que se examina la dispersión de los puntos de la ordenación para comprobar si los ejes corresponden a gradientes ecológicamente significativos (Gauch, 1982; Begon et al., 1995).

El éxito de los métodos de ordenación (análisis de componentes principales y de correspondencia) depende de que se hayan tomado muestras de una variedad apropiada de variables ambientales y que entre éstas se encuentren las relevantes. Es importante enfatizar que las correlaciones con los factores ambientales revelados por el análisis, permiten formular hipótesis específicas sobre la relación entre la composición de la comunidad y los factores ambientales subyacentes. Un punto relevante es que los resultados de esta ordenación indican que bajo un conjunto determinado de condiciones ambientales es probable que ocurra una asociación predecible de especies y que lo que se está estudiando no es un conjunto arbitrario de especies no relacionadas.

En oposición a la ordenación, la clasificación (análisis de "cluster" o "cúmulos") empieza con la suposición de que las comunidades constituyen entidades relativamente discretas. Produce grupos de comunidades relacionadas, mediante un proceso conceptualmente similar al de la clasificación taxonómica, en la cual los individuos similares son agrupados como si fueran especies, las especies similares en géneros y así sucesivamente. En la clasificación de comunidades, las que presentan una composición similar son agrupadas en subconjuntos, los cuales si se desea, pueden ser agrupados (Gauch, 1982; Dillon y Goldstein, 1993).

De acuerdo con Begon et al. (1995) se podrían imaginar comunidades que están separadas por límites claros, en las que los grupos de especies son adyacentes, pero no se integran unos a otros. Si existen, estas comunidades son excepcionalmente raras. La afirmación más segura sobre los límites de las comunidades es probablemente que éstos no existen pero que algunas comunidades están más claramente definidas que otras. Aunque la cuestión de estos límites es importante, no es la fundamental, ya que la ecología de las comunidades debe ocuparse de su nivel de organización y estudiar las interacciones existentes entre especies, entre éstas y su ambiente, la estructura y las actividades de los ensamblajes de especies múltiples, por lo general en un punto del espacio y del tiempo (Odum, 1982; Begon et al., 1995).

Las periodicidades estacionales son casi universales en las comunidades y se traducen a menudo en un cambio casi completo de la estructura de la comunidad durante el ciclo anual. Los efectos de la temperatura, del fotoperiodo, de las estaciones húmeda y seca y de otros factores estacionales tienen impacto sobre la estructura de la comunidad. Los ecólogos que estudian comunidades terrestres y de agua dulce en regiones templadas han observado que el comienzo y el final del verano son tan distintos uno de otro como lo son el otoño y el invierno (Odum, 1969, 1970; Margalef, 1980; Begon et al., 1995).

Muchos recursos alimenticios están disponibles estacionalmente para las especies generalistas, que pueden dedicarse a otros alimentos cuando termina la disponibilidad de estos recursos, o para los especialistas que muestran una fase activa de la vida sólo durante la estación apropiada. Todos los organismos son potencialmente recursos alimenticios para otros, por lo cual han desarrollado defensas contra la posibilidad de ser consumidos. Ésto ejerce una presión de selección sobre los consumidores, ya que las características de los mejor preparados para combatir dichas defensas dejarán más descendientes y sus características tendrán más probabilidades de extenderse en la población de consumidores (Begon et al., 1995).

Los términos dispersión y migración se emplean para describir diferentes aspectos del movimiento de los organismos. Migración se suele utilizar para indicar los movimientos direccionales en masa de un gran número de individuos de una especie, desde una localidad a otra, mientras que la dispersión indica la separación de los individuos en distintas direcciones no siempre con esa finalidad. Estos términos se utilizan para grupos de organismos. Sin embargo, es el individuo el que se desplaza hasta cuando encuentre el hábitat adecuado para su sobrevivencia o hasta cuando cese el efecto del agente que causó su desplazamiento (Begon et al., 1995).

El ajuste de los organismos a los ambientes cambiantes debe implicar un cierto compromiso entre adaptarse a la variación y tolerarla. La experiencia repetida de un cambio cíclico en las generaciones sucesivas de un organismo ha seleccionado numerosos patrones de comportamiento que son a su vez cíclicos, como el caso de la reproducción. Existen dos modos principales en que los organismos regulan sus respuestas a las variaciones del medio ambiente: a) variando la respuesta al cambio ambiental o b) utilizando una señal que anticipe dicho cambio. Si el ciclo es débil y altamente variable, los organismos se ajustarán mejor a las condiciones cambiantes respondiendo directamente a ellas.

Begon et al. (1995) definen una "condición" como un factor ambiental abiótico que varía en el espacio y el tiempo, al cual los organismos responden de modos distintos. Como ejemplo se podría citar la temperatura, el pH, la salinidad, la velocidad de la corriente y la concentración de contaminantes. Algunas condiciones como la concentración de oxígeno pueden ser modificadas por la presencia de organismos, mientras que otras como la temperatura ambiental no resultan más o menos asequibles a causa de actividades biológicas.

Idealmente, para una determinada especie se podría definir el nivel óptimo de una condición, en el que se desarrolla mejor y para cuyos valores superiores o inferiores muestra un descenso de su actividad biológica. Las condiciones óptimas deberían ser aquellas bajo las cuales los individuos de la especie dejan más descendientes (son más aptos). Pero estas condiciones son extremadamente difíciles de determinar en la práctica. La forma exacta de la curva de respuesta a una condición, simétrica o sesgada, ancha o estrecha, variará según la condición de que se trate y según la especie, y dependerá del tipo de respuesta estudiado.

Una de las teorías más difundidas y aceptadas en ecología sobre la relación entre especies y ambiente abiótico, es la de la relación unimodal (Pielou, 1975; Odum, 1982; Gauch, 1982; Jongman, Ter Braak y Togerren, 1987). Según la ley de tolerancia de Shelford (Odum, 1982), las especies deben presentar un máximo de abundancia para un determinado valor de la variable

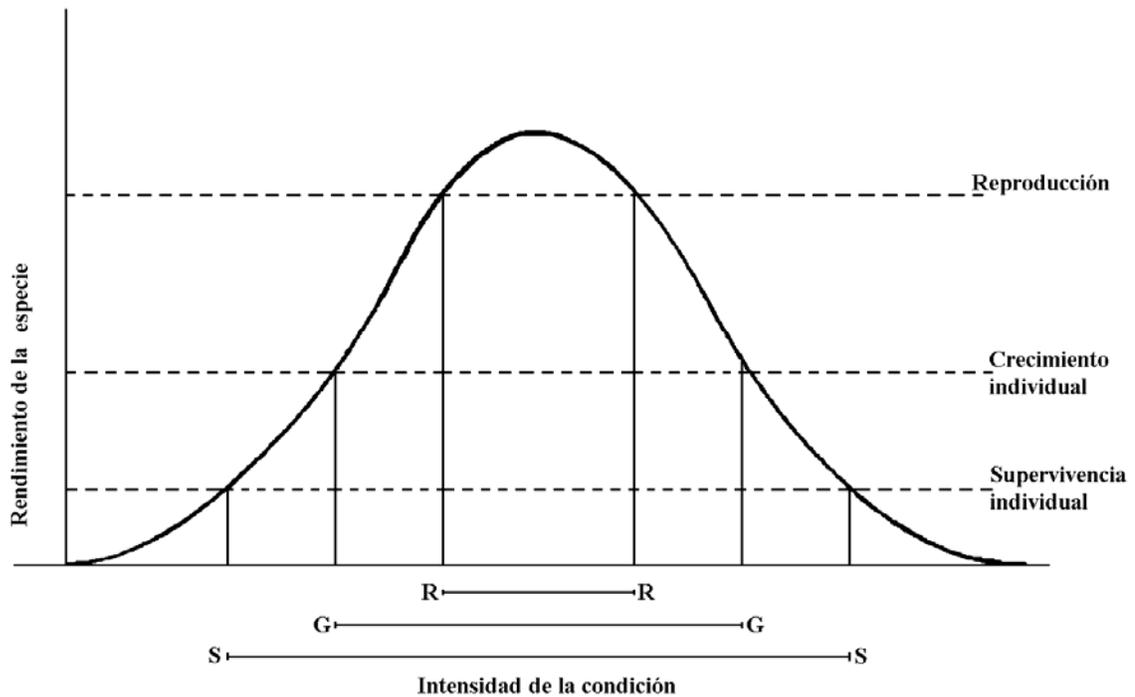
ambiental y para valores más altos y más bajos, la abundancia debe disminuir progresivamente. La curva de distribución normal, también denominada curva de Gauss (Figura 3), fue popularizada por Gauch y Whittaker (1972) como un modelo simple y atractivo para describir la relación unimodal que teóricamente debe existir entre la abundancia de una especie con el gradiente de una determinada variable ambiental (TerBraak y Prentice, 1988).

De acuerdo con Hutchinson (1957), los organismos de una especie dada sólo pueden sobrevivir, crecer, reproducirse y mantener una población viable dentro de ciertos límites de temperatura. Esta gama de temperaturas es el nicho ecológico de la especie en una dimensión, es decir la dimensión temperatura. Evidentemente, un organismo no se halla afectado por la temperatura de modo aislado, ni tampoco por cualquier otra condición por sí sola. Así, los organismos de la especie en cuestión sólo sobrevivirán y se reproducirán dentro de ciertos límites de salinidad. Estas dos condiciones forman el nicho bidimensional, y puede ser imaginado como un área. El nicho formado por estas dos últimas, más la corriente, formarán un nicho tridimensional, o sea un volumen y continuando este proceso se puede definir el verdadero nicho ecológico de una especie como un hipervolumen de  $n$  dimensiones, dentro del cual la especie puede mantener una población viable.

En la naturaleza existen diversos tipos de diferenciación de nichos. Por un lado, los recursos pueden ser utilizados de modo diferente dentro de un mismo hábitat o pueden darse diferencias de microhábitat, de la distribución geográfica o de aparición temporal, si los propios recursos están separados en el espacio o el tiempo. También es posible que las especies y sus capacidades competitivas se diferencien en cuanto a respuestas a las condiciones ambientales, que como el caso anterior se puede manifestar como diferenciación del microhábitat, de la distribución geográfica o de la distribución temporal, en función del modo en que varían dichas condiciones (Begon et al., 1995).

La temperatura es quizá la condición que tiene los efectos más importantes sobre la vida de los organismos aunque los endotermos regulan su temperatura mediante la producción de calor, para mantener una temperatura corporal constante, los endotermos consumen más energía que los ectotermos de igual tamaño. Ambos tienen una temperatura ambiental óptima, en la que los costos son mínimos y unos límites inferior y superior letales por lo cual existe una relación entre la temperatura y la distribución de las especies y es posible encontrar una correspondencia estrecha entre los límites de distribución de las especie y una determinada isoterma (Barnes, 1957; Lewis, 1976), aunque generalmente los límites naturales de la distribución de algunos

organismos no están determinados por las temperaturas letales, sino por las condiciones que los convierten en competidores ineficaces. Sin embargo, otras especies existen en condiciones que permiten su sobrevivencia, aunque no permiten su reproducción.



**Figura 3.- Representación gráfica del modo en que el rendimiento de una especie está relacionado con la intensidad de una condición ambiental. La estrecha franja por encima de la cual se puede producir la reproducción suele determinar donde es posible la existencia continuada de la especie (tomado de Begon et al., 1995). R=reproducción, G=crecimiento individual y S=sobrevivencia.**

Dos características fundamentales de los peces pelágicos son su tendencia a agregarse para formar bancos, lo que constituye una ventaja apreciable en el agua abierta carente de refugios y su tendencia a efectuar migraciones estacionales fijas. Los peces de vida pelágica de la región oceánica son nadadores capaces de responder rápidamente a cambios en las condiciones físicas y/o a la disponibilidad de alimento (Carey y Robinson, 1981; Weihaupt, 1984). Por este motivo, cambios periódicos o estacionales de las condiciones ambientales tienen una gran influencia sobre la ocurrencia y la migración de los peces, por lo cual, por ser la temperatura del mar y sus cambios un factor fácil de determinar, se han hecho muchos intentos por relacionarla con el

comportamiento de los peces. Tales cambios son frecuentemente debidos a la concomitancia con otros factores como las corrientes, cuya influencia puede ser considerable; en estos casos la influencia de la temperatura por sí misma puede tener una significancia relativa. No obstante, en muchos casos la temperatura puede servir como un indicador extremadamente útil sobre la existencia de cambios en las condiciones ecológicas. Según Hela y Laevastu (1962) cuando se usa a la temperatura como un indicador ecológico directo o indirecto, no se deben tomar en cuenta solamente la distribución de los valores actuales con sus intervalos de variación, sino también los gradientes horizontales y verticales con sus variaciones de un lugar a otro.

Sobre la influencia de la temperatura y el comportamiento de los peces, Shapiro (1950) estableció que en la pesca palangrera japonesa de atunes, los datos sobre la localidad para la mejor captura, correlacionados con información sobre la temperatura óptima del agua para los atunes, configuración de los fondos oceánicos y tipos de corrientes, han sido útiles para indicar a los barcos pesqueros la situación bajo la cual los palangres pueden ser operados con máxima ventaja. El conocimiento de las corrientes y de la presencia de convergencias, divergencias, arrecifes, bancos e islas han sido también importantes para los pescadores japoneses para localizar cardúmenes de atunes y otros peces como los picudos.

Las agregaciones de especies de peces de las regiones epipelágicas de varios océanos han sido estudiadas por Parin (1970), Legand et al. (1972), Roger y Grandperrin (1976), Vinogradov y Shushkina (1985) y Longhurst y Pauly (1987). Algunos aspectos biogeográficos de los ecosistemas pelágicos han sido descritos por McGowan (1974); además, Arenas, Hall y García (1992) y Hall, García, Cleridy, Arenas y Miller (1992) realizaron estudios sobre la distribución y relaciones ecológicas de algunas especies de tiburones, dorados, atunes, picudos y otras especies, en el área de influencia de la flota atunera que operó durante los periodos 1980-1990 y 1987-1990 con redes de cerco en el Océano Pacífico Oriental. Otros estudios relacionados con modelos de respuesta al gradiente de la temperatura superficial del mar por parte de algunas especies de pico (pez vela, marlin rayado y pez espada), fueron realizados con datos de captura por unidad de esfuerzo procedentes de los registros de los barcos palangreros por Santana-Hernández (1997).

Estudios realizados por Podesta, Browdert y Hoey (1993), sobre la asociación entre las tasas de captura de pez espada con respecto a las discontinuidades de temperatura conocidas como frentes térmicos (masas de agua con diferente temperatura), muestran que en presencia de estas discontinuidades se obtuvieron altos índices de abundancia, comparado con otras zonas (Mann y Lazier, 1995). Otros autores, mencionados por Podesta et al. (1993), sugieren que la temperatura

es un importante factor que influye en la distribución geográfica y en los movimientos de pelágicos oceánicos. Por su parte Palko, Beardsley y Richards (1981a) encontraron que la temperatura es importante en la distribución del pez espada en todos los océanos del mundo y observaron que los movimientos estacionales del pez espada en la parte norte están relacionados con la progresión estacional de las isotermas superficiales.

Varios autores citados por Olson y Podesta (1987) concluyen que la temperatura del agua tiene influencia estacional directa sobre la distribución de especies como *Elleptaratus affinis* y *Thunnus alalunga*. Además sugieren que la temperatura es importante en la distribución mundial del pez espada y que es un factor crítico que influye en el tamaño de la distribución y biomasa de las áreas de pesca con palangre, desde Cabo Hatteras hasta George Bank, U.S.A. Por su parte, Olson y Backus (1985) sugieren que las asociaciones de grandes peces pelágicos con los frentes oceánicos indicados por discontinuidades espaciales de la temperatura no están propiamente relacionados con los cambios de temperatura, sino más bien con otros factores físicos y biológicos asociados con el régimen frontal. Los cambios de temperatura a través de los frentes están frecuentemente acompañados por cambios en otras propiedades del agua como la salinidad, la transparencia y la velocidad de las corrientes y en estas áreas suele ser más importante la biomasa del plancton y de pequeñas especies, que llegan a ser mayores cerca de los frentes debido a los procesos oceánicos de mesoescala, que estimulan la productividad primaria y promueven la concentración de productores primarios y secundarios (Mann y Lazier, 1996).

Las corrientes ascendentes de los océanos constituyen una importante fuente de nutrientes y por consiguiente, donde se producen estos fenómenos, se encuentra una gran producción de fitoplancton, que promueve una mayor abundancia de los organismos heterótrofos que aprovechan la abundancia de alimento. Las grandes zonas pesqueras del mundo se hallan localizadas en estas regiones de productividad elevada (Weihaupt 1984; Begon et al., 1995; Mann y Lazier, 1996).

Una determinada especie tiene típicamente un nicho ecológico más amplio en ausencia de competidores y depredadores, por lo que existen ciertas combinaciones de condiciones y recursos que pueden permitir que una especie mantenga una población viable, pero sólo si no se ve adversamente afectada por enemigos. Esto condujo a Hutchinson (1957) a distinguir entre el nicho fundamental y el nicho efectivo. El primero describe las potencialidades generales de una especie; el segundo describe el espectro más limitado de condiciones y recursos que permite a una especie el mantenimiento de una población viable incluso en presencia de competidores y

depredadores (Begon et al., 1995). Schoener (1983) y Connell (1983) observaron que aproximadamente el 94% de los estudios demostraron este tipo de relación entre los organismos marinos y que la competencia interespecífica era más importante en los organismos marinos que en los terrestres y que era más prevalente en los organismos grandes que en los pequeños.

La definición de "gremio" se aplica a un grupo de especies que explotan el mismo tipo de recurso ambiental de una forma parecida (Root, 1967). Si la competencia interespecífica existe, o si ha existido en el pasado, lo más probable es que se produzca, o se haya producido dentro de los gremios. Pero eso no significa que los miembros de un gremio tienen que competir o tuvieron que haber competido. Al estudiar la coexistencia de diversos pares de especies en distintas localidades, algunos autores citados por Begon et al. (1995) no pudieron encontrar pruebas de diferencias en la dieta. Sin embargo, observaron un marcado esquema en los periodos de actividad reproductiva máxima de cada especie. Estas diferencias del momento de la reproducción significan que el desarrollo de las formas juveniles de las especies coexistentes es hasta cierto punto escalonado, que permite minimizar el efecto de la competencia.

De acuerdo con Parin (1970) en los ambientes epipelágicos los marlin están localizados en el sexto de los siete niveles tróficos sólo por debajo de los más poderosos y rápidos tiburones *Carcharodon* y makos. De acuerdo con su clasificación trófica el dorado se encuentra en el cuarto nivel y el atún y otros picudos en el quinto.

Todos los organismos vivos ocupan espacio y se puede decir que frecuentemente compiten por él, aunque es más preciso decir que los organismos están compitiendo por un recurso que forma parte de su ciclo vital y que lo obtiene en un espacio determinado, de manera que la palabra "espacio" define al conjunto de variables ambientales por las que los organismos raramente compiten (Tilman, 1982).

## ***V.2.- ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS***

El Pacífico Centro - Oriental se divide en cinco unidades o bloques, dos de los cuales son aguas templado – frías al norte, dos templado - cálidas al sur y un bloque de aguas tropicales - subtropicales en el centro. Las condiciones ambientales en estos bloques están directamente relacionadas con los patrones climáticos locales y con las corrientes oceánicas y costeras y cada bloque aloja una fauna propia, caracterizada por un alto grado de endemismo, que va enriqueciéndose en especies en dirección hacia el Ecuador, alcanzando, al igual que en otras grandes regiones del mundo, su diversidad máxima en la franja tropical (Fischer et al., 1995).

Los límites de la zona tropical se localizan en dos zonas de mezcla de aguas de origen ecuatorial y templado que colindan al norte con la corriente de California y al sur con la Contracorriente norecuatorial. El impacto de las dos corrientes, así como la intensidad de la contracorriente Norecuatorial, varían según el período del año. En el Pacífico Centro - Oriental, esta última corriente alcanza su máxima influencia en septiembre - octubre, cuando su extensión hacia el Este sobrepasa la longitud de 90° O y contrarresta el avance de la corriente de California hacia el sur, mas allá de Bahía Magdalena. Al mismo tiempo se desarrolla una fuerte corriente costera, la Corriente Costera de Costa Rica que fluye hacia el norte (Figura 1A). En abril, en cambio, la Contracorriente Norecuatorial apenas alcanza los 120° O y se observa claramente un avance hacia el sur de la zona de influencia de la Corriente de California, junto con una inversión de la corriente costera a lo largo del suroeste de México (Figura 1B). Estas variaciones dificultan la localización precisa de las dos zonas de mezcla, así como sus respectivas extensiones en superficie (Fischer et al., 1995).

Tal como está definida, el área del Pacífico Centro - Oriental se asemeja a lo que se conoce en la literatura como el Pacífico Central Tropical, con posibles variaciones en lo que se refiere al límite sur, ubicado, ya sea en Paíta, Perú o en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Con anterioridad a la década de 1970/80, solía usarse el término "Provincia Panámica" como sinónimo de la región zoogeográfica del Pacífico Central Tropical. Ésto ha creado cierta confusión, ya que estudios más recientes sobre la distribución de la fauna marina del Pacífico Centro - Oriental han llevado a una división de esta área en provincias caracterizadas por un cierto grado de endemismo. De norte a sur se distinguen: a) Provincia de Cortez, desde bahía Magdalena hasta Bahía Banderas, incluyendo la totalidad del Golfo de California; b) Provincia Mexicana, hasta bahía Tangola - Tangola; y c) Provincia Panámica, hasta el límite sur del Pacífico Centro -Oriental.

El límite sur de la franja tropical del Pacífico Centro - Oriental ha sido situada, según los autores y el enfoque de sus respectivos estudios, en Paita (Perú), en el Golfo de Guayaquil, a la altura del Cabo de San Francisco (Ecuador), o cerca de Tumaco (Colombia). El límite norte de la zona de mezcla está situado a la altura de Bahía Magdalena, en la porción suroeste de la península de Baja California. Su extensión es también variable, por lo cual suele reconocerse allí una zona intermedia (templada - tropical) que abarca desde Punta Eugenia hasta Cabo San Lucas. En líneas generales, la región zoogeográfica del Pacífico Centro - Oriental corresponde con los límites sur y norte de la isoterma invernal de los 20°C (Fischer et al., 1995).

Una de las características propias de la costa occidental del continente americano es la proliferación de extensas zonas de surgencias o afloramientos, en donde las aguas profundas ricas en nutrientes, suben a la superficie para reemplazar el agua costera que ha sido alejada por vientos que soplan del noroeste. De hecho, el Pacífico oriental incluye dos de los cinco sistemas de surgencias costeras más importantes del planeta, ubicados, respectivamente, frente a California, México, Perú y Chile. Otros tipos de divergencias hidrográficas costeras provocan formas similares de movimientos de aguas, por ejemplo frente a los Golfos de Tehuantepec, México y de Panamá (Legeckis, 1986; Mann y Lazier, 1996). Las surgencias costeras son fácilmente detectables en zonas tropicales/subtropicales gracias a la notable diferencia de temperatura que originan en la superficie y son fenómenos de suma importancia para las pesquerías, ya que el aporte masivo de nutrientes pone en marcha cadenas productivas intensas que benefician el reclutamiento y el crecimiento de especies comerciales.

Otros efectos relacionados con las zonas de alta productividad marina son los frentes oceánicos de diversos tamaños, los cuales se caracterizan por presentar variaciones horizontales de la temperatura, salinidad y densidad. Los mecanismos oceanográficos de los frentes producen altas densidades de fitoplancton, estimulado por el flujo convergente que propicia el transporte de organismos y de nutrientes en la capa de mezcla de la zona estratificada adyacente a los frentes (Bennet, 1966b). De hecho, los mapas de distribución de nutrientes (Thomas, 1977) muestran que el agua de la superficie en la mayor parte del Océano Pacífico Oriental (OPO) es pobre en nutrientes; las excepciones están en las zonas de surgencias y convergencias que se localizan en la zona intertropical localizada entre la Corriente Norecuatorial y la Contracorriente Norecuatorial, las surgencias estacionales locales como la del Golfo de Tehuantepec y el Domo de Costa Rica. Sin embargo, a pesar del agua superficial pobre en nutrientes sobre grandes regiones del OPO, la producción primaria es alta cuando se le compara con el resto del océano

abierto. La producción de fitoplancton tiende a ser máxima durante marzo y abril y mínima en octubre con intervalos de que varían desde 127 a 318 mg C/m<sup>2</sup>/año, con un promedio de 175 mg C/m<sup>2</sup>/año (Owen y Zeitzchel, 1970). La variación geográfica y estacional en la producción primaria se reflejan en la distribución y abundancia de invertebrados herbívoros, zooplancton carnívoro y micronecton. La distribución del zooplancton está estrechamente relacionada con las áreas productivas (Blackburn, 1965) y de hecho, por el número de especies y la elevada biomasa de copépodos, el OPO ha sido identificado como la más grande área de surgencias en agua abierta (Sameoto, 1986). La distribución vertical del zooplancton y micronecton está también altamente influenciada por la profundidad de la termoclina y por la profundidad de la capa de mínimo de oxígeno.

Las costas del Pacífico Oriental reciben una gran cantidad de precipitación, particularmente a lo largo de la costa de América Central y el Norte de Sudamérica. La relativamente seca costa de México puede recibir de 400 a 600 mm de lluvia en cualquier mes de la estación lluviosa, principalmente en la forma de tormentas tropicales cortas. En el otro extremo, la precipitación de las áreas de tierra alta de las costas del Pacífico de Costa Rica, Panamá, Guatemala y México de alta precipitación pluvial anual, reciben más de 3200 mm por año (Hall et al., 1992). La precipitación es estacional a través de la costa del Pacífico en la mayor parte de México, América Central y del Norte, ocurriendo principalmente durante mayo a octubre. Las excepciones a esto son el norte de México, en donde las lluvias son más fuertes en septiembre y octubre. Aunque los ríos más pequeños de América descargan en el Océano Pacífico, su aporte puede ser significativo durante la temporada de lluvias (Bennet, 1966a). El flujo de los ríos en México y América Central es mayor durante los meses de agosto a noviembre y está estrechamente relacionado con los patrones de la estación lluviosa de esta región.

El Océano Pacífico Oriental (OPO), la zona ubicada al Este de los 120°O entre las latitudes de los 20°S y los 30°N (Wyrski, 1965; Miyabe y Bayliff, 1987), está caracterizado por una permanente y bien desarrollada termoclina somera < 100 m. Su topografía está relacionada con las corrientes en la capa superficial, caracterizada por ondulaciones < 100 m y senos > 100 m, orientada de Este a Oeste.

Otra característica termal sobresaliente en el OPO incluye una lengua superficial de agua fría frente a la costa de Perú y áreas localizadas de aguas más frías en la Punta de Panamá, a lo largo de la costa de América Central y el Domo de Costa Rica (9°N, 89°O; Wyrski, 1965) que son el resultado de eventos periódicos de surgencias. La surgencia es frecuentemente más intensa

durante los fuertes vientos del norte en el Golfo de Tehuantepec, desde aproximadamente noviembre a marzo; el Golfo de Panamá de febrero a abril y en el Domo de Costa Rica de diciembre a mayo (Cromwell, 1958; Wyrcki, 1965; Robinson y Bauer, 1971; Hall et al., 1992).

La salinidad muestra una máxima típica para los trópicos. En el Océano Pacífico Tropical Central, la variación estacional de la salinidad puede ser grande, especialmente en el Golfo de Panamá y frente a las costas de Colombia y norte de Ecuador, en donde la salinidad decrece de 34 a menos de 30 ppm al final de la estación lluviosa (Bennet, 1966b). La baja salinidad debida al exceso de la precipitación y el aporte de los ríos sobre la evaporación, junto con altas temperaturas, caracterizan la Masa de Agua Superficial Tropical, una gran masa de agua centrada a lo largo de los 10°N. Las masas de agua más salinas en el OPO incluyen la generalmente cálida Masa de Agua Superficial Subtropical del Giro Pacífico Sur y la Masa de Agua Superficial Ecuatorial, cuyas propiedades están determinadas por advección estacional de agua más fría de la Corriente del Perú y por afloramiento ecuatorial. Las aguas más frías y de baja salinidad de la Corriente de California y de la Corriente del Perú pueden también ser distinguidas como masas de agua separadas en el OPO (Wyrcki, 1967; Hall et al., 1992).

El límite superior de la capa mínima de oxígeno se encuentra en profundidades menores de 50 m frente a América Central y menor de 100 m a lo largo de los 10°N tan afuera como los 150°O y la región costera de Perú y norte de Chile. La capa de mínimo oxígeno está a más de 200 m de profundidad frente a México y América Central al oeste de 120°O; y a más de 300 m frente a Perú al oeste de 80°O. El oxígeno disuelto puede ser tan bajo como 0.1 ml/l en profundidades menores que 400 m en estas dos áreas, y se incrementa a 3 ml/l con la distancia de la costa. A lo largo de las costas de Ecuador y Colombia la profundidad de la capa de mínimo oxígeno varía de 600 m a 1000 m y a lo largo del Ecuador es menor que 300 m de profundidad.

Se ha sugerido que en el norte del Océano Pacífico existen condiciones oligotróficas en la capa de mezcla vertical, lo cual está relacionado con la presencia de ondas internas, como un mecanismo de aporte de nutrientes a la zona eufótica (Polanco et al., 1987). Con anterioridad se habían logrado predicciones de productividad superficial con base en índices de mezcla vertical siendo consistente con lo sugerido sobre la zona oligotrófica. Posteriormente propusieron que la advección vertical en esa región oceanográfica actúa como un proceso de fertilización superficial causante de la variabilidad horizontal de la productividad primaria y de otras propiedades biológicas superficiales (Mann y Lazier, 1996).

En particular frente a las costas occidentales de México se observó que existe una clara y coherente respuesta del océano a la intensidad del viento y los domos térmicos sugeridos en la zona mencionada y a la alta productividad biológica de la Corriente de California debida a variaciones en la advección horizontal, resultan consistentes con los mecanismos de fertilización superficial propuestos para explicar la migración y agregación de túnidos aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y barrilete (*Katsuwonus pelamis*), mientras que los frentes térmicos presentes durante la primavera y el verano al suroeste de Cabo San Lucas, B.C.S., son causa de la ocurrencia de estas especies en esa región (Polanco et al., 1987).

En el Golfo de Tehuantepec, especies como el atún aleta amarilla ocurren de acuerdo con la distribución espacio - temporal de su alimento, que a su vez puede explicarse en términos de condiciones oceanográficas y de ciclicidad meteorológica. Otro mecanismo de fertilización relacionado con la presencia de agregaciones de túnidos en las vecindades geográficas de islas, es la interacción de estas formaciones con la circulación oceánica. El efecto disruptivo de islas y bajos sobre la advección horizontal vecina ha sido observado por Mann y Lazier (1996), los cuales sugieren que este "efecto de isla" es la resultante de la velocidad de la circulación, su ángulo de incidencia, la acción superficial del viento y la morfología de esas formaciones. También se ha considerado que el transporte vertical de nutrientes hacia la superficie es intensificado por la mezcla de oleaje y por el rompimiento de los "domos térmicos" superficiales como resultado de la acción intensa del viento y la coincidencia de esos "domos" con la batimetría de islas y bajos. En esta región oceanográfica se observó mayor ocurrencia de túnidos aleta amarilla en las inmediaciones de islas, bajos y en general en áreas de intensa mezcla vertical.

De acuerdo con Espino-Barr (2000) las pesquerías tropicales se afectan con cambios climáticos que son estacionales, anuales y periódicos, que se repiten año con año y Madrid-Vera (1998) menciona que en la región Centro del Pacífico Mexicano existen cambios en las abundancias con respecto a las variaciones interanuales: durante el verano aumenta la riqueza específica y durante el invierno aumenta la abundancia. La abundancia de algunas especies tiene una relación directa con la temperatura superficial del mar, mientras que en otras por el contrario, la relación es negativa.

Pero también hay variaciones no periódicas. El Niño y La Niña están considerados como fenómenos cuya periodicidad no está muy bien comprendida (entre 7 y 11 años y aparente con tendencia a aumentar su frecuencia), cuyo efecto en las poblaciones de peces es reconocido.

El Niño es un fenómeno que engloba un conjunto de variables ambientales que se presentan en la aparición de corrientes oceánicas cálidas en las costas del Océano Pacífico de América del Sur, durante el verano del hemisferio sur. Este fenómeno se presenta a intervalos no bien definidos, se caracteriza porque la superficie del mar y la atmósfera sobre él, presentan una condición anormal durante un periodo que va de cuatro a catorce meses (Acosta-Godínez, 1988)

Periódicamente, el OPO está afectado por una anomalía atmósfera/océano de gran escala conocida como El Niño, caracterizada por una anomalía térmica positiva superficial. Este fenómeno está asociado con cambios en los centros atmosféricos de superficie - presión en el centro del Pacífico Sur y Occidental conocido como la Oscilación del Sur. En el evento de El Niño 1982-1983, los más fuertes registros de este siglo, la estructura ecológica del OPO cambió drásticamente con el debilitamiento de la Corriente Ecuatorial, mientras los cambios en la precipitación fueron más secos para América Central y lluviosos con flujos más fuertes en las áreas costeras de Sudamérica. Estos eventos condujeron a la aparición de especies de agua cálida en altas latitudes, el colapso de varias pesquerías importantes y el incremento de otras. Una descripción general puede ser encontrada en Halpern (1983), Wooster y Fluharty (1985) y Glantz, Katz y Krenz (1987).

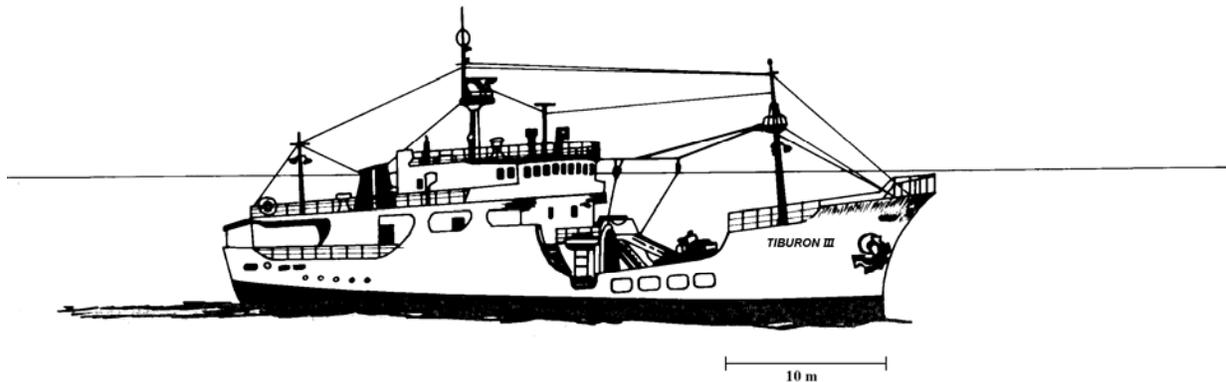
### **V.3.- ASPECTOS DE LA PESQUERIA PALANGRERA**

El palangre ha sido desarrollado por los japoneses para capturar atunes, picudos y tiburones que están distribuidos en un intervalo de profundidad comprendido entre aproximadamente 50 y 150 m. Una unidad básica de equipo consiste de la línea principal, un número de reinales cada uno con un anzuelo, la línea del flotador y su boya. La profundidad en la que se encuentra suspendido el anzuelo desde la línea principal puede ser ajustada por la longitud de la línea de flotación y la velocidad de salida de la línea principal o "línea madre" (Suzuki y Kume, 1982; Miyabe y Bayliff, 1987; Santana-Hernández, 1989 y 1997; Nakano y Bayliff, 1992).

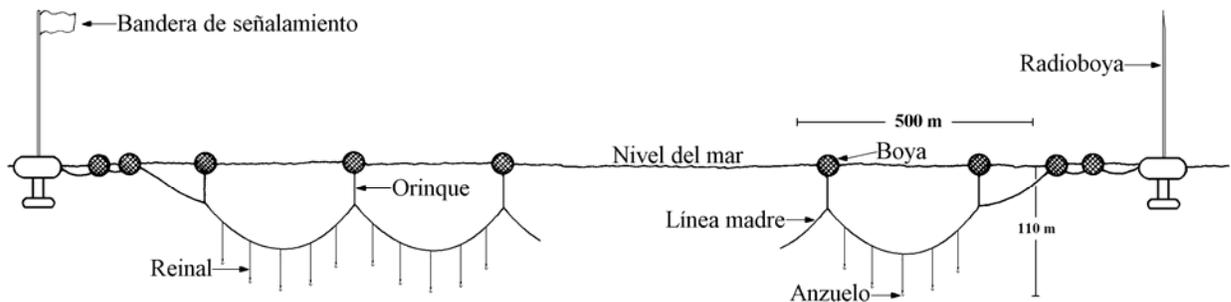
En cuanto a la selectividad del palangre, parece haber poca diferencia entre los diferentes anzuelos, así como el tamaño de los organismos capturados. La selectividad total con respecto a las especies de peces capturados por los diferentes equipos es también difícil de obtener. Con métodos de pesca de profundidad (palangre y línea de mano), la selección puede ser intentada en función de las áreas, estaciones, profundidad y condiciones ambientales en las cuales la pesca se está realizando y las mismas estrategias pueden ser en aras de determinar o no la captura de las especies deseadas. Esto puede también estar influenciado, sin embargo, por la táctica de pesca, como tipo y tamaño de carnada o línea y anzuelo, posición de la carnada o señuelo y la velocidad de tendido y cobrado (Kikawa, 1972).

Los palangres profundos fueron estudiados por Saito (1973 y 1975) y Suzuki y Kume (1982). Este método de pesca fue introducido en 1974 por los pequeños barcos palangreros japoneses en el Pacífico Occidental Ecuatorial. Las artes palangreras convencionales y profundas son esencialmente iguales, excepto por la longitud del cabo principal, utilizado en cada sección o "canasta", es decir, entre dos flotadores. El número de anzuelos por canasta fluctúa entre 4 y 15. Los autores antes mencionados, consideraron que los palangres convencionales tenían entre 4 y 6 anzuelos, mientras que los palangres profundos eran aquéllos que contenían 10 o más anzuelos por sección o canasta. Los cabos principales de ambos tipos cuelgan de los flotadores aproximadamente en el mismo ángulo, así que los anzuelos cerca de los flotadores pescan casi a la misma profundidad que cualquiera de los palangres convencionales (Suzuki y Kume, 1982). Hanamoto (1974) encontró que el atún patudo (*Thunnus obesus*) se captura con más frecuencia en los anzuelos profundos de los palangres convencionales y Saito (1975) informó que los índices de captura de patudo, en experimentos con palangres verticales fueron considerablemente superiores con respecto al de los palangres convencionales.

Los palangres convencionales han predominado al sur de Baja California, al norte de los 20°N y frente al Perú y el norte de Chile. En estas áreas la termoclina es menos profunda y su formación es temporal. Las primeras operaciones comerciales importantes de la pesquería de picudos, en el OPO iniciaron a finales de 1956, centrándose las operaciones de pesca entre los meridianos 130°O y 120°O y entre el Ecuador y los 10°N. Para el año 1963, la flota palangrera sobrepasó los 80°O y las operaciones de pesca se extendieron en dirección norte hasta los 25°N y en dirección sur hasta los 32°S (Miyabe y Bayliff, 1987). En las figuras 4 y 5 se muestran el prototipo de barco palangrero y un palangre en operación.



**Figura 4.- Prototipo de barco palangrero utilizado para la captura de pelágicos mayores en la Zona Económica Exclusiva del Pacífico mexicano.**



**Figura 5.- Palangre utilizado para la captura de pelágicos mayores en la Zona Económica Exclusiva del Pacífico mexicano.**

Sobre la distribución vertical de las diferentes especies de pelágicos mayores capturados con palangre, se han realizado trabajos por Boggs (1992) con el fin de verificar el instante en que las especies capturadas mordieron la carnada. Este autor encontró que el pez vela y el marlin rayado se capturaron cuando el palangre se encontraba en movimiento, es decir, cuando el palangre está en proceso de tendido o cobrado. Por su parte, Podesta et al. (1993) mencionan que la profundidad de captura de especies pelágicas está influenciada por la configuración del equipo de pesca durante el trabajo, puesto que ésta es controlada por la longitud de las líneas de flotación y la separación de la línea principal, la cual afecta la catenaria. Además, la deriva y las deformaciones del equipo por efecto de las corrientes, también introducen variaciones en la profundidad de pesca. Las variaciones de profundidad en la que operan los diferentes anzuelos del palangre en la ZEEPM fueron analizadas por Santana-Hernández (1997) y Santana-Hernández, Macías-Zamora y Valdéz-Flores (1998) en donde también se concluyó que la profundidad de operación está afectada por la intensidad de las corrientes locales y la posición de los anzuelos, respecto a la catenaria formada por la línea madre, variando considerablemente respecto a la profundidades calculadas.

En cuanto a la identificación de las especies de pico, las administraciones pesqueras de otros países y algunos organismos internacionales de administración pesquera y en particular la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), adoptaron la clasificación taxonómica

(Polanco et al.,1987) que se agrupa en el Suborden Scombroidei a los atunes y a los picudos. Desde el punto de vista taxonómico, la aceptación de que picudos y atunes pertenecen a un mismo Suborden, implica aceptar que ambos grupos tuvieron un ancestro común. Adicionalmente, esta decisión se fundamentó en ciertas afinidades entre atunes y picudos, tales como que ambos grupos son tropicales y subtropicales, que coinciden en la estrategia reproductiva y alimenticia que en su explotación se emplea la misma tecnología de captura y que ambos, atunes y picudos son especies valiosas. Si los criterios anteriores fueran aplicables, entonces, se debería incluir en la misma clasificación al grupo de los tiburones. En este sentido, para una administración pesquera la clasificación taxonómica de los diversos grupos biológicos adquiere importancia en la medida en que es el fundamento de las estrategias de manejo de las pesquerías. Es importante mencionar que a diferencia de las especies de pico, los tiburones no han recibido el mismo tratamiento de análisis por parte de la CIAT, lo que implica un vacío de información sobre estas importantes especies (Polanco et al., 1987).

Según Miyabe y Bayliff (1987), en los informes realizados por la CIAT se usaron mapas de los índices de captura por unidad de esfuerzo, evaluados como las capturas obtenidas por cada mil anzuelos para estimar la abundancia de las diferentes especies de atunes y picudos por zona y temporada. Estos datos indican zona y tiempo pero no la profundidad de los anzuelos. De esta manera los índices de captura por anzuelo no son necesariamente un indicador perfecto de la abundancia relativa de una especie en particular en diferentes zonas y trimestres. Además, no hay razón para creer que las diferentes especies son igualmente vulnerables a la captura palangrera aún en los mismos estratos zona - tiempo - profundidad, así que a partir de los datos de los índices de captura por anzuelo, no puede decirse que una especie es más o menos abundante que otra. Ya se ha mencionado que el atún patudo se mantiene más tiempo en las aguas más profundas que la mayoría de otras especies, así que la profundidad de los anzuelos puede influir en la composición de las capturas. De esta manera, la vulnerabilidad a la captura de las especies puede variar con la zona, temporada, talla de los peces y también con la profundidad de los anzuelos. No obstante, puede obtenerse información útil según los datos de los índices de captura por anzuelo, principalmente en aquellos casos en que se analizan datos procedentes de operaciones de barcos similares, con las mismas estrategias de operación y durante un periodo considerable.

En vista de lo anterior, se esperaría que la pesca epipelágica tuviera un mayor efecto directo sobre la pesca palangrera y no lo contrario. Debe tenerse en cuenta que las capturas palangreras y los

índices de la captura por anzuelo, no son necesariamente indicadores confiables de las abundancias de unas especies con respecto a otras, ya que la pesca palangrera es una pesquería de especies múltiples y los pescadores pueden decidir pescar en zonas en donde el aleta amarilla es menos abundante porque desean capturar otras especies, o por la misma razón pueden usar artes que son menos eficaces para el aleta amarilla en buenas zonas de pesca para esta especie (Miyabe y Bayliff, 1987).

De acuerdo con los anuarios estadísticos de la FAO se pueden observar tres periodos con diferentes promedios de rendimientos anuales de picudos, el primero de ellos comprende de 1965 a 1970 con un rendimiento anual promedio de 71,000 toneladas, el segundo de 1971-1975 con un rendimiento anual promedio de 54,000 toneladas y el tercero de 1976-1980 con un rendimiento anual promedio de 60,000 toneladas. Durante el periodo 1965-1980 se observaron cambios notables en la composición por especies de las capturas de picudos y en el nivel de participación de los principales países picuderos en la obtención de las capturas. Estos cambios reflejaron el ordenamiento de las pescas mundiales, que afectó principalmente a las flotas pesqueras de aguas distantes como la de Japón, Corea y Taiwan.

Estos países fueron los principales países que capturaron picudos, atunes y tiburones en el Océano Pacífico. Las dimensiones de la flota eran de 2150 embarcaciones, aproximadamente, 1500 de bandera japonesa, 300 de Corea y 350 de Taiwan.

Durante el periodo 1965-1975, el marlin rayado (*Tetrapturus audax*) fue la especie que contribuyó con un porcentaje mayor en las capturas totales de picudos (34.1%). El pez espada (*Xiphias gladius*) con el 26.0%, el marlin azul (*Makaira mazara*) con el 22.2%, el pez vela (*Istiophorus platypterus*) con el 15.6% y el marlin negro (*Makaira indica*) contribuyó con el 2.1% restante. Durante el periodo 1976-1980, en la composición por especies se observaron las siguientes contribuciones. El pez espada fue la especie que contribuyó con un mayor porcentaje, 31%, el marlin azul 26.9%, el marlin rayado 22.6%, el pez vela 15.3% y el marlin negro con 4.1% (Miyabe y Bayliff, 1987; Polanco et al., 1987).

La explicación de los cambios en el reordenamiento tiene su fundamento en la implantación del régimen de 200 millas por los países costeros en el año de 1976 y su relación con las zonas de mayor abundancia de los diferentes stocks de picudos. Así por ejemplo, las zonas de mayor abundancia de marlin rayado se localizan en las aguas patrimoniales de México y de los países centroamericanos, y el acceso de las flotas palangreras de los países que tradicionalmente explotaban estos recursos se limitó notablemente. Por el contrario, las zonas de mayor

abundancia de pez espada y marlin azul, se localizan en aguas internacionales que no habían tenido restricciones de acceso a las flotas de aguas distantes (Miyabe y Bayliff, 1987).

Durante el periodo 1965-1975 Japón, el país pesquero más grande del mundo, obtuvo el 84% de las capturas totales de picudos en el Océano Pacífico. Sin embargo a partir de la implantación del régimen de 200 millas, durante el periodo 1976-1980, su participación en la explotación de picudos se redujo en un 17%. Se estima que estos cambios fueron el principio de un reordenamiento de las pesquerías de picudos a nivel mundial. El esfuerzo pesquero aplicado en la zona económica exclusiva de México registró un promedio de 6 millones de anzuelos anuales. En el año de 1974 se registró un máximo en el esfuerzo aplicado equivalente a 7.5 millones de anzuelos.

En términos globales, los niveles de captura de picudos en el Océano Pacífico se mantuvieron, y de hecho los rendimientos anuales promedio registrados durante el periodo 1977-1982 mostraron una tendencia al crecimiento, con respecto a los rendimientos anuales promedio registrados durante el periodo 1971-1975, para estabilizarse en los niveles registrados durante el periodo 1965-1970, que fueron los más altos en la historia de la pesquería de picudos en el Océano Pacífico. De todo lo anterior se puede resumir que la explotación de picudos en el Océano Pacífico registró modificaciones en la redistribución del esfuerzo pesquero total.

La Zona Económica Exclusiva del Pacífico Mexicano, a partir de los años sesenta, adquiere una importancia relevante como caladero en toda el área del Pacífico, ya que es aquí donde ocurren las concentraciones más importantes del recurso "picudos" a lo largo de todo el año; aunque con algunas variaciones estacionales en densidad, esta región registra índices de abundancia entre 3 y 5 veces superiores a los de cualquier otra zona del Pacífico (Miyabe y Bayliff, 1987; Polanco et al., 1987).

Por espacio de varias décadas, flotas extranjeras, principalmente Japón utilizaron y aprovecharon comercialmente estos recursos estuvieron realizados por, además de otros países como China, Corea, Taiwan y E.U.A. De acuerdo con las estadísticas de pesca de la flota palangrera japonesa, hasta un 50% de las capturas totales de marlin rayado y pez vela en el Pacífico oriental, fueron obtenidas en aguas territoriales y en la actual zona económica exclusiva de México. Esto se logró aplicando sólo un 16% del esfuerzo pesquero registrado en todo el Pacífico Oriental (76 millones de anzuelos/año), lo cual da idea de los altos rendimientos obtenidos en nuestros mares (Polanco et al., 1987).

Por su parte, el uso económico de estos recursos en México se limitaba a la pesca deportiva en áreas muy costeras, mientras que la protección del recurso era restringida sólo a la franja de 12 millas de mar territorial. Con el establecimiento del régimen de 200 millas de mar patrimonial o Zona Económica Exclusiva adoptado por la mayoría de los estados costeros en el año de 1977, se excluyó a las flotas extranjeras del aprovechamiento de los recursos existentes en dichas aguas. Japón, que había sido tradicionalmente el país pesquero de mayor actividad particularmente en la zona del Pacífico Oriental, se vio seriamente afectado debido a que dejó de utilizar 1054 barcos pesqueros, quedando sin posibilidad de compensar las alrededor de 4 millones de toneladas anuales de capturas que se obtenían en las zonas afectadas por el nuevo régimen. Son todos estos hechos que singularizan las aguas jurisdiccionales de México en el Océano Pacífico Oriental y que fundamentan la necesidad de promover un óptimo aprovechamiento de los recursos de "picudos" y otros pelágicos mayores, compatibilizando los intereses de uso comercial y deportivo (Polanco et al., 1987).

La distribución general del marlin rayado se encuentra desde Chile hasta el sur de California. De acuerdo con Nakamura (1974), en el Pacífico mexicano se encuentra la zona de mayor densidad en el hemisferio norte. Por su parte, el pez espada ocurre desde Oregon, U.S.A. hasta Talcahuano, Chile. La zona más importante de pesca se encuentra en las costas Oeste de B.C.S. y en las aguas al norte de las Islas Revillagigedo.

Las más altas concentraciones de pez vela ocurren en las aguas cercanas a la costa, desde el Golfo de California hasta el norte del Perú (Kume y Joseph, 1969). En los años cuando las aguas son cálidas se desplazan hasta altas latitudes y las estadísticas de desembarque reportan un pequeño número de peces vela capturados en aguas oceánicas frente a California, U.S.A. (Polanco et al., 1987). En el Pacífico Mexicano, el pez vela es el más costero de los picudos. Antes de la década de lo setenta, las principales capturas de pez vela las obtuvieron los pescadores deportivos en los puertos de Mazatlán, Manzanillo, Zihuatanejo y Acapulco. Por su parte, las flotas picuderas operaron en las costas de Oaxaca y Chiapas.

Los índices de captura por anzuelo para el caso de pez vela, obtenidos por la flota palangrera japonesa, fueron más elevados durante todo el año desde el Golfo de California hasta el Golfo de Panamá, especialmente a la altura de la parte norte de Centroamérica (periodos 1956-1970 y 1971-1980). Los índices de captura más elevados durante los dos últimos trimestres pueden indicar un movimiento desde la parte norte de Centroamérica al Golfo de Panamá durante el verano Boreal como lo indican Kume y Joseph (1969) y Kume (1973).

Los índices de captura de marlin rayado durante los periodos 1956-1970 fueron más elevados frente a Baja California, en el Golfo de California y al sur de Baja California hasta cerca de los 10°N y la zona con índices de captura elevados se extiende al oeste durante los dos últimos trimestres (Joseph et al., 1974; Miyabe y Byliff, 1987).

La distribución de los más altos índices de captura por anzuelo de pez espada del periodo 1971-1980 fueron similares a la de 1956-1970 (Joseph et al., 1974) con valores elevados durante todo el año frente a Baja California y en el Golfo de California y, en menor grado, entre el Ecuador y Las Galápagos.

A partir de la década de los ochenta, en aguas mexicanas inició sus operaciones una flota de barcos pesqueros de origen japonés abanderados por México. Las operaciones de estos barcos iniciaron como una respuesta a los compromisos contraídos por el establecimiento de ZEEPM en 1976. De 23 barcos que operaron legalmente en aguas mexicanas se pudieron separar tres flotas por sus características particulares de operación, puerto base, composición de las tripulaciones (proporción de extranjeros y mexicanos) y zonas de pesca: las flotas "Alianza", "Copemapro" y "Tiburón". Por las características antes mencionadas, las tres flotas obtuvieron diferentes resultados en cuanto a la composición de las especies y volúmenes de captura (Macías-Zamora, 1993; Santana-Hernández, 1989, 1997). Después de comparar la calidad de la información reportada por estos barcos, se concluyó que la calidad de la información generada a partir de los registros de la flota Tiburón era más confiable para las otras dos flotas que operaron simultáneamente en la ZEEPM, y por tanto los más adecuados para realizar cualquier estudio en el que los valores de los índices de abundancia fueran determinantes para la obtención de resultados de buena calidad.

Los barcos palangreros de la flota "Tiburón" en la ZEEPM, durante el período 1983-1996, obtuvieron considerables volúmenes de pez vela, marlin rayado, pez espada, tiburón zorro, tiburón azul, tiburón volador, tiburón martillo, dorado y atún aleta, entre otras de menor abundancia (Santana-Hernández, 1989 y 1997 y Macías-Zamora, 1993). Sobre la distribución y abundancia de las especies de pico en particular y de los tiburones en general, Santana-Hernández (1989) realizó un estudio con información procedente de la pesca palangrera, con barcos de la flota "Tiburón" durante el período 1983-1985. Entre los resultados más importantes de este estudio, se observó que los indicadores de abundancia de algunas especies mostraron un patrón con cierta preferencia estacional y espacial. Por su parte, Macías-Zamora (1993) realizó un estudio sobre la distribución de las principales especies capturadas por toda la flota mexicana,

incluyendo las flotas de Manzanillo, Ensenada y otros puertos del Pacífico mexicano. Klett-Traulsen, Ponce-Díaz y Ortega-García (1996) estudiaron las variaciones mensuales de las especies de pico obtenidas por la pesca deportiva en Los Cabos y Buenavista, Baja California Sur durante 1997.

Otro estudio relevante sobre tiburones pelágicos asociados con la pesquería del pez espada (*Xiphias gladius*) fue realizado por Buencuerpo, Ríos y Morón (1998) con datos obtenidos en las operaciones de la pesquería palangrera y con redes agalleras, realizadas en el Océano Atlántico Norte Oriental y el Estrecho de Gibraltar, durante el periodo comprendido entre julio de 1991 y julio de 1992. La composición de la captura obtenida tiene cierta semejanza con las especies asociadas a las aguas templadas de la Corriente de California.

## **VI.- MATERIAL Y MÉTODOS**

### ***VI.1.- ORIGEN DE LA INFORMACION Y COMPOSICIÓN DE ESPECIES***

La información utilizada para la realización del presente trabajo fue obtenida a través de las bitácoras reportadas por cuatro barcos palangreros de la flota conocida como "Tiburón" durante el período 1983-1996, además de los datos obtenidos por observadores que participaron a bordo de estos barcos durante el desarrollo de proyectos de investigación a cargo del Instituto Nacional de la Pesca. También se obtuvo información generada por proyectos de investigación asociados a permisos de pesca de fomento que fueron otorgados al barco palangrero "Tiburón III", durante el período 1992-1996. Con esta información se creó una base de datos en un formato común, sin excluir la posibilidad de analizarlas por separado, ya que por sus diversos orígenes no comparten calidad ni estructura. En general la información recopilada de las bitácoras consistió de los datos de captura en número de organismos por especie y esfuerzo en número de anzuelos aplicados; así como los datos de posición geográfica del inicio de las maniobras de lance y cobrado del palangre. Otros datos importantes fueron los valores de la temperatura superficial tomados durante el reposo del palangre y algunos datos obtenidos sobre observaciones meteorológicas.

En cuanto a los datos obtenidos por los observadores a bordo de los barcos palangreros, éstos consistieron, además de la información anterior, de algunos aspectos relacionados con la profundidad de operación teórica y real del palangre y de la identificación más precisa de las especies capturadas.

Para evaluar la compatibilidad de los datos de captura de las dos fuentes de información: bitácoras de pesca y de observadores a bordo de los barcos, se realizó una prueba estadística de Ji-cuadrado ( $\chi^2$ ), a partir de las proporciones de las nueve principales especies reportadas. Para este fin los datos de los observadores se consideraron como los valores esperados y los datos de las bitácoras como los valores observados.

### ***VI.2.- ESTRATIFICACION DE AREAS***

Para la realización de estudios sobre la distribución y abundancia de atunes y picudos, con datos de captura y esfuerzo de la flota palangrera japonesa que operó en el Océano Pacífico Oriental (al Este del meridiano 150° O), la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) utilizó como

unidades de área cuadrantes de 1° de Latitud por 1° de Longitud (Suda y Schaefer, 1965; Kume y Schaefer, 1966; Kume y Joseph, 1969; Shingu, Tomlinson y Peterson, 1974; Miyabe y Bayliff, 1987). En virtud de que los palangres japoneses generalmente miden entre 60 y 75 millas de longitud, por lo que pescan comúnmente en dos o tres áreas de un grado en un solo lance, los autores citados asignaron todo el esfuerzo y la captura de un solo lance al área de un grado que incluyó la mayor cantidad de anzuelos. Por su parte, Miyabe y Bayliff, (1987) consideran que este procedimiento no es una fuente significativa de error, por el hecho de que en la mayoría de los análisis se combinaron con datos de muchas áreas de un grado para formar nueve o menos áreas más grandes. El área total que analizaron estos autores cubrió entre los 40° S y 40° N y entre los 70° O y 150° O.

Es importante mencionar que mediante el análisis mencionado anteriormente, lo que es hoy la Zona Económica Exclusiva del Pacífico mexicano quedó clasificada como el Area 7, dividida en dos subáreas: 7-1 y 7-2. Estas subdivisiones se caracterizaron por su particular abundancia de marlin rayado y de pez vela, respectivamente comparadas con el resto de las áreas del Océano Pacífico Oriental (Miyabe y Bayliff, 1987).

Por su parte, Arenas et al. (1992) utilizaron cuadrantes de 5 grados para realizar un análisis de la asociación de atunes con objetos flotantes y delfines en el Océano Pacífico Oriental; en este caso los datos utilizados fueron obtenidos a bordo de los barcos cerqueros atuneros de la flota internacional, por personal de la CIAT. Para evitar los sesgos, los autores sólo consideraron los cuadrantes de cinco grados que contenían más de 10 registros.

Una importante consideración sobre la selección de las dimensiones de los cuadrantes para la realización del presente estudio, está relacionada con la composición específica de la captura deseada antes de salir vía la pesca, lo cual es decidido prácticamente por los capitanes o los armadores de los barcos palangreros. La composición específica está en función de las áreas y la estacionalidad. Así, las áreas de pesca más comunes son referidas como la zona norte y la zona sur, usando como punto de referencia el puerto de Manzanillo. Con base en esta práctica común, también en los proyectos de investigación del Instituto Nacional de la Pesca asociados a los permisos de pesca comercial, se ha sugerido que las operaciones pesqueras sean dirigidas, según sea el caso, hacia tres divisiones latitudinales del Pacífico mexicano, con el fin de amortiguar los conflictos que pudieran suscitarse en las áreas aledañas a los puertos turísticos, por la interacción de las flotas de pesca deportiva con los barcos palangreros.

Si se toman en cuenta los aspectos mencionados, la selección de cuadrantes de 5° de Latitud por 5° de Longitud usados como unidades de muestreo, permite separar uniformemente las áreas de operación y el esfuerzo pesquero aplicado por los cuatro barcos palangreros de la flota Tiburón en tres franjas, cuyas componentes norte y sur están caracterizadas oceanográficamente por la predominante influencia de masas de aguas templadas y cálidas, respectivamente. Además, esta división permite la posibilidad de evaluar una zona de transición cuyas características están influenciadas por los movimientos estacionales de la Corriente de California con masas de agua templada o la Contracorriente Ecuatorial y la Corriente Costera de Costa Rica con masas de agua cálida (Wyrki, 1966, 1967; De la Lanza-Espino, 1991; Madrid-Vera, 1998).

Los conceptos de Weihaupt (1984) relativos a las barreras físicas que influyen en la dispersión de los organismos marinos en los océanos como la profundidad del agua, la temperatura y la salinidad, entre otras, fortalecen los criterios tomados para las divisiones consideradas. Según este autor, el grado en que las barreras físicas restringen la dispersión de los organismos marinos, se puede detectar al observar la presencia o la ausencia de las especies de las aguas muy frías o muy cálidas y la de especies de aguas someras y de ribera en las partes más profundas de los océanos. No obstante estas consideraciones, es importante mencionar que los límites de distribución de las especies solitarias o que forman cardúmenes están determinados más bien por la periodicidad de las condiciones ambientales y la disponibilidad de los recursos que integran su ciclo vital, por lo que las áreas geográficas no establecen los límites ecológicos, mucho menos para las especies de pelágicos de alta movilidad, como los tratados en el presente estudio (Begon et al., 1995).

### ***VI.3.- RIQUEZA DE ESPECIES***

Con el fin de encontrar una medida comparativa de la variación en el número de especies, tanto en función de las áreas como en su temporalidad, se obtuvo un indicador de la riqueza de especies de pelágicos mayores correspondiente a cada unidad de muestreo, para lo cual se utilizaron los índices de rarefacción de Hurlbert (1971). La ecuación que representa estos índices se describe a continuación:

$$E(S_n) = \sum_{i=1}^S \left\{ 1 - \left[ \frac{N - n_i}{N} \right] \right\}$$

en donde

$E(S_n)$  = Probabilidad o esperanza de obtener un determinado número de especies en una muestra de  $n$  individuos.

$n_i$  = Número de individuos de la  $i$ ésima especie.

$N$  = Número total de individuos muestreados de cada especie.

El método considera la posible existencia de la desigualdad en los tamaños de muestra para cada una de las unidades de muestreo, lo cual es adecuado para el presente caso, es decir, calcula el número de especies que se esperarían en un muestreo aleatorio de cierto tamaño, como la suma de las probabilidades en que cada especie sería incluida en la muestra.

Los valores de los índices de rarefacción fueron graficados para poder apreciar más claramente el comportamiento de cada uno de los cuadrantes en función de su composición específica.

Las especies y sus abundancias fueron ordenadas jerárquicamente con base en su composición porcentual, generando un grupo en el cual las especies estuvieran plenamente representadas en las unidades de muestreo seleccionadas y que mostraron evidencia sobre la posibilidad de ser analizadas estacionalmente.

#### ***VI.4.- DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES***

De acuerdo con Shingu et al. (1974), el número de organismos por cada mil anzuelos ha sido empleado como una de las medidas de abundancia relativa de los peces capturados en la pesca japonesa con palangre, ya que según ellos estos valores reflejan los cambios en la abundancia de las poblaciones accesibles a este arte de pesca, de manera que si la accesibilidad y la distribución de los peces o el esfuerzo cambian por áreas, el sesgo que resulta de la abundancia relativa puede reducirse al estratificar las regiones de pesca.

Para los fines del presente trabajo, las especies fueron representadas espacial y estacionalmente mediante isolíneas de abundancia, utilizando el paquete Surfer (Win32) Versión 6.01 de Golden Software Inc. Los requerimientos básicos para el procesamiento fueron tres columnas de datos que correspondieron a valores del meridiano (longitud), paralelo (latitud) y abundancia de la especie (CPUE), respectivamente. A partir de esta información, los datos fueron representados en la superficie de un mapa prediseñado (contorno de la República mexicana y el Océano Pacífico Centro - Oriental, entre los 10° y 25°N y 90° y 115°O), sobre el cual se creó un espectro de isolíneas de abundancias, las cuales fueron graduadas mediante valores mínimos y máximos,

dependiendo de los valores de la especie representada. Como una primera parte, se representaron los valores de abundancia de las nueve especies, con las coordenadas geográficas reportadas durante cada lance de pesca y posteriormente se seleccionaron los valores de los cuadrantes de 5° considerados como unidades de muestreo. Estos últimos, a su vez, fueron separados por trimestre y asignados al centro del cuadrante de 5° de donde fueron obtenidos. Las isolíneas de abundancia entre cuadrantes son extrapolaciones, con el propósito de observar los patrones de distribución espacial para cada uno de los trimestres.

### ***VI.5.- SIMILITUD ENTRE LAS ESPECIES***

De acuerdo con Ludwig y Reynolds (1988) la tabulación en una matriz de datos ecológicos o datos primarios es un método conveniente de resumir grandes cantidades de datos y la matriz misma es la unidad básica sobre la cual se fundamenta el análisis sobre las comunidades. Esta matriz es una presentación rectangular de las mediciones tomadas en cada unidad de muestreo y pueden utilizarse dos tipos básicos de matrices dependiendo del propósito del estudio: el primero que conduce a la dinámica temporal (sucesión de la comunidad) en donde la matriz de datos representa las mediciones hechas a través del tiempo. El intervalo de tiempo depende del propósito específico del estudio. El segundo tipo de matriz es el referido a las mediciones tomadas en un número de unidades de muestreo distribuidas en el espacio. La distribución de las unidades de muestreo está determinada por el diseño experimental (ubicación aleatoria de los cuadrantes). Los análisis que se realizan sobre el espacio pueden ser repetidos estacional o anualmente, para examinar la dinámica espacial a través del tiempo.

Para el ordenamiento de las matrices de datos primarios se utilizaron claves que iniciaron con la letra "A" (Áreas) acompañadas de los números 1 al 6, para identificar cada uno de los cuadrantes seleccionados. Para representar a las áreas con su componente estacional, se les agregó la letra "T" (Trimestre) acompañada de los números del 1 al 4, referidos a cada trimestre de operación. Así, por ejemplo, la clave alfanumérica A6T3 representa a los valores de captura por unidad de esfuerzo, obtenidos en el Área 6 durante el tercer trimestre. Los cuatro trimestres seleccionados quedaron integrados por los periodos mensuales enero - marzo representando la estación de invierno, abril - junio representando la primavera, julio - septiembre para el verano y octubre - diciembre para el otoño.

Considerando que dentro de una comunidad existe una diversidad de factores bióticos y abióticos que influyen en la distribución, en la abundancia y en las interacciones de especies, es necesario contar con una medida para evaluar cómo éstas se encuentran formando comunidades. El grado de afinidad o la falta de ella para la coexistencia entre dos especies es conocida como asociación interespecífica (Ludwig y Reynolds, 1988).

Para determinar el grado de afinidad entre las especies se calculó el coeficiente de correlación por rangos de Spearman para todos los pares de especies. Este método, igual que el coeficiente de correlación de Pearson, evalúa el grado de covariación entre las abundancias de las especies, partiendo de la hipótesis nula de que las especies no están correlacionadas. Sin embargo, este último calcula un coeficiente no paramétrico a partir de muestras que contienen medidas cuantitativas de abundancia de las especies, debido a que los datos, como en la mayoría de los casos en que se utilizan valores de captura por unidad de esfuerzo, no cumplen con los supuestos de normalidad requeridos para la aplicación del coeficiente de correlación de Pearson. El análisis se realizó bajo el criterio R-mode o modo inverso (Legendre y Legendre, 1983), en el que los renglones de las matrices de datos ecológicos correspondieron a las especies (dependientes entre sí) y las columnas a las unidades de muestreo o áreas (independientes entre sí). A partir de estas comparaciones se esperaba obtener: a) Una correlación positiva cuando los valores de abundancia de una especie se incrementan en una unidad de muestreo, con un correspondiente incremento en la abundancia por parte de la otra especie; y b) Una correlación negativa cuando existe un incremento en la abundancia de una especie con un consecuente decremento de la otra. Los valores obtenidos por este coeficiente varían entre el intervalo de  $-1$  a  $+1$ .

Las correlaciones entre las especies se representaron gráficamente utilizando los índices de correlación por rangos de Spearman, con los que se elaboraron diagramas de plexus (enlace), también conocidos como constelación de especies (McIntosh, 1978). En estos diagramas las especies con valores de correlación positiva entre sí fueron ordenadas por grupos separados proporcionalmente de las especies con las cuales la correlación resultó negativa.

## ***VI.6.- SEMEJANZA ENTRE LAS AREAS***

Generalmente las comparaciones de muestras de plantas o animales, cuando se trata de resolver problemas de estructura de la comunidad, son resueltos a través de funciones de semejanza ecológica, particularmente con medidas de distancias obtenidas a partir de matrices de

abundancias distribuidas en diferentes unidades de muestreo. Los valores de abundancia utilizados en este caso, son la relación del número de organismos entre el número de anzuelos utilizados durante su captura. Estas medidas, al igual que los coeficientes de correlación entre las especies, son obtenidas a partir de las unidades de muestreo, ya sea de las localidades en el paisaje o de la misma localidad pero en diferentes tiempos (Livingston, 1976).

Las medidas de distancia ecológica se obtuvieron a partir de las matrices de nueve especies por seis unidades de muestreo (9x6), y con la matriz que incluye a la temporalidad por trimestre de cada área (9x23). En este caso, se utilizó un análisis normal (Q-mode), considerando que las unidades de muestreo son independientes unas de otras (Legendre y Legendre, 1983). Con base en este criterio se calculó el coeficiente de distancia de la cuerda CRD (Pielou, 1975), por considerarse el indicador más apropiado el cual asume un valor mínimo de 0 (cero) cuando un par de unidades de muestreo son idénticas y valores máximos que no exceden a la raíz cuadrada de dos (1.41) cuando las unidades de muestreo son completamente diferentes; esto permite que los valores sean fácilmente comparados y además evita resultados espurios como los que pueden ocurrir con otras medidas de distancia como las de Bray-Curtis y las del grupo Euclidiano.

Las ecuaciones utilizadas para el cálculo de la distancia ecológica se presentan a continuación:

Distancia de la Cuerda

$$CRD_{jk} = \sqrt{2(1 - c \cos_{jk})}$$

Donde el coseno de la cuerda (**ccos**), es calculado a partir de:

$$c \cos_{jk} = \frac{\sum_i^S X_{ij} X_{ik}}{\sqrt{\sum_i^S X_{ij}^2 \sum_i^S X_{ik}^2}}$$

Con el fin de ratificar los resultados obtenidos sobre la semejanza entre las unidades de muestreo con la distancia de la cuerda, se utilizó como método alternativo el análisis de cúmulos (cluster), con las mismas matrices de datos utilizadas con el método anterior. Esta técnica de clasificación coloca las especies o similares en grupos ordenados en estructuras jerárquicas llamadas dendrogramas, los cuales pueden delimitar o representar diferentes grupos de especies o unidades de muestreo. Los requerimientos iniciales para este análisis son índices de semejanza (distancias) entre las unidades de muestreo. En este caso se utilizaron distancias euclidianas cuadradas y como criterio de enlace o agrupamiento, se utilizó el de mínima varianza también conocido como

método de Ward (Ludwig y Reynolds, 1988; Dillon y Goldstein, 1993). Uno de los atractivos de este método, es que está basado en el principio subyacente simple de que en cada estado de agrupamiento, la varianza dentro de los cúmulos es minimizada con respecto a la varianza entre cúmulos. Así, la varianza entre grupos está definida como la suma de cuadrados de las distancias, entre las unidades de muestreo dentro del cluster y el centroide del cluster. En cada ciclo de formación de un cluster las dos unidades de muestreo son agrupadas y la fusión resulta del mínimo incremento en la varianza.

### ***VI.7.- ANALISIS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL***

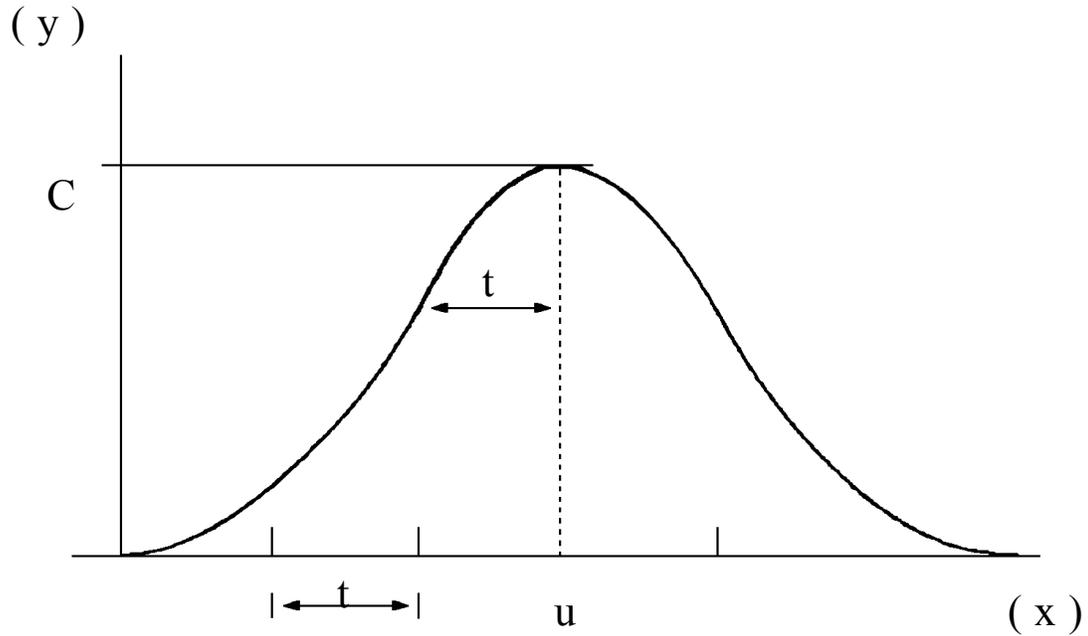
La mayor parte de los datos de temperatura superficial usados para evaluar las diferencias entre las áreas y la estacionalidad, fueron obtenidos a partir de perfiles de profundidad - temperatura y salinidad contenidos en el CD-ROM, NODC-03 editado por la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), Departamento de Comercio de los Estados Unidos. Los cuadrantes de 10 grados, a partir de los cuales se extrajo la información, corresponden a los codificados con los números 7108, 7109, 7110, 7210 y 7211. Los perfiles obtenidos fueron seleccionados para el período comprendido entre 1983 y 1990. A partir de esta información se separaron sólo las temperaturas superficiales con sus fechas y posición geográfica. Otros datos utilizados fueron los registros de las bitácoras que los barcos palangreros reportaron durante sus operaciones y otros procedentes de barcos cerqueros atuneros que operaron en el área de estudio durante el año 1996. Todos los datos fueron obtenidos en grados centígrados (°C) con una precisión de centésimas de grado.

A partir de la base de datos se seleccionaron los valores de la temperatura superficial correspondientes a cada uno de los cuadrantes considerados en el estudio y se elaboraron gráficos sobre el comportamiento de las isotermas tanto de manera espacial como estacionalmente. Para evaluar las temperaturas de la escala espacial se elaboraron histogramas con la representación de los valores por área y se calcularon los estadísticos descriptivos,.

Con el propósito de evaluar los datos de temperaturas en la escala espacio – estacional, se separaron los valores de temperatura por área y trimestre y se les aplicó un análisis de varianza de una vía. Posteriormente se aplicó una prueba de comparación múltiple por el método de las diferencias honestamente significativas de Tukey (Zar, 1996) para identificar grupos homogéneos de las unidades de muestreo trimestrales.

### ***VI.8.- RESPUESTA DE LAS ESPECIES ANTE EL GRADIENTE DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL***

Considerando las teorías existentes sobre la relación de las abundancias entre las especies y el ambiente abiótico, referidas como la tolerancia de cada una de ellas a lo largo del gradiente (Pielou, 1975; Odum, 1982; Gauch, 1982; Jongman et al., 1987), ya sea a cada uno de los factores abióticos en lo particular o del complejo ambiental en lo general, se seleccionaron de la base de datos todas las operaciones de pesca o lances en los que se registraron valores de temperatura superficial y se obtuvieron los correspondientes índices de abundancia para cada intervalo de un grado centígrado, ésto sin importar el área geográfica en que se hubieran obtenido. Así, con la totalidad de los datos agrupados se obtuvieron 15 intervalos de temperatura comprendidos entre 17° y 31°C. Los índices de abundancia seleccionados, se establecieron como la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE), es decir el número de individuos de cada especie que se capturaron por cada mil anzuelos operados. A continuación se realizó un análisis de dispersión de los datos, representando gráficamente los valores promedio y como valores extremos a los valores positivos y negativos equivalentes a una desviación estándar. El modelo teórico que describe la relación entre la abundancia de una especie con el gradiente ambiental de acuerdo con Gauch y Whittaker (1972), es la curva de distribución normal, la cual se representa mediante el diagrama de la figura 6.



**Figura 6.- Representación del modelo de respuesta de una especie al gradiente de una variable ambiental (Gauch y Whittaker, 1972).**

Este modelo se describe mediante la siguiente ecuación:

$$E_{y_{ik}} = C_K e^{-1/2(x_i - u_K)^2 / t_k^2}$$

en donde:

$E_{y_{ik}}$  = Valor esperado de la abundancia de la especie  $k$  en el sitio  $i$ .

$x_i$  = Valor de la variable ambiental.

$C_k$  = Máximo de la curva para la especie  $k$ .

$u_k$  = Optimo de la especie  $k$ . Es el valor de  $x$  para el cual se alcanza el máximo  $C_k$ .

$t_k$  = Tolerancia de la especie, que es una medida de la amplitud (dispersión) de la curva.

Para evitar los sesgos por escasa representatividad, durante la identificación de cada intervalo de temperatura, se desecharon los valores de captura por unidad de esfuerzo en los que no se realizaron por lo menos cinco lances. Posteriormente, estos indicadores se ajustaron a la curva de

$$CPUE = \frac{b}{\sqrt{2\pi a}} e^{-\frac{(t-c)^2}{(2a)^2}}$$

distribución normal o curva de Gauss, con base en la siguiente ecuación:

en donde

CPUE = Indicador de abundancia  
a, b y c = parámetros de ajuste de la curva.  
t = valor de la temperatura superficial

Los valores de ajuste de las curvas se estimaron mediante la técnica de mínimos cuadrados (Spiegel, 1991) y para obtener el mejor ajuste del modelo se aplicó una técnica iterativa, utilizando como criterio de optimización el mínimo valor de la suma de cuadrados residual. Para determinar la bondad de ajuste de las curvas obtenidas de las nueve especies, se utilizó el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), es decir la razón entre la suma de cuadrados explicada por el modelo, con respecto a la suma de cuadrados total (Daniel, 1991). De acuerdo con González-Sanzón (1994) la curva normal no representa una distribución de probabilidad, sino una función de respuesta. Es decir, se trata sólo de ajustar un modelo teórico a un conjunto de datos obtenidos mediante muestreo. En este sentido, es importante aclarar que si sólo se muestra un intervalo limitado de los valores de la variable ambiental, la relación entre la abundancia de la especie y los valores de la variable ambiental no se ajustarán perfectamente al modelo teórico antes mencionado, incluso se podrían ajustar a un modelo lineal.

## ***VI.9.- ANALISIS INTERANUAL***

Considerando que uno de los aspectos importantes sobre la ecología de comunidades tienen como objetivo describir los patrones, es decir comportamientos repetidos que presenta un conjunto de especies a lo largo de un determinado periodo y en una área dada (Greig-Smith, 1971; Green, 1980, Madrid-Vera, 1998 y Espino-Barr, 2000), la información fue ordenada de manera que pudiera ser analizada por periodos anuales. Durante este proceso de ordenamiento de la información, se tomaron en cuenta dos aspectos relevantes: 1) Se considera la existencia de dos áreas geográficas con suficientes evidencias para considerarlas diferentes por sus características oceanográficas y composición de especies y 2) Las dos áreas seleccionadas tienen diferencias en cuanto a la continuidad del periodo y estacionalidad de las operaciones de pesca.

Por lo antes expuesto, los datos de dos áreas de operación cuyas localizaciones son opuestas y predominantemente influenciadas por masas de agua templada y cálida, respectivamente, se ordenaron por años para su análisis interanual, los datos de los cuadrantes de 5°x5° numerados como las áreas 4 y 6, localizadas entre las coordenadas 15° a 25°N y 105° a 110°O. Los otros dos cuadrantes analizados en conjunto, fueron las áreas 1 y 2 localizadas entre 10° y 15°N y 90° a

100°. Es importante señalar que durante el periodo analizado, la flota palangrera operó de manera más o menos regular en estas áreas, aplicando 55.45% y 24.25% del esfuerzo pesquero respectivamente, los cuales en su conjunto sumaron el 84.70% del total aplicado en todas las áreas, entre los años 1983 a 1996.

Con los datos de captura por unidad de esfuerzo de las áreas 4 y 6 se obtuvo una matriz de abundancias de 9 especies por 13 años, debido a que las operaciones de la flota fueron interrumpidas en el año 1991. Las áreas 1 y 2 quedaron integradas por una matriz de 9 especies por 8 años debido a que no se registraron operaciones, durante 1983, 1991, 1992, 1993, 1995 y 1996. En la mayoría de los casos, con excepción de 1991, es posible que esta discontinuidad se haya debido a la lejanía del puerto base o a las condiciones meteorológicas imperantes durante determinadas épocas del año.

A partir de las matrices anteriores se realizaron dos análisis de clasificación por el método de agrupamiento en cúmulos o "clusters", con los cuales se esperaba encontrar un ordenamiento de los periodos anuales con afinidades en cuanto a la composición de sus abundancias de especies. Los grupos anuales identificados mediante este método heurístico (Sneath y Sokal, 1973; Madrid-Vera, 1998), serían comparados con los eventos climáticos conocidos como "El Niño" o "La Niña" ocurridos durante el periodo analizado. Durante el análisis se utilizaron como índices de disimilitud las distancias euclidianas al cuadrado y el criterio de enlace por mínima varianza, o método de Ward.

## VII.- RESULTADOS

### VII.1.- COMPOSICION DE ESPECIES

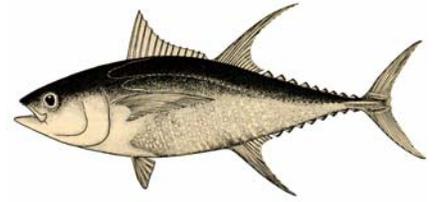
Con la información procedente de las bitácoras de los cuatro barcos palangreros de la flota "Tiburón" y la que se generó por los observadores a bordo, tanto en las operaciones netamente comerciales como durante el desarrollo de proyectos de investigación asociados, se agrupó la información que se presenta en el cuadro 1. En éste se puede observar el número y proporciones de organismos capturados de las nueve principales especies (Figura 8), resaltando los dos orígenes. Las nueve especies identificadas taxonómicamente acumularon el 98.05%, mientras que en las bitácoras entregadas a las Delegaciones Federales de Pesca agruparon el 100% de las capturas. En el cuadro 2 se muestra el resto de las especies que fueron identificadas a bordo de los barcos por personal del Instituto Nacional de la Pesca, las cuales sumaron el 1.95% del total de las capturas observadas.

**Cuadro 1- Relación de las especies capturadas por la flota palangrera "Tiburón" durante el período 1983-1996 y registros de observadores del Instituto Nacional de la Pesca y registros de bitácoras.**

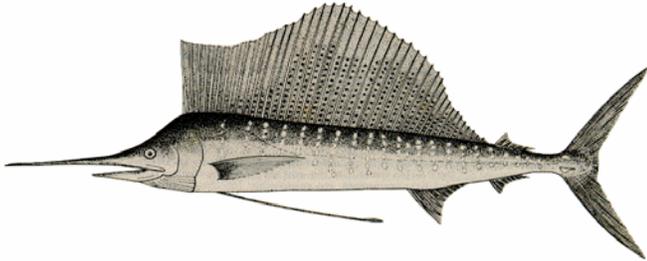
No. cons.	Nombre común	Nombre científico	Captura (observados)	%	% acumulado	Captura (bitácoras)	%	% acumulado
1	Pez vela (PV)	<i>Istiophorus platypterus</i>	25633	<b>39.09</b>	39.09	76422	<b>39.32</b>	39.32
2	Tiburón zorro (TZ)	<i>Alopias pelagicus</i>	14649	<b>22.34</b>	61.43	44625	<b>22.96</b>	62.28
3	Tiburón volador (TV)	<i>Carcharhinus limbatus</i>	7639	<b>11.65</b>	73.08	33438	<b>17.20</b>	79.49
4	Tiburón azul (TA)	<i>Prionace glauca</i>	4065	<b>6.20</b>	79.27	7310	<b>3.76</b>	85.88
5	Marlín rayado (MR)	<i>Tetrapturus audax</i>	3885	<b>5.92</b>	85.20	11227	<b>5.78</b>	91.66
6	Dorado (DO)	<i>Coryphaena hippurus</i>	3551	<b>5.41</b>	90.61	12432	<b>6.40</b>	95.42
7	Pez espada (PE)	<i>Xiphias gladius</i>	2716	<b>4.14</b>	94.75	4544	<b>2.34</b>	97.76
8	Atún aleta amarilla (AT)	<i>Thunnus albacares</i>	1607	<b>2.45</b>	97.21	2354	<b>1.21</b>	98.97
9	Tiburón martillo (TM)	<i>Sphyrna lewini</i>	558	<b>0.85</b>	98.06	2000	<b>1.03</b>	100.00
		<b>TOTAL</b>	<b>64,303</b>			<b>194,352</b>		



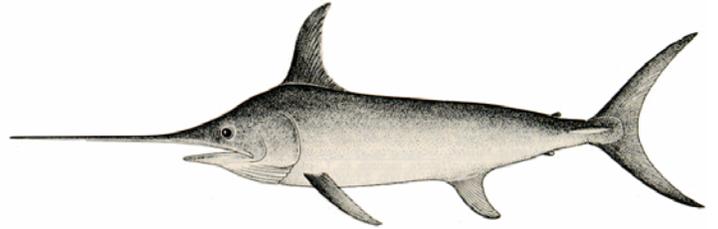
**Dorado (*Coryphaena hippurus*)**



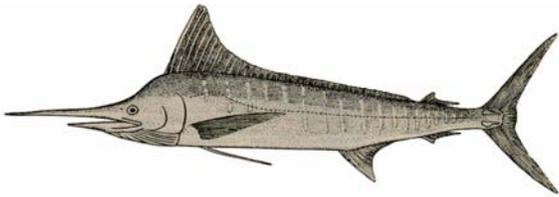
**Atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*)**



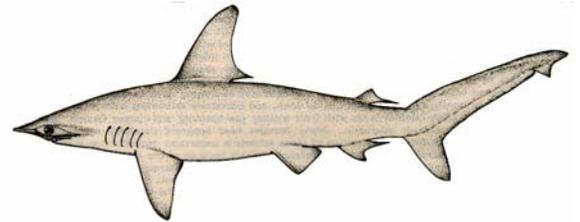
**Pez vela (*Istiophorus platypterus*)**



**Pez espada (*Xiphias gladius*)**



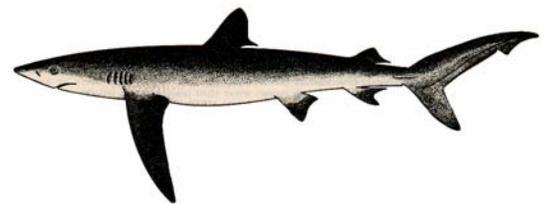
**Marlin rayado (*Tetrapturus audax*)**



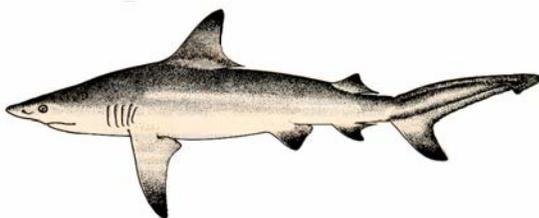
**Tiburón martillo (*Sphyrna lewini*)**



**Tiburón zorro (*Alopias pelagicus*)**



**Tiburón azul (*Prionace glauca*)**



**Tiburón volador (*Carcharhinus limbatus*)**

**100 cm**

**Figura 7.- Principales especies capturadas por la pesquería palangrera mexicana.**

**Cuadro 2.- Otras especies identificadas por observadores del Instituto Nacional de la Pesca, a bordo de los barcos palangreros "Tiburón".**

No. cons.	Nombre común	Nombre científico	Captura (observados)	%	% acumulado
10	Tiburón coyote	Nasola	191	0.29	98.35
11	Tiburón mako	<i>Isurus paucus</i>	162	0.25	98.59
12	T. Cornuda Prieta	<i>Sphyrna zygaena</i>	161	0.25	98.84
13	Tiburón chato	<i>Carcharhinus leucas</i>	158	0.24	99.08
14	Barrilete	<i>Katsuwonus pelamis</i>	114	0.17	99.25
15	Tiburón grillo	<i>Alopias superciliosus</i>	102	0.16	99.41
16	Marlín azul	<i>Makaira mazara</i>	76	0.12	99.53
17	Marlín negro	<i>Makaira indica</i>	65	0.10	99.63
18	Tiburón limón	<i>Negaprion brevirostris</i>	52	0.08	99.70
19	Wahoo	<i>Acanthocybium solandri</i>	22	0.03	99.74
20	Otras especies*	Otras	174	0.27	100.00

\* Tortugas (*Caretta gigas*, *Chelonia agassizi*, *Lepidochelys olivacea*), luva (*Luvarus sp*), pez luna, pez sol y varias especies de tiburones no identificados.

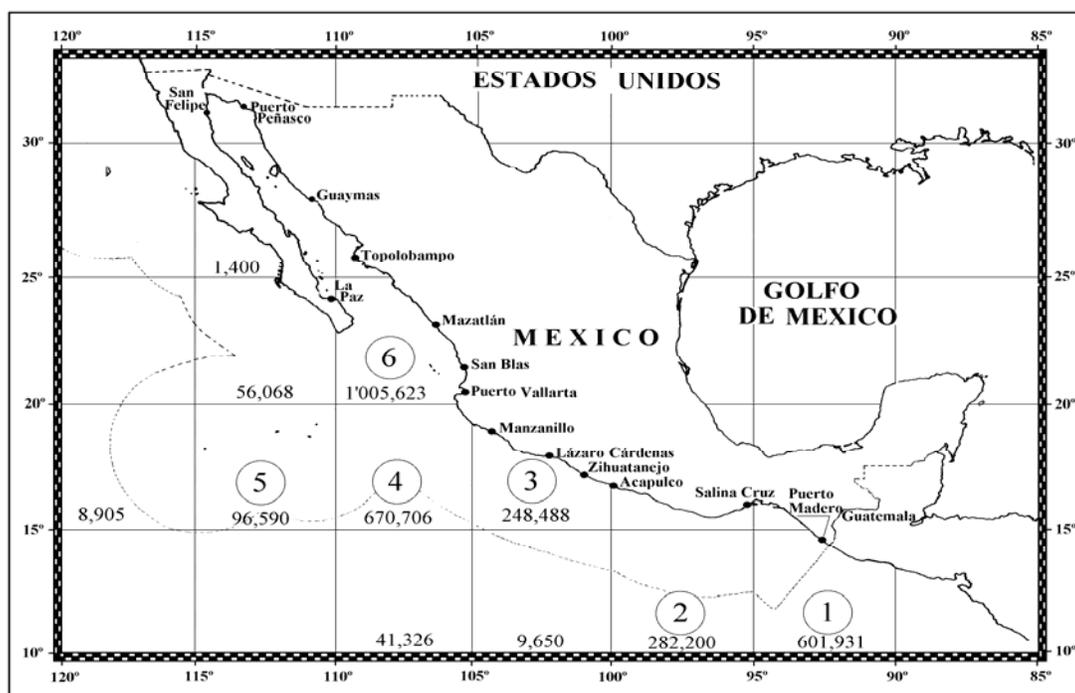
Mediante la prueba estadística Ji-cuadrado ( $X^2$ ) aplicada a las proporciones obtenidas por ambas fuentes de información, se comprobó que no hubo diferencias significativas entre los dos grupos ( $X^2_{0.05, 15.51} = 5.26$ ), de manera que se acepta la  $H_0$  de igualdad entre las dos fuentes de información. Con esta prueba se obtiene la evidencia necesaria para decidir que los datos pueden ser agrupados para analizarse en conjunto. Considerando que el resto de las especies (aproximadamente 20) identificadas por los observadores, sólo representan el 1.95%, éstas pueden ser consideradas como incidentales o raras para la pesquería palangrera.

## VII.2.- ESTRATIFICACION DE AREAS

En la figura 8 se presenta la distribución del esfuerzo pesquero aplicado en número de anzuelos por los cuatro barcos que integraron a la flota palangrera denominada "Tiburón", durante el periodo comprendido entre 1983 y 1996.

A partir de los criterios de selección mencionados anteriormente y después de un proceso de depuración de los cuadrantes que no contaron con el esfuerzo suficiente y necesario para que las unidades de muestreo fueran representativas, tanto para el cuadrante mismo, como para el

periodo y las estacionalidades, quedaron distribuidas en seis cuadrantes de 5°x5°: dos para la Zona Sur, tres para la Zona Centro y uno para la Zona Norte.



**Figura 8.- Cuadrantes de 5° de Latitud por 5° de Longitud seleccionados como unidades de muestreo, con la distribución del esfuerzo pesquero aplicado por la flota palangrera "Tiburón". Los números en círculos representan las áreas seleccionadas, y los números de la parte inferior del cuadrante son los anzuelos operados durante el período 1983-1996. La línea punteada marca el límite de la Zona Económica Exclusiva.**

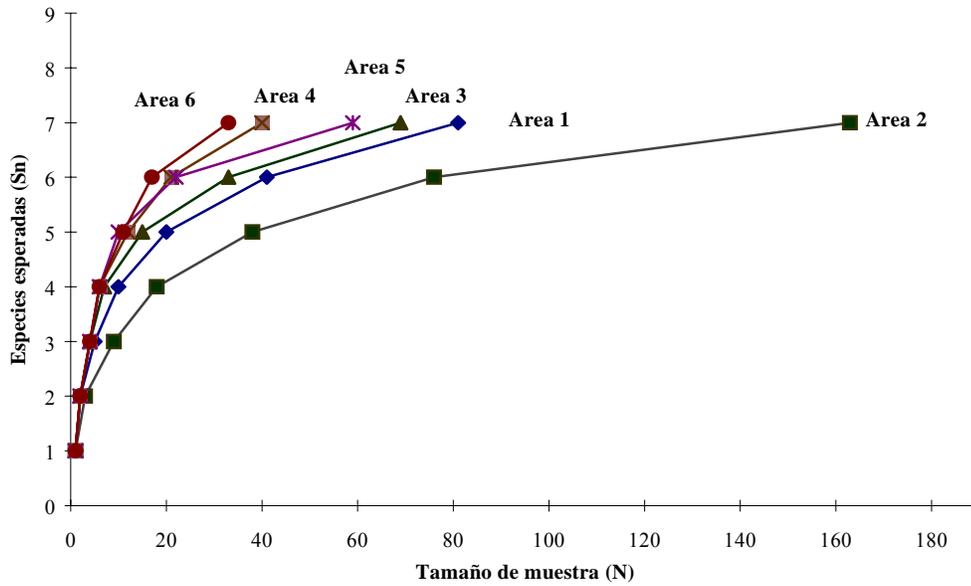
### ***VII.3.- RIQUEZA DE ESPECIES***

De acuerdo con Ludwig y Reynolds (1988) los índices de riqueza de especies, expresados como el número de especies presentes en la comunidad, junto con los índices de equitatividad, pretenden expresar la diversidad de las especies, lo cual según Hurlbert (1971) es fuertemente criticable, porque confunden un número de variables que caracterizan a la estructura de la comunidad, como son el número de especies, sus abundancias relativas y la homogeneidad y tamaño de la muestra de las áreas estudiadas. De esta manera se ha propuesto que para medir la riqueza de especies sea empleado un método que sea independiente del tamaño de la muestra. Por

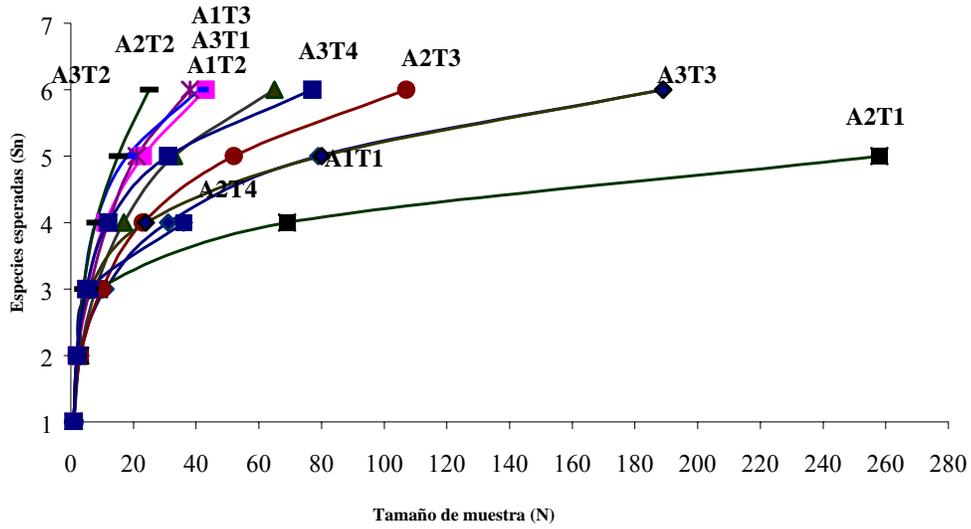
lo antes expuesto, y considerando que los tamaños de muestra obtenidos en las diferentes áreas varían considerablemente, se utilizaron los índices de rarefacción.

Los índices de rarefacción obtenidos a partir de las matrices de datos primarios se presentan en las figuras 9, 10a y 10b. En éstos se pueden observar las variaciones de la riqueza de especies para cada área de operación. Es importante mencionar que estos valores de la riqueza de especies, representan un buen indicador del grado de dominancia de algunas especies particulares en las diferentes áreas. Así, en las figuras es posible observar que el número de especies de pelágicos mayores susceptibles de ser capturados con palangre, muestran una tendencia ascendente, que va de acuerdo con el gradiente latitudinal, de tal manera que en el área 2, la probabilidad de encontrar siete especies requiere un tamaño de muestra de 163 organismos, mientras que en el área 6 sólo se requiere una muestra de poco más de 20 organismos. De la misma forma, en las áreas 3, 4 y 5 se requieren tamaños de muestra intermedios, entre 40 y 69 organismos para obtener el mismo número de especies. En la figura 10a se muestran los resultados del análisis de los índices de rarefacción obtenidos para cada componente estacional de las seis áreas, representando a las áreas 1, 2 y 3. De la misma forma, en la figura 10b se muestran los índices de rarefacción del resto de las áreas (4, 5 y 6).

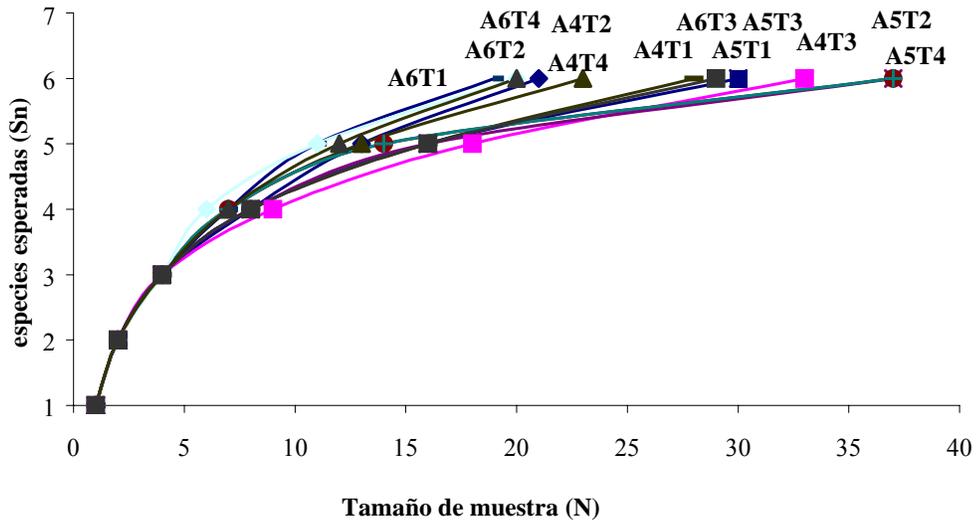
En estas representaciones estacionales se reitera el comportamiento latitudinal, pero además es posible apreciar la existencia de variaciones estacionales dentro de cada área, mismas que están relacionadas con proporciones de pez vela muy altas, entre 42% y 76% de la composición total, que indica que los bajos índices de rarefacción tienen una relación muy estrecha con el alto grado de dominancia del pez vela, tanto de manera espacial como estacional.



**Figura 9.-** Curvas de rarefacción para las seis áreas de operación seleccionadas, mostrando el número de especies esperadas como una función del tamaño de la muestra.



A)



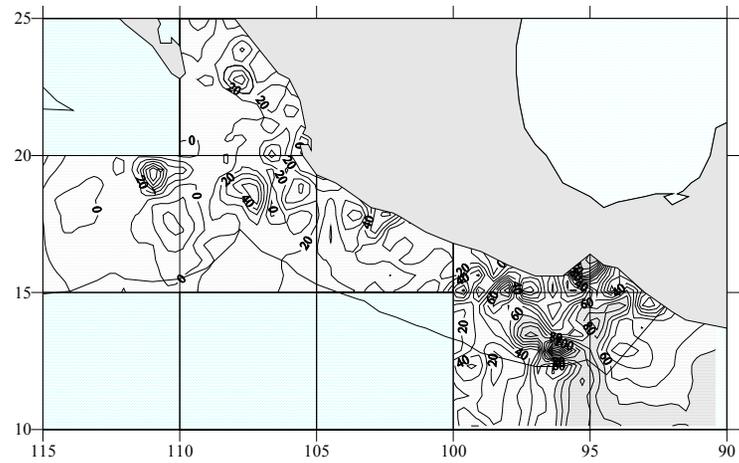
B)

**Figura 10.-** Índices de rarefacción obtenidos para cada área durante los cuatro trimestres. A) de las Areas 1, 2 y 3 y B) de las Areas 4, 5 y 6. La letra A numerada indica el número del cuadrante y la T con el número indica el trimestre del año al que se refiere.

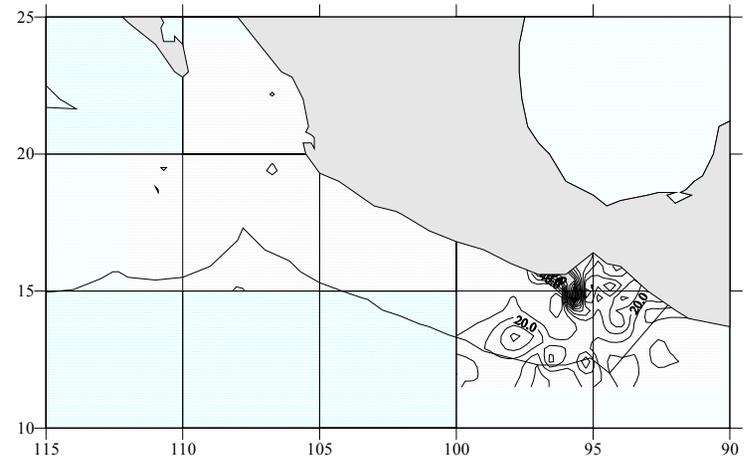
#### ***VII.4.- DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES***

A partir de los valores de abundancia (organismos por cada mil anzuelos) y las coordenadas en las que se obtuvieron, se elaboraron isolíneas de abundancia, de manera que se pudieran observar las áreas de concentración de las especies. En la figura 11 se muestran las distribuciones y abundancias anuales del pez vela, dorado, atún aleta amarilla y tiburón martillo, las cuales forman un grupo con afinidad a las áreas en las que predomina la presencia de aguas cálidas durante la mayor parte del ciclo anual.

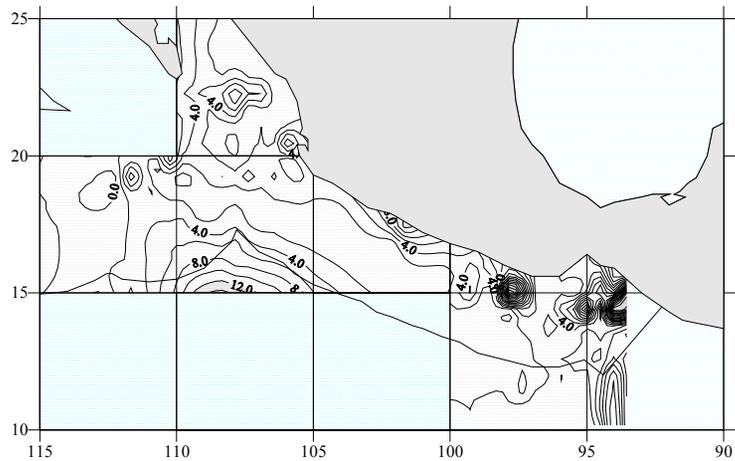
En la figura 12 se presentan las distribuciones y abundancias anuales de un segundo grupo de especies, en las que se incluye el tiburón zorro, marlin rayado, pez espada y tiburón azul, las cuales muestran cierta preferencia hacia las áreas en las que predominan las aguas templadas.



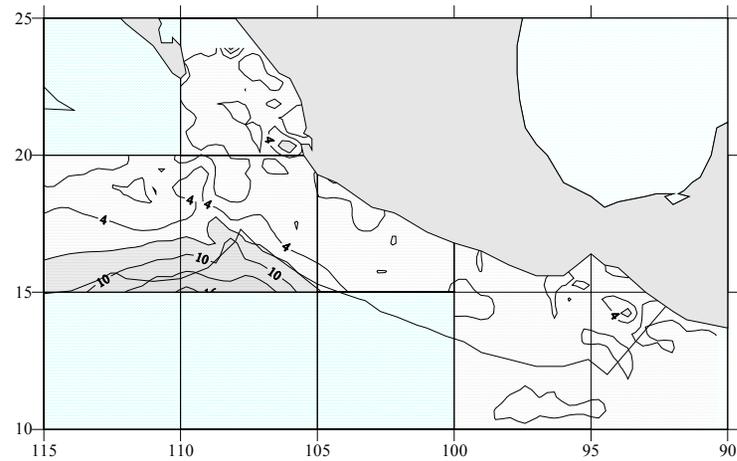
a) Pez vela



b) Dorado

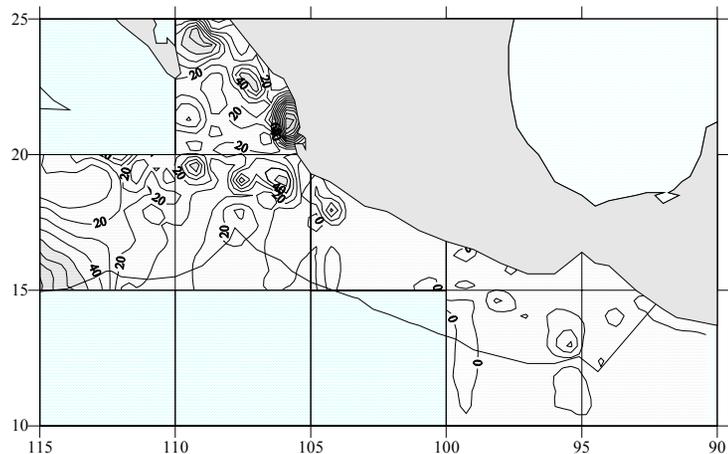


c) Atún aleta amarilla

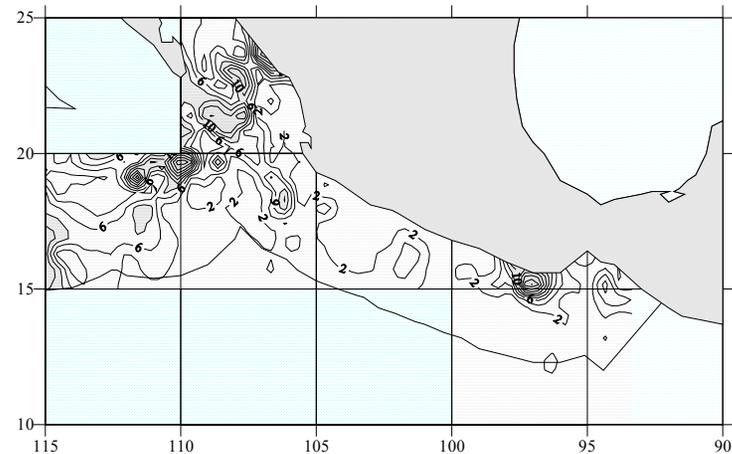


d) Tiburón martillo

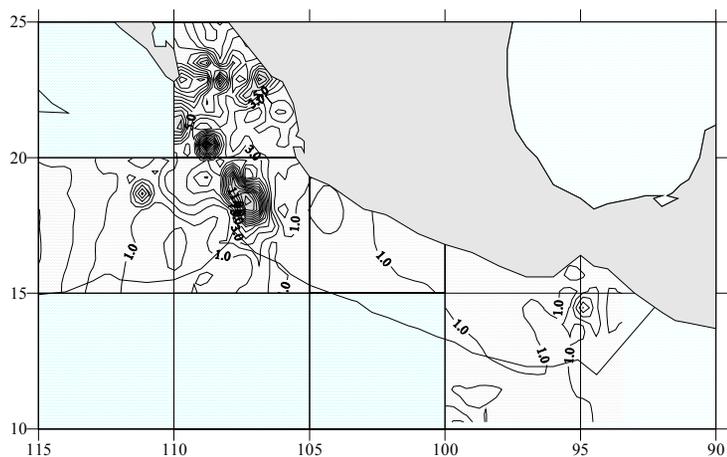
**Figura 11.- Distribución espacial de las especies que mostraron preferencia hacia las áreas con mayor influencia de las aguas cálidas. Los valores de las isolíneas están representados en números de organismos por cada mil anzuelos, en las coordenadas en que fueron realizadas las capturas. El color gris oscuro representa los valores más altos de captura por unidad de esfuerzo.**



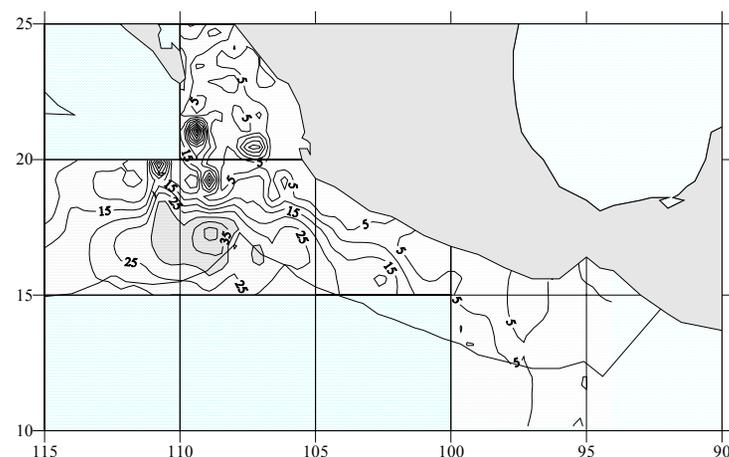
a) Tiburón zorro



b) Marlin rayado



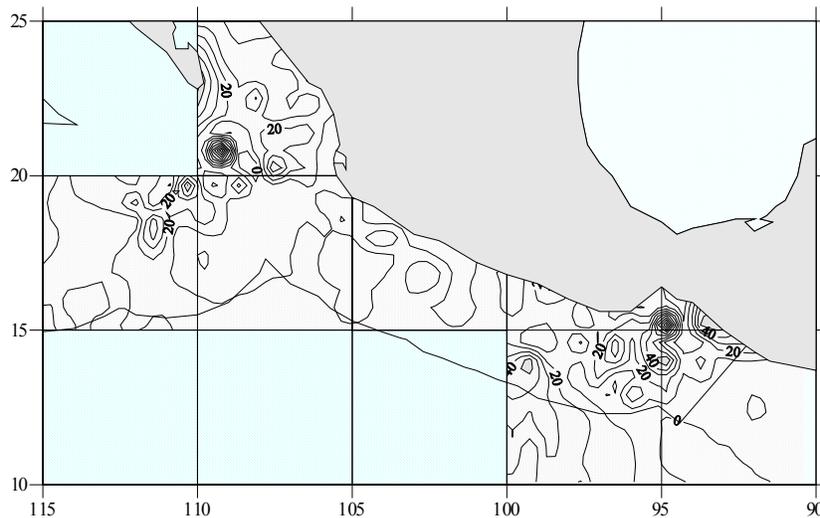
c) Pez espada



d) Tiburón azul

**Figura 12.- Distribución espacial de las especies que mostraron preferencia hacia las áreas con mayor influencia de las aguas templadas. Los valores de las isólinas están representados en números de organismos por cada mil anzuelos, en las coordenadas en que fueron realizadas las capturas. El color gris oscuro representa los valores más altos de captura por unidad de esfuerzo.**

Por su parte, la distribución espacial de las abundancias del tiburón volador se presentan en la figura 13. La separación de esta especie de cualquiera de los dos grupos, obedece a que por un lado no mostró un patrón de distribución espacial definido y a que existe la posibilidad de que haya sido mezclado con otras especies de tiburones, principalmente durante los primeros años de operación de la flota palangrera mexicana (ver la composición de las capturas ordenadas para el análisis interanual).



**Figura 13.- Distribución espacial del tiburón volador. Los valores de las isótopos están representados en número de organismos capturados por cada mil anzuelos, operados en las coordenadas geográficas en que fueron obtenidas las capturas.**

La distribución y abundancia por período estacional de cada una de las especies, se muestra en las figuras 14 a 22. En éstas, las isótopos ilustran las abundancias en número de organismos por cada mil anzuelos obtenidos en cada uno de los cuadrantes de 5° de Latitud por 5° de Longitud y es posible observar que cada una de las especies analizadas en lo particular, presentan cierto comportamiento de migración que descriptivamente podría interpretarse como una influencia de los movimientos que simultáneamente tienen las masas de agua en las seis áreas analizadas.

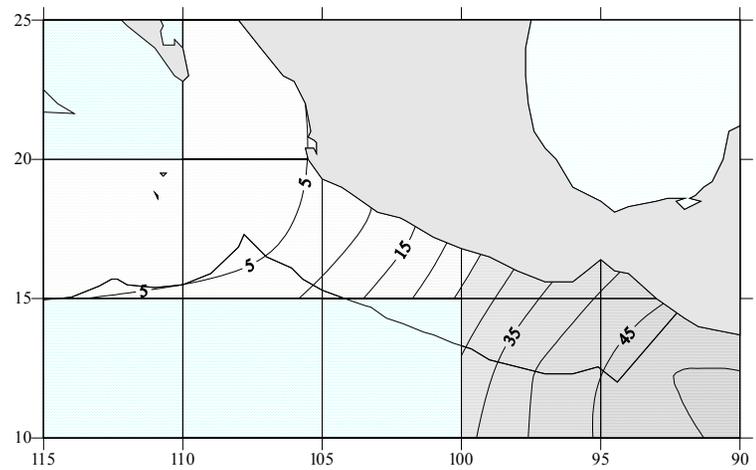
Por su parte, el pez vela (figura 14) fue la especie que presentó los valores de abundancia más altos en las Areas 1 y 2 durante los cuatro trimestre ( $> 35$  organismos por mil anzuelos); sin embargo, mostró un comportamiento mediante el cual tiende a desplazarse hacia las áreas norteñas durante el tercer trimestre, cubriendo los seis cuadrantes estudiados. Durante el cuarto

trimestre se puede observar que las isolíneas de abundancias tienden nuevamente a desplazarse hacia las áreas sureñas. Estos desplazamientos son coincidentes con la estacionalidad de los movimientos de las isotermas superiores a los 28°C.

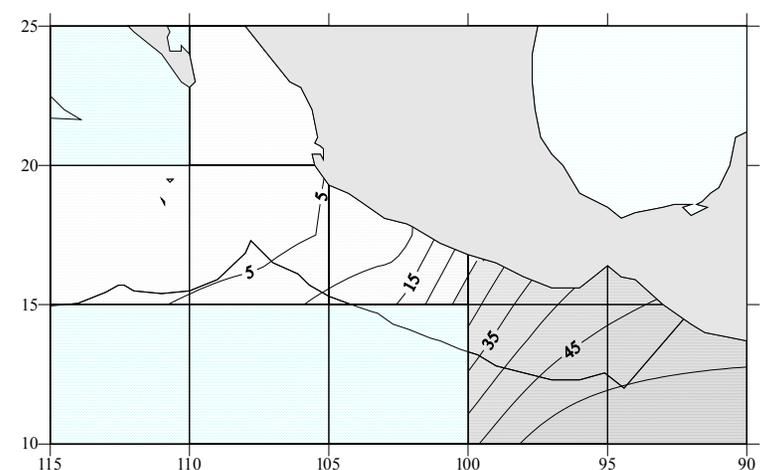
En la figura 15 se puede observar que los más altos valores de abundancia del marlin rayado (entre 4 y 9 organismos por cada mil anzuelos), se encontraron en las Areas 4, 5 y 6 y que la expansión de las isolíneas de abundancia hacia las áreas sureñas, se presenta durante el primero y segundo trimestre. También es notoria la disminución de las abundancias en las Areas 1, 2 y 3 durante el tercero y cuarto trimestre.

Las isolíneas de abundancias representadas en la figura 16, muestran que los valores de abundancia del tiburón zorro predominan en las áreas superiores a los 15° de Latitud. Sin embargo existen desplazamientos hacia las Areas 1 y 2 durante el cuarto y primer trimestre. Es también notorio que los más altos valores de abundancia, durante el cuarto trimestre se encuentran expandidos en todas las áreas de estudio, con una variación entre 17 y 24 organismos por cada mil anzuelos.

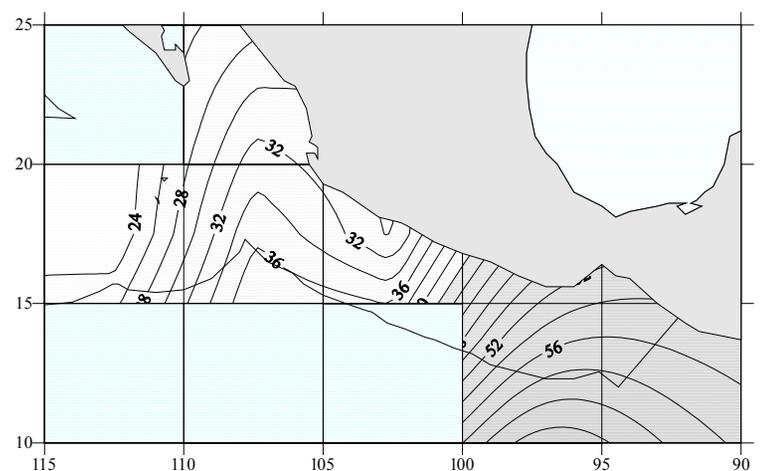
En la figura 17 se pueden observar las isolíneas de abundancia del pez espada, en donde los valores más altos, entre 2 y 3 organismos por cada mil anzuelos se encuentran en las áreas con Latitudes superiores a los 15° N., durante los trimestres primero y cuarto. Es posible también observar que hay cierto desplazamiento hacia las áreas sureñas durante el primer trimestre.



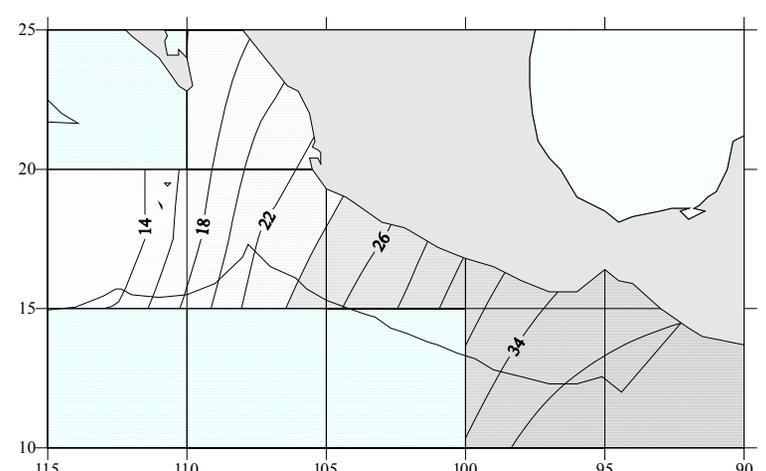
a) Primer trimestre



b) Segundo trimestre

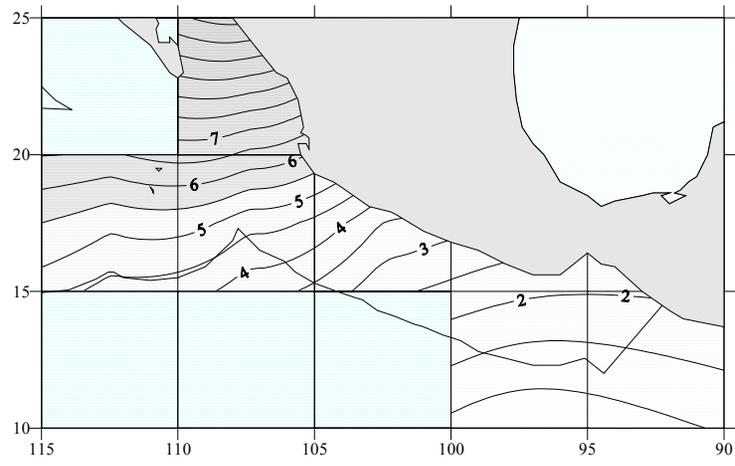


c) Tercer trimestre

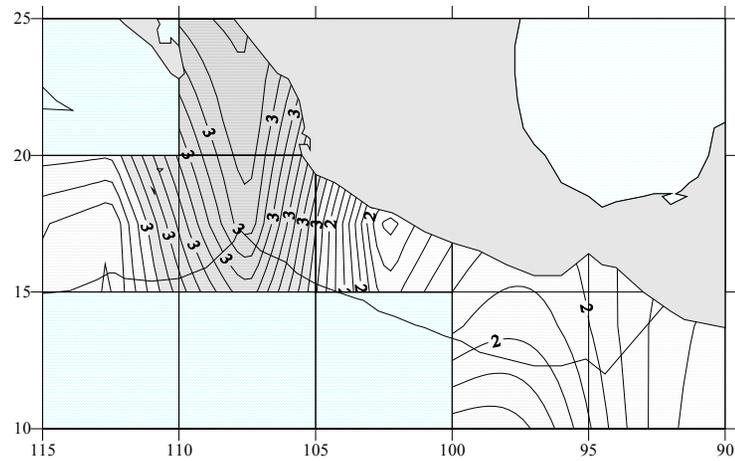


c) Cuarto trimestre

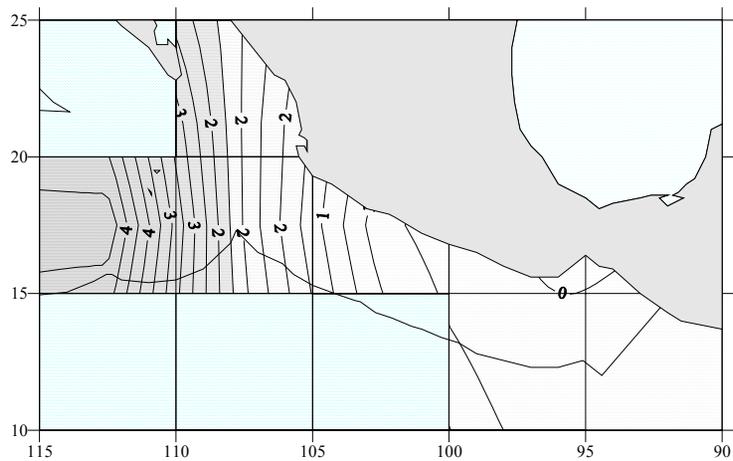
**Figura 14.- Distribución espacio - estacional del pez vela. Los valores de las isolíneas están representados en número de organismos por cada mil anzuelos, operados en los cuadrantes seleccionados como unidades de muestreo. Las áreas más oscuras representan a los valores de captura por unidad de esfuerzo más altos.**



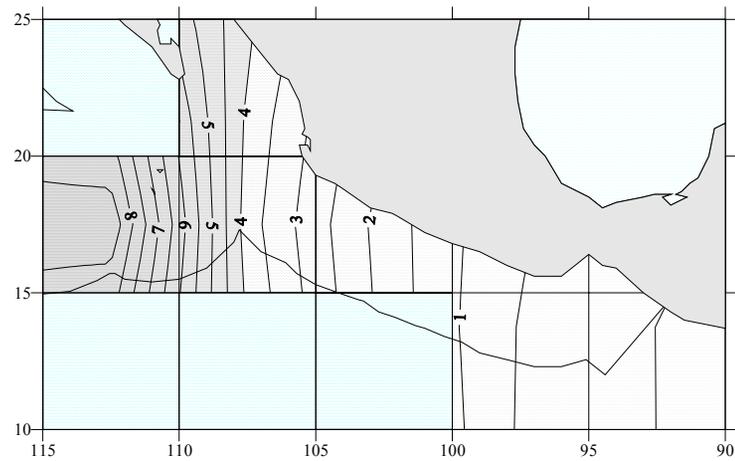
a) Primer trimestre



b) Segundo trimestre

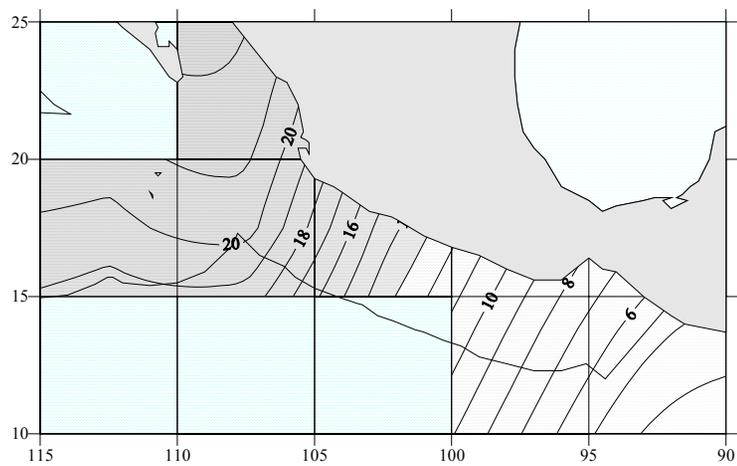


c) Tercer trimestre

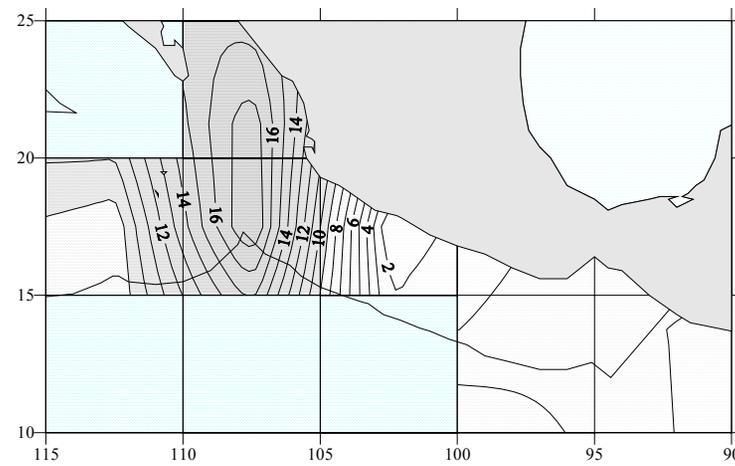


d) Cuarto trimestre

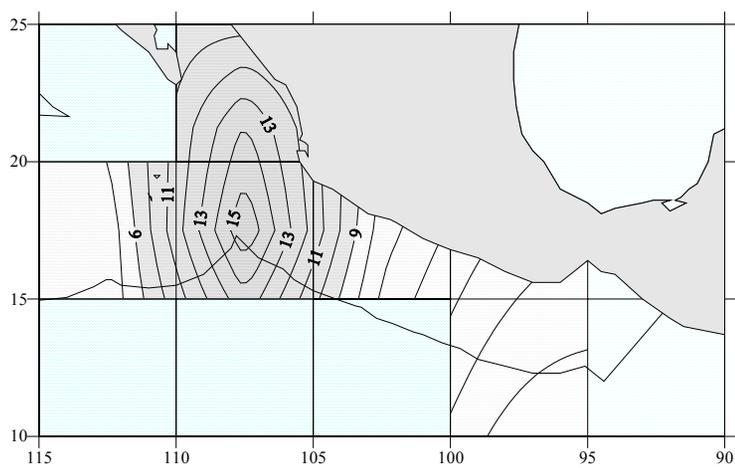
**Figura 15.- Distribución estacional del marlin rayado. Los valores de las isolíneas están representados en número de organismos por cada mil anzuelos, operados en los cuadrantes seleccionados como unidades de muestreo. Las áreas más oscuras representan a los valores de captura por unidad de esfuerzo más altos.**



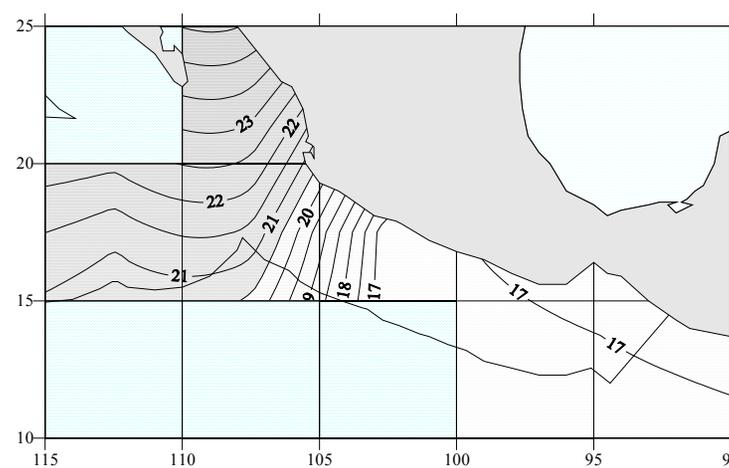
a) Primer trimestre



b) Segundo trimestre

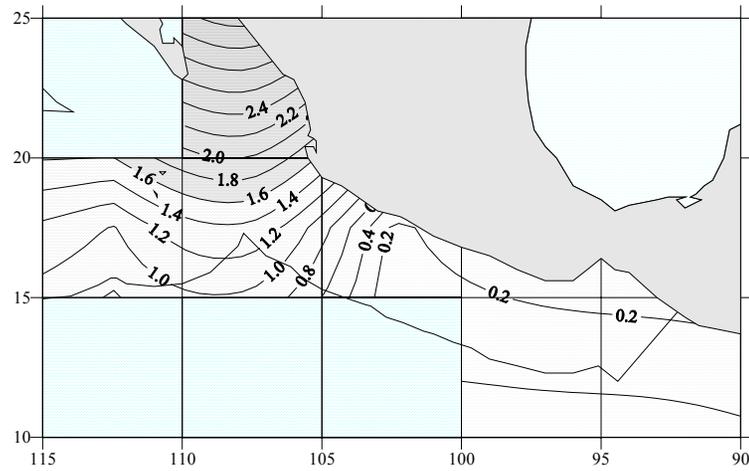


c) Tercer trimestre

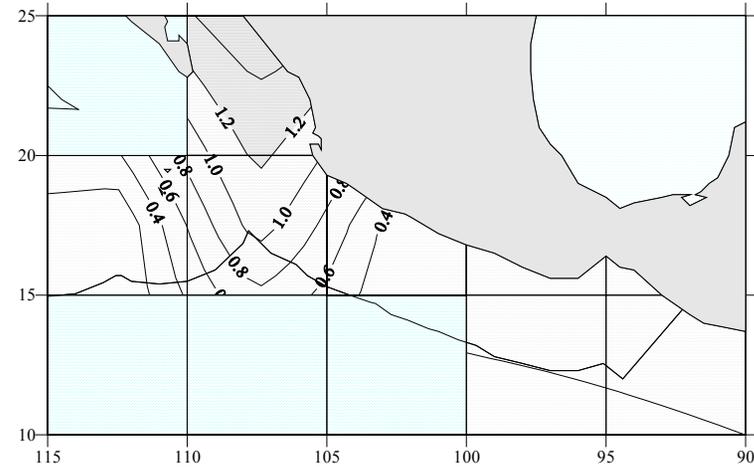


d) Cuarto trimestre

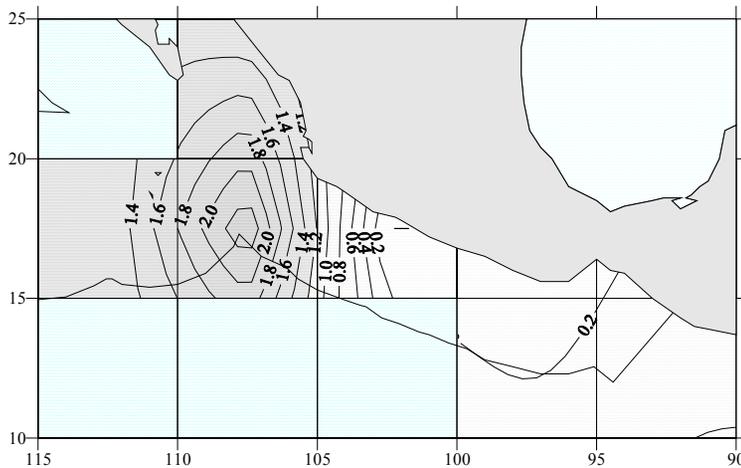
**Figura 16.- Distribución espacio - estacional del tiburón zorro. Los valores de las isolíneas están representados en número de organismos por cada mil anzuelos, operados en los cuadrantes seleccionados como unidades de muestreo. Las áreas más oscuras representan a los valores de captura por unidad de esfuerzo más altos.**



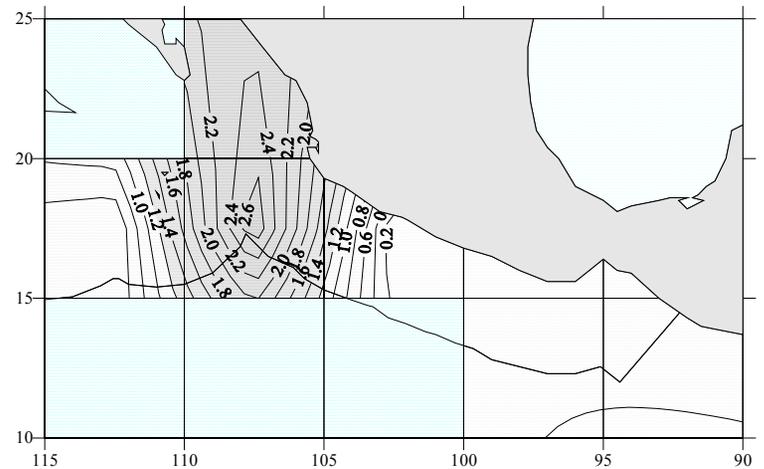
a) Primer trimestre



b) Segundo trimestre



c) Tercer trimestre



d) Cuarto trimestre

**Figura 17.- Distribución espacio - estacional del pez espada. Los valores de las isólinas están representados en número de organismos por cada mil anzuelos, operados en los cuadrantes seleccionados como unidades de muestreo. Las áreas más oscuras representan a los valores de captura por unidad de esfuerzo más altos.**

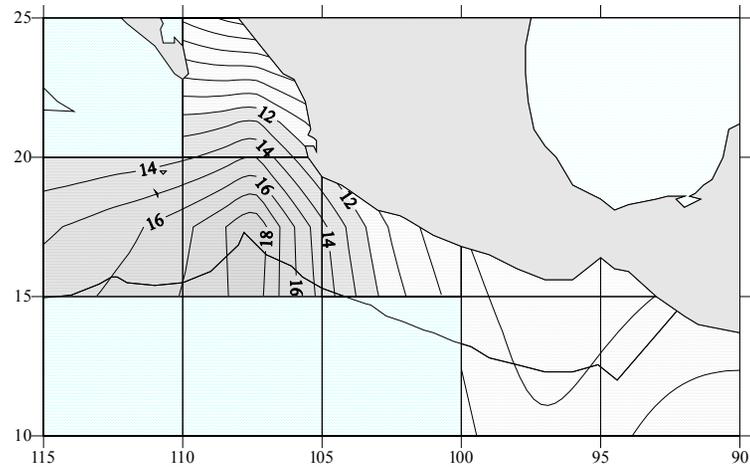
Las isolíneas que se muestran en la figura 18 representan los valores de abundancia para el tiburón volador. En esta representación se observa un comportamiento muy irregular sobre la preferencia estacional hacia determinadas áreas. Durante el primer trimestre las concentraciones más altas se presentan en las áreas 4, 5 y 6 que se ubican al norte de los 15° N y disminuyen hacia latitudes inferiores. Durante el segundo, tercero y cuarto trimestre los valores se encuentran más o menos uniformemente distribuidos en las seis áreas, con una ligera tendencia a incrementarse en las áreas 1, 2 y 3.

En la figura 19 se puede observar que los valores de las isolíneas de abundancia del dorado tienden claramente a concentrarse hacia las Areas 1 y 2 (3.5 a 14 organismos por cada mil anzuelos), preferentemente durante el segundo y tercer trimestre y es además evidente que durante el cuarto y primer trimestre se presentan los valores más bajos de abundancia en toda el área de estudio.

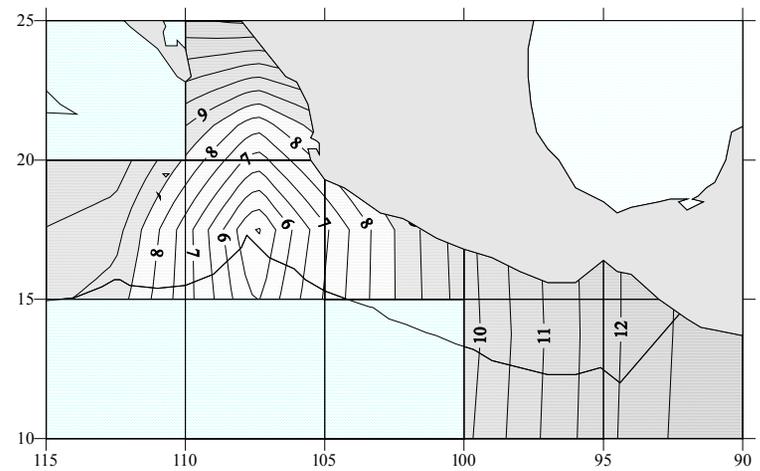
Las isolíneas de abundancia del atún aleta amarilla que se presentan en la figura 20, hacen notar que la temporada de mayor abundancia para esta especie se presentan durante el segundo trimestre en las Areas 1, 2 y 5, con valores que varían entre 1 y 2 organismos por cada mil anzuelos. No obstante esta observación, en el resto de las áreas estudiadas el atún aleta amarilla no muestra un patrón definido de distribución espacio - estacional, probablemente debido a los bajos valores de captura por unidad de esfuerzo.

Por su parte, las isolíneas de abundancia para el tiburón martillo que se presentan en la figura 21 muestran, durante el primer trimestre, una distribución mas o menos uniforme en todas las áreas analizadas, pero con valores de abundancia muy bajos (entre 0 y 0.5 organismos por cada mil anzuelos). Durante el segundo trimestre se presentan los valores de abundancia más altos (entre 1 y 1.5 organismos por cada mil anzuelos) en las Areas 1, 2, 3 y 5. Durante el tercer trimestre esta especie se presenta casi en todas las áreas, sin embargo los valores más altos se presentan en las Areas 1 y 2 con una tendencia a concentrarse hacia la zona costera. Durante el cuarto trimestre los indicadores de abundancia se concentran en las Areas 4 y 6, con valores que varían entre 0.5 y 1.0 organismos por cada mil anzuelos.

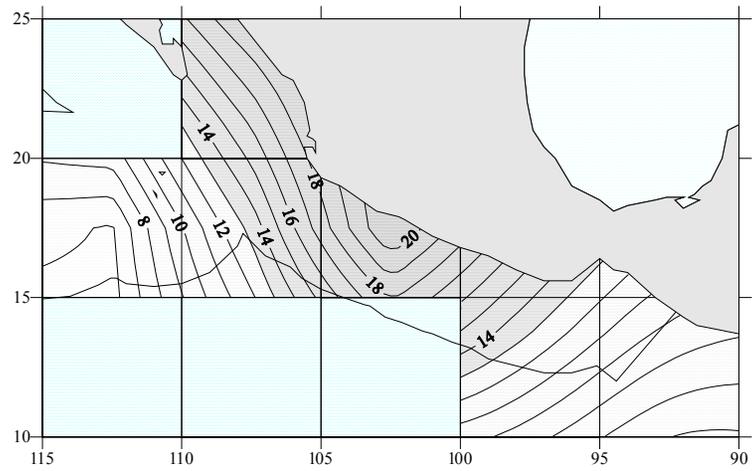
En la figura 22 se presentan las isolíneas de abundancia para el tiburón azul. Esta especie muestra una preferencia a concentrarse hacia las Areas 4, 5 y 6, con una ligera expansión durante el primero y segundo trimestre en los que también se incrementan los valores de abundancia hasta entre 1 y 5 organismos por cada mil anzuelos.



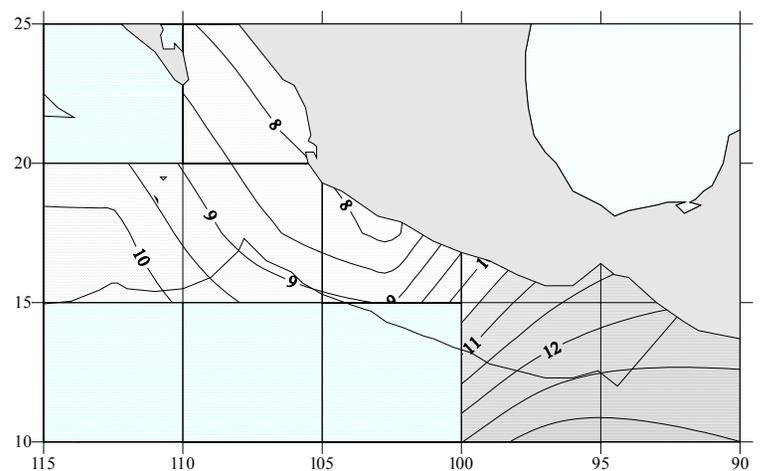
a) Primer trimestre



b) Segundo trimestre

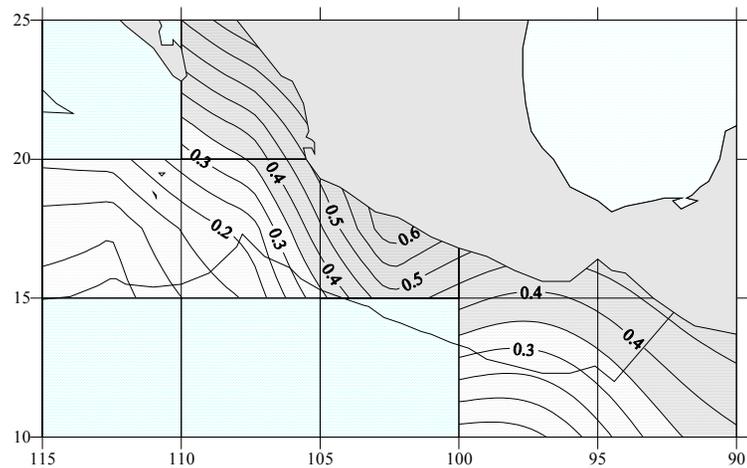


c) Tercer trimestre

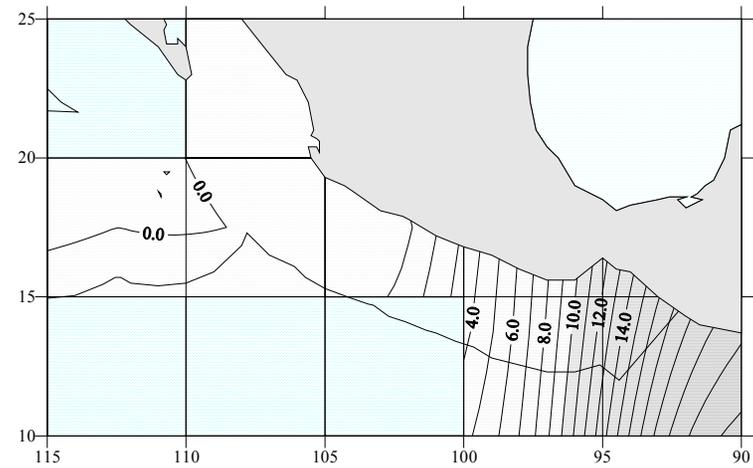


d) Cuarto trimestre

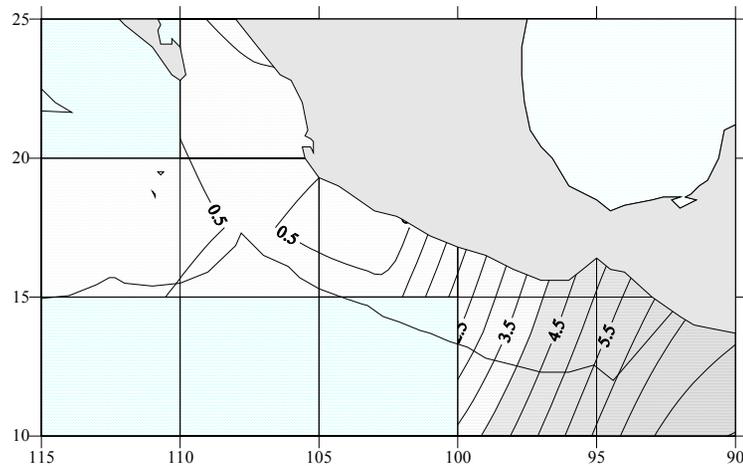
**Figura 18.- Distribución espacio - estacional del tiburón volador. Los valores de las isóneas están representados en número de organismos por cada mil anzuelos, operados en los cuadrantes seleccionados como unidades de muestreo. Las áreas más oscuras representan a los valores de captura por unidad de esfuerzo más altos.**



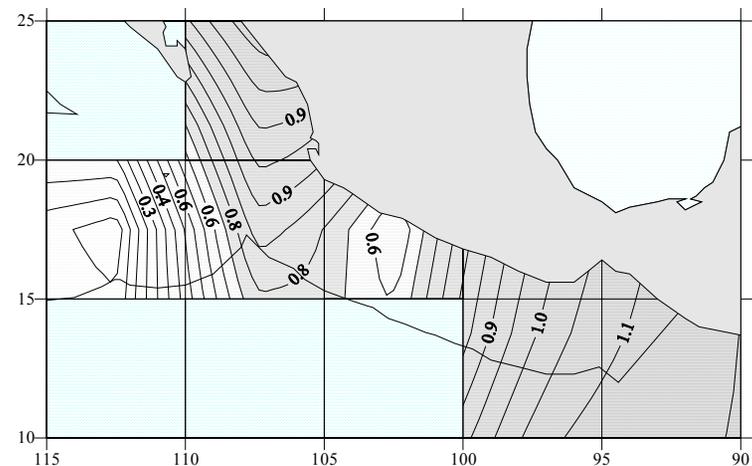
a) Primer trimestre



b) Segundo trimestre

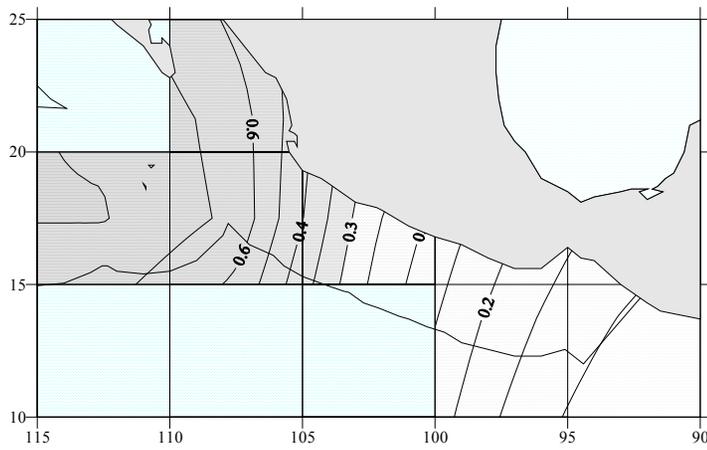


c) Tercer trimestre

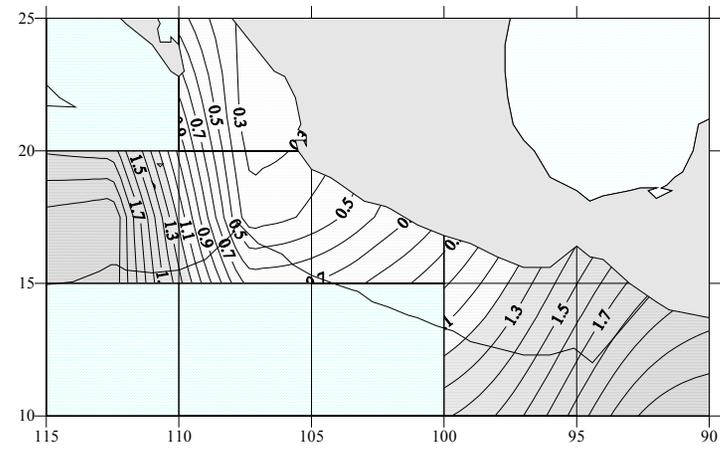


d) Cuarto trimestre

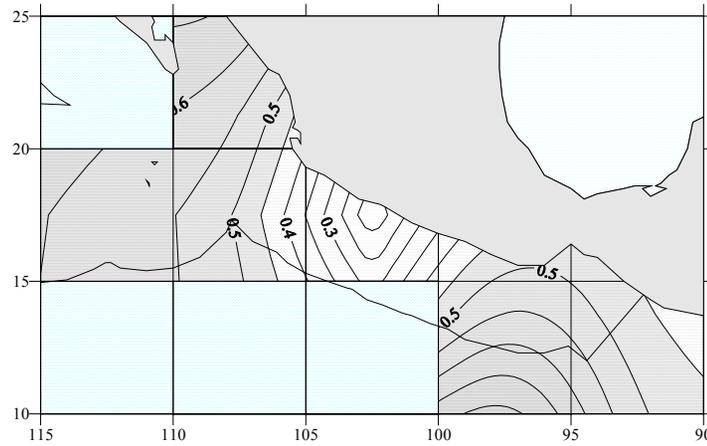
**Figura 19.- Distribución espacio - estacional del dorado. Los valores de las isolíneas están representados en número de organismos por cada mil anzuelos, operados en los cuadrantes seleccionados como unidades de muestreo. Las áreas más oscuras representan a los valores de captura por unidad de esfuerzo más altos.**



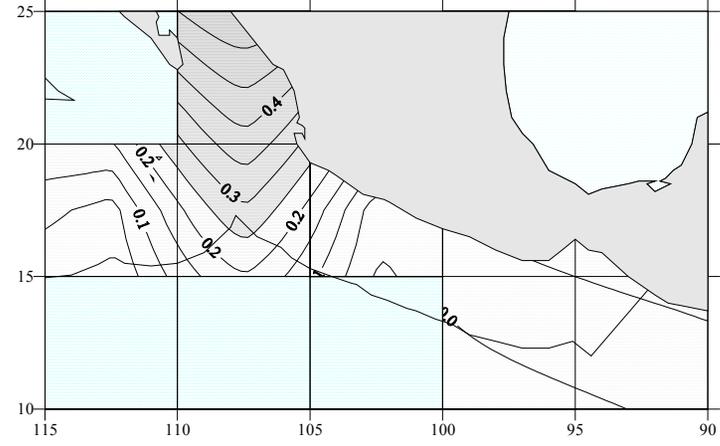
a) Primer trimestre



b) Segundo trimestre

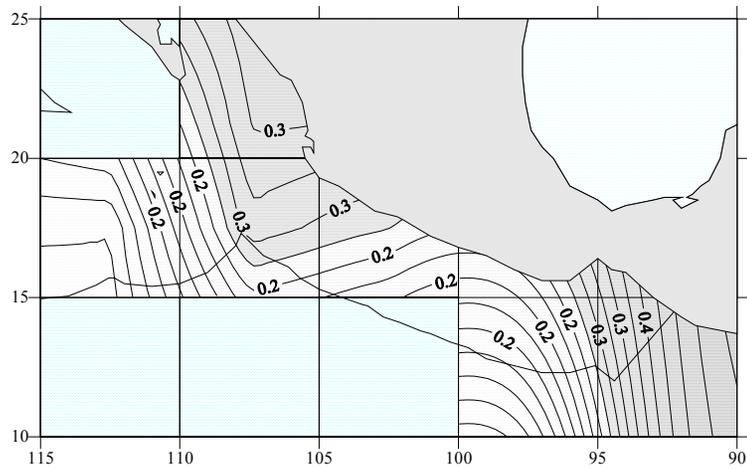


c) Tercer trimestre

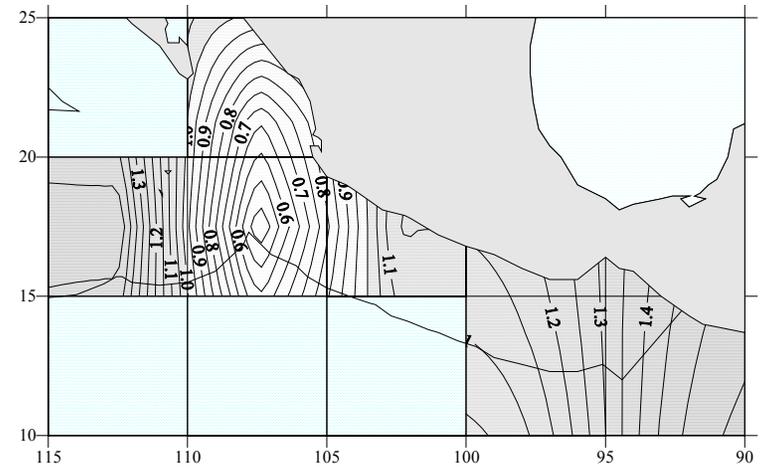


d) Cuarto trimestre

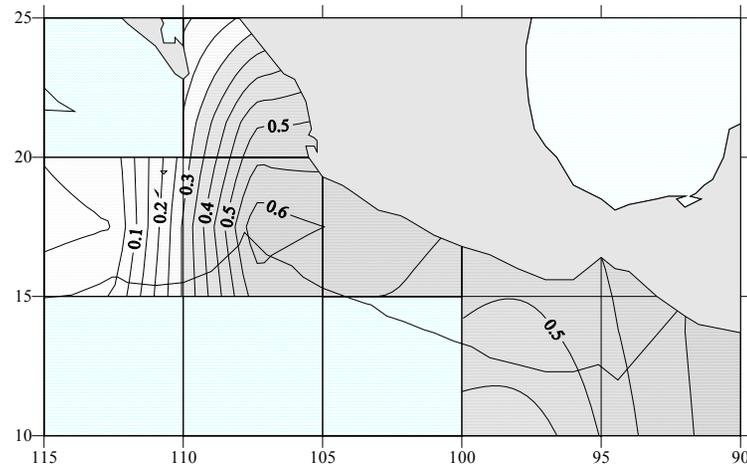
**Figura 20.- Distribución espacio - estacional del atún aleta amarilla. Los valores de las isolíneas están representados en número de organismos por cada mil anzuelos, operados en los cuadrantes seleccionados como unidades de muestreo. Las áreas más oscuras representan a los valores de captura por unidad de esfuerzo más altos.**



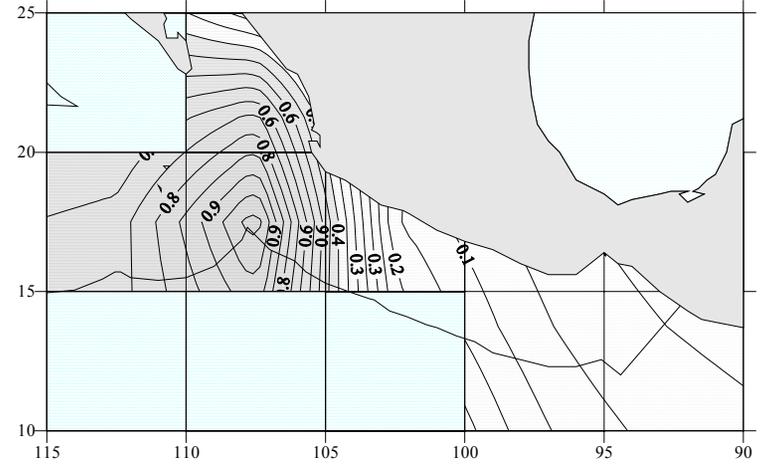
a) Primer trimestre



b) Segundo trimestre

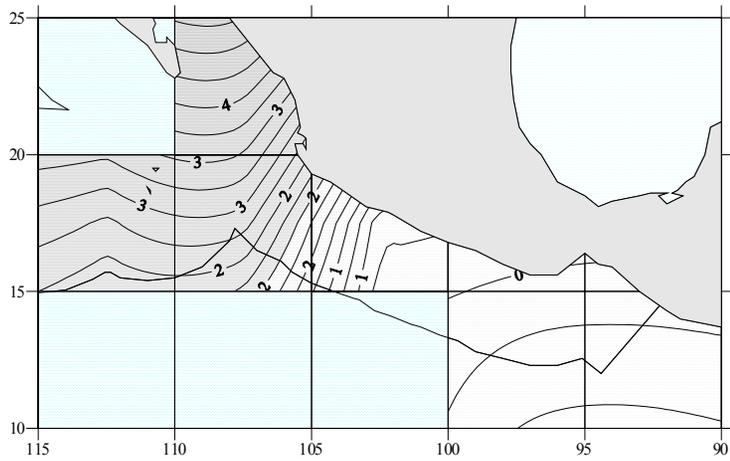


c) Tercer trimestre

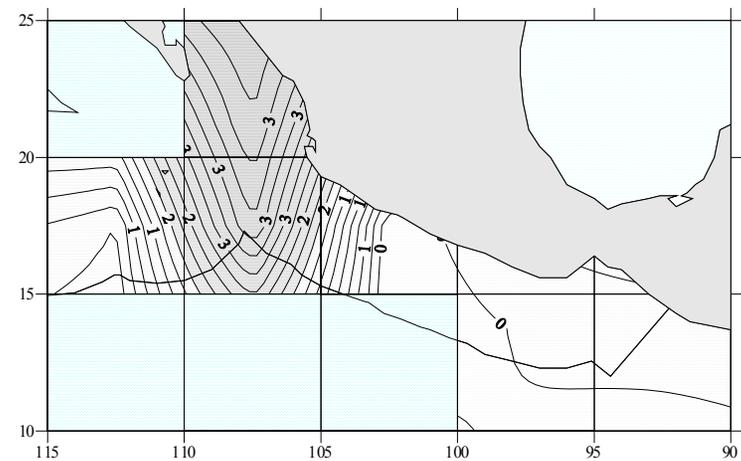


d) Cuarto trimestre

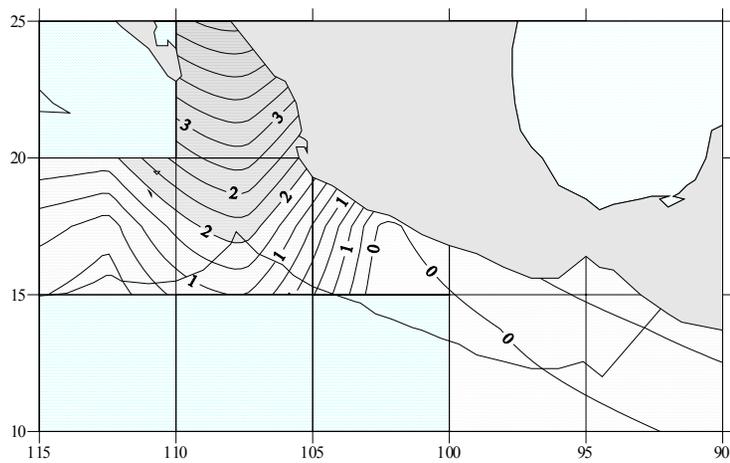
**Figura 21.- Distribución espacio - estacional del tiburón martillo. Los valores de las isóneas están representados en número de organismos por cada mil anzuelos, operados en los cuadrantes seleccionados como unidades de muestreo. Las áreas más oscuras representan a los valores de captura por unidad de esfuerzo más altos**



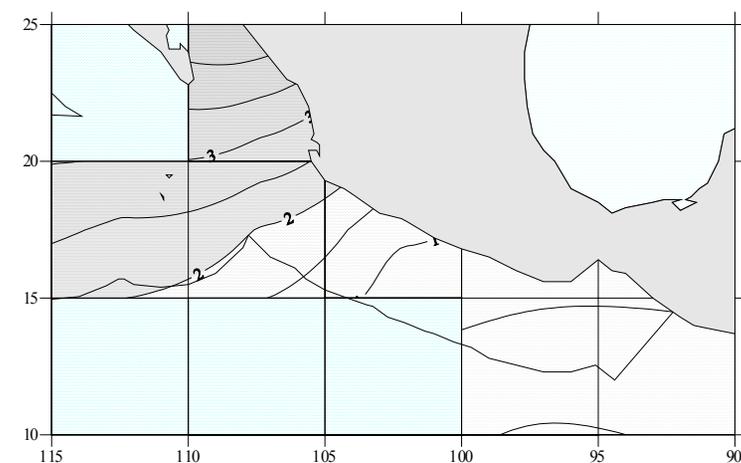
a) Primer trimestre



b) Segundo trimestre



c) Tercer trimestre



d) Cuarto trimestre

**Figura 22.- Distribución espacio - estacional del tiburón azul. Los valores de las isolíneas están representados en número de organismos por cada mil anzuelos, operados en los cuadrantes seleccionados como unidades de muestreo. Las áreas más oscuras representan a los valores de captura por unidad de esfuerzo más altos.**

## VII.5.- SEMEJANZA ENTRE LAS AREAS

En el cuadro 3 se presentan los valores de abundancia obtenidos para cada una de las áreas consideradas como unidades de muestreo y en el cuadro 4, los valores mencionados se desglosan por cada área y período trimestral, haciendo notar la falta de datos para el cuarto trimestre en el caso del Area 1, durante la cual la flota palangrera no operó debido a las malas condiciones oceanográficas que se presentan en esta área durante esta época del año.

**Cuadro 3.- Matriz de datos primarios correspondiente a los indicadores de abundancia de las especies por área (número de organismos promedio por cada mil anzuelos), obtenidas por la flota palangrera durante el período 1983-1996.**

<b>Especie</b>	<b>Area 1</b>	<b>Area 2</b>	<b>Area 3</b>	<b>Area 4</b>	<b>Area 5</b>	<b>Area 6</b>
<b>Pez vela</b>	50.57	57.52	17.51	13.51	9.36	10.38
Marlín rayado	1.22	0.87	2.18	3.25	5.81	3.92
Tiburón zorro	2.35	3.78	12.70	19.99	17.21	22.94
Pez espada	0.29	0.07	0.10	2.21	0.71	2.37
Tiburón volador	9.01	9.24	11.46	13.94	10.69	11.04
Dorado	17.54	3.45	0.50	0.29	0.04	0.45
Atún aleta amarilla	0.69	0.63	0.24	0.36	0.39	0.31
Tiburón martillo	1.30	0.45	0.32	0.65	0.40	0.41
Tiburón azul	0.42	0.05	0.54	2.02	5.60	1.47

A partir de los valores de abundancia de los cuadros 3 y 4 se calcularon las medidas de semejanza entre las unidades de muestreo como las distancias de la cuerda (CRD) entre cada conjunto de valores de captura por unidad de esfuerzo de las nueve especies, obtenidas en cada una de las seis áreas (matriz 9x6). Los resultados se muestran en el cuadro 5 en donde se puede observar que los índices de distancia muestran un patrón de incremento entre las áreas ubicadas en las posiciones más alejadas y con latitudes opuestas, así como una consecuente disminución de la distancia de acuerdo con su exposición a las corrientes dominantes que propician la formación de masas de agua con características oceanográficas similares.

Para fines de interpretación de las medidas de semejanza entre dos unidades de muestreo comparadas, se consideró el intervalo de valores teóricos de CRD (entre 0.00 y 1.41), de manera que se puede suponer que los valores de distancia superiores a 0.70 están suficientemente separados para considerarlos diferentes, de la misma forma que los valores inferiores a este valor tienden a ser iguales en función de su composición de especies.

**Cuadro 4.- Matriz de datos primarios de abundancia por área y trimestre. UM's son las unidades de muestreo consideradas; la A indica el área analizada; la T indica el trimestre del año: T1=enero, febrero y marzo; T2= abril, mayo y junio;T3=julio, agosto, septiembre; y T4=octubre, noviembre y diciembre. El área sombreada representa a la época del año que no se aplicó esfuerzo pesquero durante el período analizado.**

<i>UM's</i>	<i>Pez vela</i>	<i>Marlín rayado</i>	<i>Tiburón zorro</i>	<i>Pez espada</i>	<i>Tiburón volador</i>	<i>Dorado</i>	<i>Atún aleta amarilla</i>	<i>Tiburón martillo</i>	<i>Tiburón azul</i>
A1T1	50.01	0.78	3.27	0.00	10.62	0.44	0.00	0.47	0.03
A1T2	52.06	1.44	2.67	0.23	13.00	22.27	2.20	1.60	0.19
A1T3	57.59	0.52	2.74	0.41	7.22	7.60	0.42	0.64	0.31
A1T4									
A2T1	39.72	0.23	7.54	0.00	7.11	0.11	0.09	0.01	0.00
A2T2	54.23	2.61	4.50	0.17	11.01	4.53	1.28	0.99	0.26
A2T3	66.00	0.28	1.94	0.06	11.17	4.37	0.80	0.38	0.15
A2T4	37.77	0.00	16.30	0.00	12.72	1.19	0.00	0.00	0.00
A3T1	12.00	2.97	14.53	0.13	10.83	0.64	0.32	0.26	0.66
A3T2	7.21	1.43	1.02	0.27	8.50	0.34	0.61	1.16	0.00
A3T3	29.53	0.67	7.48	0.00	21.10	0.00	0.16	0.59	0.12
A3T4	26.39	1.80	16.06	0.02	7.31	0.59	0.02	0.11	1.10
A4T1	2.49	4.16	20.42	1.35	19.07	0.22	0.59	0.29	2.69
A4T2	2.51	3.39	18.18	1.09	4.83	0.07	0.35	0.45	3.21
A4T3	35.72	1.96	15.86	2.39	13.30	0.57	0.49	0.64	1.94
A4T4	22.02	3.74	20.89	2.77	8.20	0.82	0.29	0.99	1.97
A5T1	2.85	4.62	19.57	0.98	15.60	0.05	0.65	0.08	2.56
A5T2	0.00	2.10	8.29	0.00	9.19	0.00	2.10	1.50	0.60
A5T3	22.01	4.35	7.29	1.22	5.89	0.00	0.58	0.00	1.09
A5T4	12.06	8.84	20.67	0.38	9.69	0.12	0.03	0.67	2.40
A6T1	2.49	9.94	22.83	3.46	5.54	0.64	0.55	0.33	4.41
A6T2	4.65	3.78	17.36	1.69	11.24	0.03	0.08	0.86	4.18
A6T3	28.46	1.90	11.61	1.36	19.59	1.09	0.67	0.29	3.93
A6T4	18.23	3.93	24.40	2.65	7.13	1.16	0.60	0.38	4.58

**Cuadro 5.-Medidas de semejanza entre todos los de pares de Areas, referidas como la Distancia de la Cuerda (CRD). Teóricamente los índices varían entre cero (pares idénticos) y 1.41 (pares completamente diferentes). La áreas sombreadas presentan valores con suficiente evidencia de ser diferentes (CRD>0.70).**

	<b>Area 2</b>	<b>Area 3</b>	<b>Area 4</b>	<b>Area 5</b>	<b>Area 6</b>
<b>Area 1</b>	0.27	0.68	0.93	1.02	1.04
<b>Area 2</b>		0.62	0.90	0.99	1.02
<b>Area 3</b>			0.32	0.46	0.47
<b>Area 4</b>				0.24	0.19
<b>Area 5</b>					0.25

Mediante el análisis realizado con el mismo método, pero usando la matriz de nueve especies en las 23 unidades de muestreo (9x23), en donde cada unidad de muestreo representó a los valores de abundancia de los cuatro trimestres para las seis áreas (en el Area 1 no hubo operaciones de pesca durante el cuarto trimestre), se obtuvo un comportamiento congruente con las diferencias entre las áreas, el cual puede apreciarse en el cuadro 6. Sin embargo, es posible observar que las medidas de distancia muestran diferencias dentro de las áreas, así como fuertes semejanzas ( $CRD > 0.70$ ) entre algunos pares de áreas con distribución geográfica opuesta.

**Cuadro 6.-Medidas semejanza entre todos los pares de Areas con sus respectivos trimestres, referidas como la Distancia de la Cuerda (CRD). Se consideran diferentes los valores superiores a 0.70 (sombreados). La A1 a la A6 son las Areas consideradas en el estudio y la T1 a la T4 son los trimestres correspondiente a cada área.**

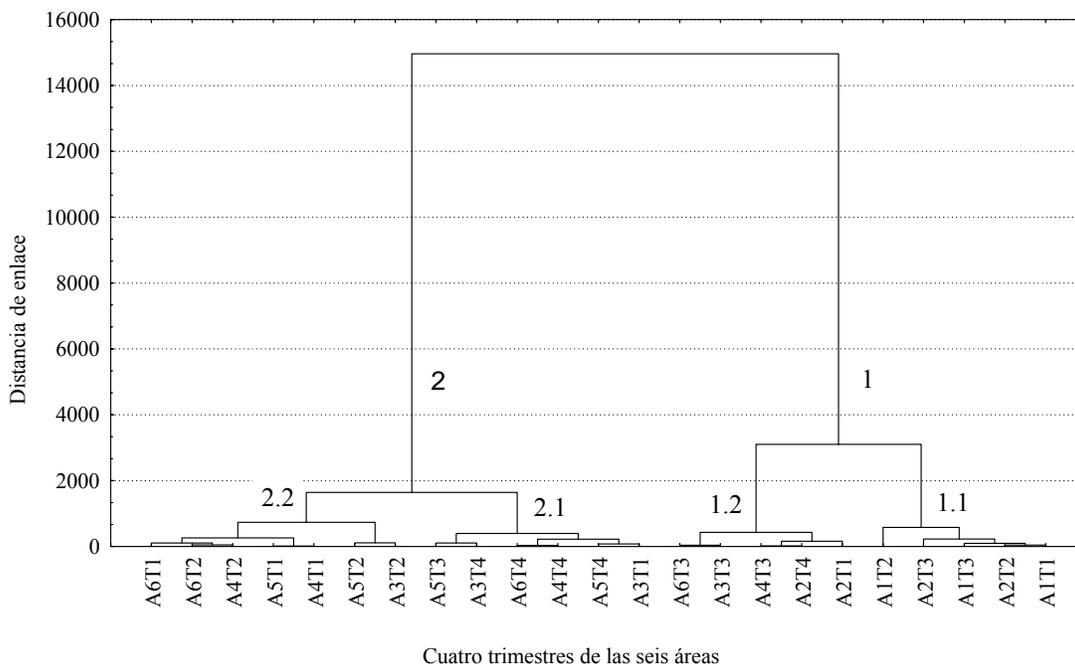
	A1 T2	A1 T3	A2 T1	A2 T2	A2 T3	A2 T4	A3 T1	A3 T2	A3 T3	A3 T4	A4 T1	A4 T2	A4 T3	A4 T4	A5 T1	A5 T2	A5 T3	A5 T4	A6 T1	A6 T2	A6 T3	A6 T4
<b>A1 T1</b>	0.39	0.15	0.13	0.09	0.08	0.34	0.80	0.66	0.43	0.47	1.21	1.23	0.37	0.68	1.20	1.27	0.31	0.94	1.27	1.13	0.47	0.83
<b>A1 T2</b>	0.29	0.42	0.32	0.34	0.49	0.84	0.70	0.55	0.59	1.21	1.25	0.52	0.75	1.20	1.26	0.49	0.98	1.27	1.14	0.57	0.88	
<b>A1 T3</b>	0.19	0.10	0.08	0.40	0.86	0.74	0.52	0.51	1.26	1.26	0.43	0.71	1.25	1.32	0.37	0.98	1.29	1.17	0.55	0.86		
<b>A2 T1</b>	0.14	0.17	0.25	0.73	0.69	0.43	0.36	1.16	1.15	0.28	0.58	1.14	1.23	0.24	0.86	1.19	1.06	0.45	0.73			
<b>A2 T2</b>	0.08	0.34	0.79	0.66	0.44	0.45	1.20	1.22	0.36	0.66	1.18	1.26	0.29	0.92	1.24	1.11	0.47	0.81				
<b>A2 T3</b>	0.39	0.85	0.70	0.48	0.51	1.25	1.27	0.42	0.72	1.24	1.31	0.35	0.98	1.30	1.17	0.53	0.87					
<b>A2 T4</b>	0.50	0.61	0.34	0.16	0.95	0.96	0.10	0.37	0.93	1.04	0.22	0.67	1.02	0.85	0.29	0.54						
<b>A3 T1</b>	0.64	0.54	0.43	0.50	0.57	0.47	0.29	0.47	0.62	0.57	0.28	0.65	0.40	0.43	0.32							
<b>A3 T2</b>	0.31	0.71	0.85	1.12	0.58	0.76	0.88	0.85	0.62	0.83	1.14	0.88	0.38	0.88								
<b>A3 T3</b>	0.46	0.90	1.06	0.32	0.58	0.91	0.96	0.40	0.76	1.11	0.87	0.17	0.72									
<b>A3 T4</b>	0.90	0.84	0.17	0.24	0.86	1.00	0.26	0.55	0.90	0.77	0.37	0.40										
<b>A4 T1</b>	0.48	0.09	0.69	0.09	0.23	1.01	0.51	0.55	0.24	0.81	0.66											
<b>A4 T2</b>	0.93	0.64	0.40	0.60	1.01	0.41	0.23	0.31	0.95	0.48												
<b>A4 T3</b>	0.34	0.90	1.01	0.18	0.63	0.98	0.81	0.25	0.51													
<b>A4 T4</b>	0.69	0.85	0.42	0.36	0.70	0.58	0.46	0.19														
<b>A5 T1</b>	0.27	0.99	0.44	0.47	0.18	0.81	0.60															
<b>A5 T2</b>	1.09	0.63	0.65	0.41	0.89	0.80																
<b>A5 T3</b>	0.68	1.02	0.90	0.35	0.58																	
<b>A5 T4</b>	0.42	0.34	0.64	0.29																		
<b>A6 T1</b>	0.40	1.00	0.55																			
<b>A6 T2</b>	0.75	0.47																				
<b>A6 T3</b>	0.59																					

Así, se observa que durante el tercer trimestre la totalidad de las áreas muestran valores de la distancia inferiores a 0.70, lo cual sugiere que no hay evidencias de que la composición de las capturas sean diferentes en las seis áreas durante esta estación del año.

En las comparaciones entre las Areas 1 y 2, los valores de la CRD reflejan incrementos a partir del Area 3, con distancias  $> 0.70$ , principalmente con el primero y segundo trimestre: de la misma forma son muy notorias las diferencias entre el primero y segundo trimestre, con respecto al tercero en las áreas 4, 5 y 6.

En la figura 23 se muestra el dendrograma resultante del análisis de cúmulos, en el que se utilizó como criterio de agrupación la distancia euclidiana cuadrada y el método de Ward a la matriz  $9 \times 23$  (Cuadro 6). En ésta es posible observar la formación de 2 grupos y cuatro subgrupos de unidades de muestreo, cuyas afinidades están relacionadas primero estacionalmente y luego de acuerdo con su ubicación geográfica. Así, observamos que el primer subgrupo (1.1), está integrado exclusivamente por las áreas 1 y 2 con una combinación de estacionalidades en que predominan los segundos y terceros trimestres y el primer trimestre del Area 1. El subgrupo 1.2, incluye a los terceros trimestres de las Areas 3, 4 y 6, así como al primero y cuarto trimestre del Area 1. Estos primeros dos subgrupos podrían ser considerados como aquellos que propician las más adecuadas condiciones oceanográficas, que de manera estacional favorecen la presencia del grupo de especies con afinidad a las aguas cálidas.

El grupo 2 del dendrograma también está integrado por dos subgrupos: en el subgrupo 2.1 se encuentran los cuartos trimestres de las Areas 3, 4, 5 y 6, más el primer trimestre del Area 3 y el tercer trimestre del Area 5. En el subgrupo 2.2 se encuentran los primeros trimestres de las Areas 4, 5 y 6 y los segundos trimestres de las Areas 3, 4, 5 y 6. En los dos subgrupos mencionados aquí, pueden ser ubicadas las especies que se ven favorecidas por las aguas templadas; sin embargo, el subgrupo 2.1 podría ser definido como el área de transición o ecotono formado por la mezcla de especies, las cuales tienen su óptimo desarrollo ya sea en las condiciones de aguas cálidas o en las templadas.



**Figura 23.- Clasificación de los 4 trimestres de las seis áreas analizadas en función de la composición de especies. Las distancias fueron euclidianas cuadradas y el método de agrupamiento de Ward. Se pueden reconocer cuatro subgrupos: (1.1) Asociado a las aguas cálidas del sur, (1.2) una mezcla entre las áreas del sur en su época menos cálida, y las áreas norteñas durante el periodo de influencia de las aguas cálidas; (2.1) las áreas 3, 4, 5 y 6 durante el cuarto trimestre (aguas medianamente templadas), el área 3 durante el primer trimestre y el área 5 durante el tercer trimestre. El último subgrupo (2.2) se integra por las áreas 3, 4, 5 y 6 durante los primeros y segundos trimestres (aguas templadas).**

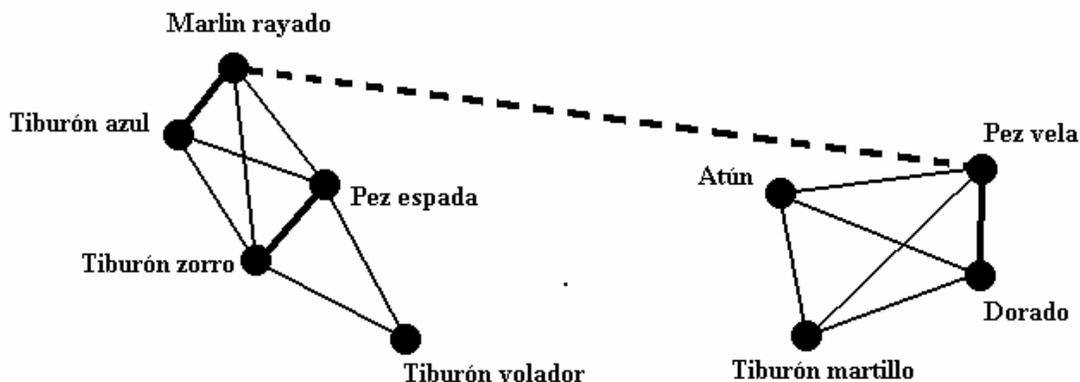
## VII.6.- SIMILITUD ENTRE LAS ESPECIES

A partir de los valores de abundancia que se presentan en el cuadro 3 (matriz 9x3), se calcularon los coeficientes de correlación por rangos de Spearman ( $r_s$ ) para cada par de especies, los cuales se muestran en el cuadro 7. Mediante la observación de los valores obtenidos, es evidente la formación de dos grupos de especies a través de una correlación positiva, aunque no en todos los casos se presentaron valores absolutos de  $r_s$  estadísticamente significativos en el nivel de significancia  $\alpha=0.05$ . De esta forma, un grupo de especies está integrado por el pez vela, dorado, atún aleta amarilla y tiburón martillo. También se puede observar que, con excepción del tiburón martillo con respecto al pez espada, las demás especies de este grupo presentaron correlación negativa con otras que a su vez integraron un grupo formado por las especies marlin rayado, tiburón zorro, pez espada y tiburón volador. La representación gráfica de los coeficientes de correlación por rangos de Spearman se presenta en la figura 24 mediante un diagrama de plexus (enlace), cuya representación gráfica es aplicada heurísticamente, por lo que los valores de correlación se disponen de acuerdo a la proporcionalidad de los índices de correlación obtenidos.

De esta manera podemos observar un tipo de ordenamiento de las especies y la posible formación de los grupos con más afinidad.

**Cuadro 7. Matriz de similitud por rangos de Spearman ( $r_s$ ) para las seis áreas. Los valores sombreados son aquéllos que rebasan los valores críticos de  $r_s$  para  $n=6$  con  $\alpha=0.05$ .**

	MR	TZ	PE	TV	DO	AT	TM	TA
PV	-1.00	-0.77	-0.77	-0.43	0.89	0.43	0.43	-0.94
MR		0.77	0.77	0.43	-0.89	-0.43	-0.43	0.94
TZ			0.83	0.71	-0.77	-0.66	-0.31	0.71
PE				0.43	-0.60	-0.31	0.09	0.71
TV					-0.60	-0.83	-0.37	0.54
DO						0.43	0.43	-0.94
AT							0.71	-0.37
TM								-0.31

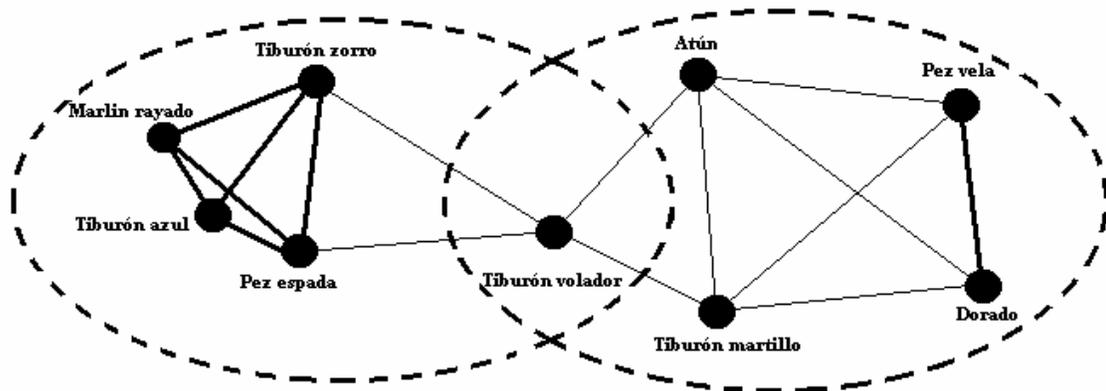


**Figura 24.- Diagrama de plexus sobre las principales relaciones entre las especies. La distancia entre los puntos es aproximadamente proporcional al coeficiente de correlación por rangos de Spearman (ver valores en el cuadro 7). Las líneas más gruesas y continuas representan covariación positiva, la discontinua que une al pez vela con el marlin rayado, representa a la covariación negativa máxima (-1) y las líneas continuas delgadas a la covariación positiva, que estadísticamente no es significativa.**

En el cuadro 8 se presentan los coeficientes de correlación por rangos de Spearman, los cuales fueron obtenidos a partir de los valores de abundancia de las nueve especies para los cuatro trimestres que fueron presentados en el cuadro 4 (matriz 9x23). Los valores obtenidos se representan mediante el diagrama de plexus de la figura 25.

**Cuadro 8. Matriz de similitud por rangos de Spearman ( $r_s$ ) para los cuatro trimestres de las seis áreas (23 unidades de muestreo). Los valores sombreados son aquéllos que rebasan los valores críticos de  $r_s$  para  $n=23$  unidades de muestreo, con  $\alpha=0.05$**

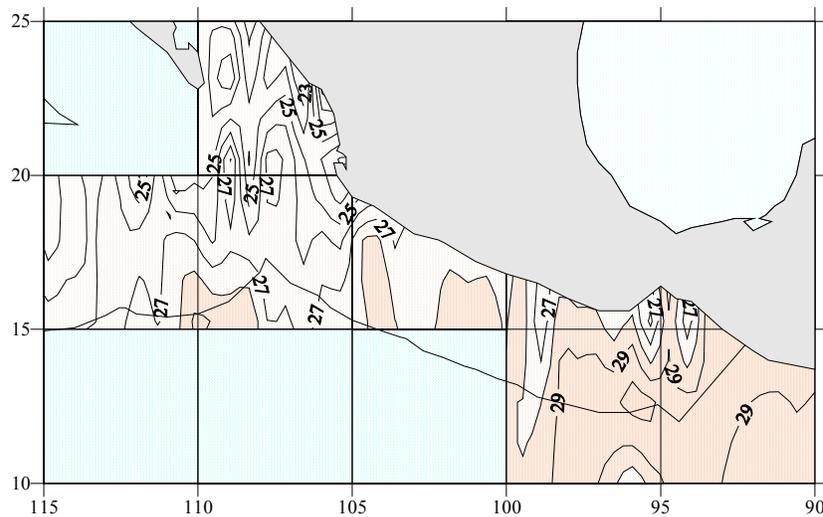
	MR	TZ	PE	TV	DO	AT	TM	TA
PV	-0.70	-0.60	-0.37	-0.17	0.60	0.06	0.04	-0.58
MR		0.68	0.68	0.17	-0.32	-0.14	-0.02	0.80
TZ			0.56	0.13	-0.17	-0.28	-0.24	0.76
PE				0.14	0.09	0.20	0.07	0.81
TV					0.05	0.17	0.08	-0.10
DO						0.22	0.12	-0.11
AT							0.31	0.11
TM								-0.07



**Figura 25.- Diagrama de plexus sobre las principales relaciones entre las especies. La distancia entre los puntos es aproximadamente proporcional al coeficiente de correlación por rangos de Spearman (ver valores en el cuadro 8). Las líneas continuas más gruesas representan covariación positiva estadísticamente significativa y las delgadas covariación positiva estadísticamente no significativa y las elipses con líneas discontinuas representan a grupos de especies con covariación positiva entre ellas.**

## VII.7.- ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL

Los datos de temperatura superficial obtenidos de las diferentes fuentes de información fueron en total 4,263, mismos que fueron seleccionados y agrupados en las seis unidades de muestreo. El número de datos variaron entre 260 en el área 5 y 1100 para el área 6, con un promedio de 710 datos para las seis áreas analizadas, los cuales se usaron para representar la distribución de las isotermas anuales promedio para el período de estudio (Figura 26).



**Figura 26.- Distribución de las isotermas anuales (valores promedio) en los cuadrantes seleccionados para el estudio. Los datos de la temperatura superficial fueron obtenidos durante las operaciones de pesca, muestreos oceanográficos registrados por la NOAA y barcos atuneros, durante el periodo y áreas estudiados. El color gris oscuro representa los valores de la temperatura superiores a 28°C.**

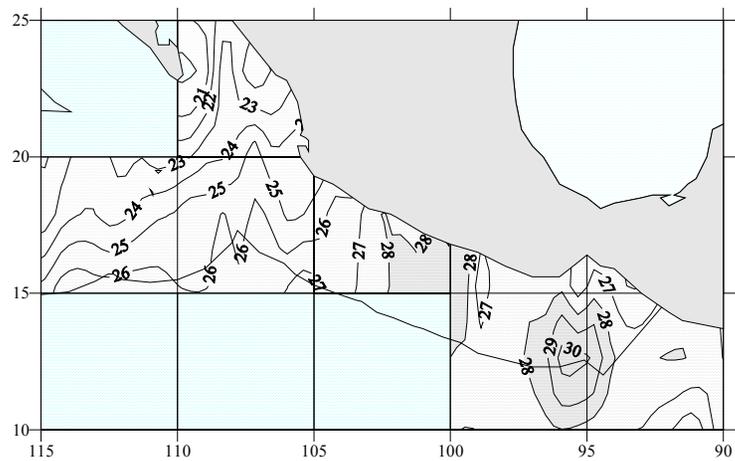
En esta representación de las isotermas es posible observar un predominio de las temperaturas superiores a 28°C en las áreas 1 y 2, así como una disminución gradual conforme se incrementa la latitud, con valores mínimos de 23°C en el Area 6.

Otro tipo de representación de las temperaturas prevalecientes en las áreas, se presenta en la figura 27, en la cual se muestra el comportamiento de las temperaturas en función de cada uno de los cuatro trimestres. En esta forma, se hace evidente la existencia de los movimientos de masas de agua, cuya presencia en la mayor parte de las áreas tiene una relación directa con el predominio, que durante el primero y segundo trimestre ejerce la Corriente de California, así

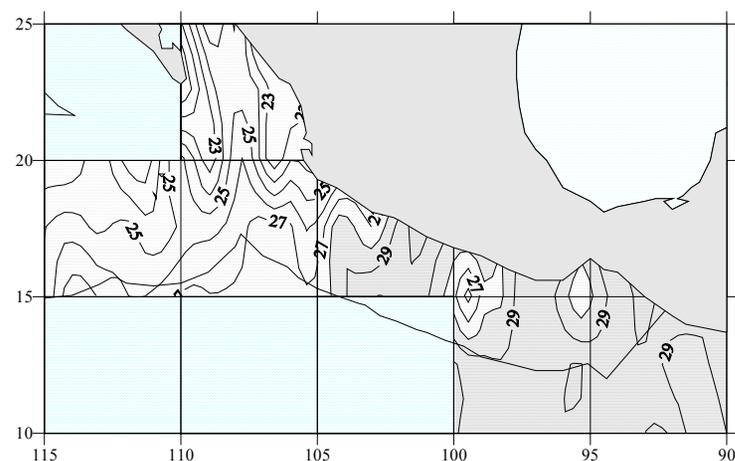
como el caso opuesto durante el tercero y cuarto trimestre durante los cuales lo ejerce la Contracorriente Ecuatorial y la Corriente Costera de Costa Rica.

En la figura 28 se presentan seis histogramas de frecuencias de la temperatura superficial, los cuales corresponden a cada una de las áreas analizadas. En esta representación de la distribución espacial de la temperatura superficial, se puede observar la disminución gradual de las temperaturas de las áreas, conforme son más expuestas a la influencia de la Corriente de California.

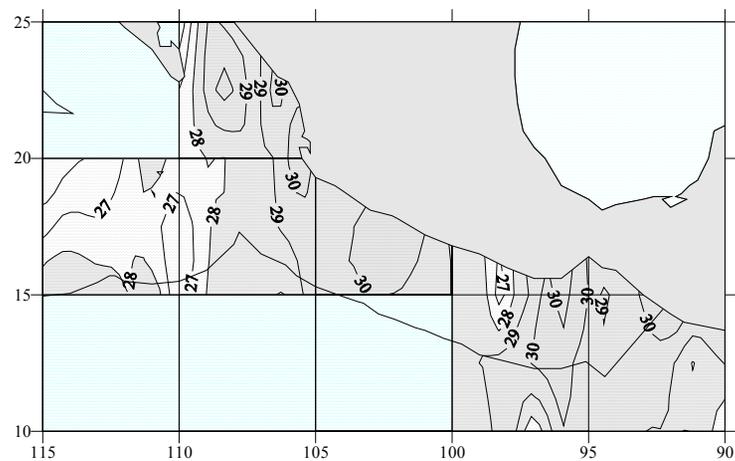
En lo que respecta a la dispersión de las temperaturas del Area 6, con un gradiente más amplio que en el resto de las áreas (entre 18° y 33°C), ésta podría ser explicada como una consecuencia del efecto de barrera que presenta la península de Baja California, con la presencia de diferentes masas de agua para cada uno de sus extremos, con valores altos y bajos de temperatura dependiendo de la estacionalidad. Así, se observa que durante el primer trimestre se presentan las más bajas temperaturas ( $< 21^{\circ}\text{C}$ ), cuando se presenta el predominio de la Corriente de California, y durante el tercer trimestre las más altas ( $> 30^{\circ}\text{C}$ ) cuando se presenta el predominio de la Corriente Norecuatorial y su componente, la Corriente Costera de Costa Rica.



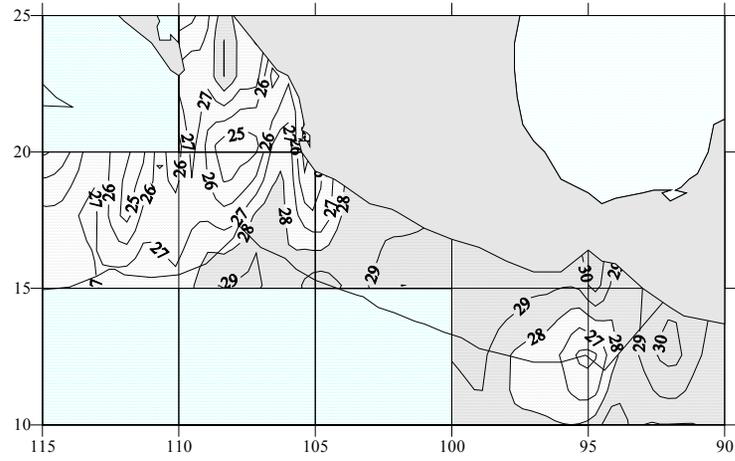
a) Primer trimestre



b) Segundo trimestre



c) Tercer trimestre



d) Cuarto trimestre

**Figura 27.- Distribución estacional de las isotermas (valores promedio), en los cuadrantes seleccionados para el estudio. Los datos utilizados fueron obtenidos por los barcos palangreros, algunos barcos atuneros y por muestreos oceanográficos de la NOAA. El color gris oscuro indica valores superiores a 28°C.**

En el cuadro 9 se presenta una descripción estadística de los datos de temperatura superficial para cada una de las áreas consideradas en el estudio. Por su parte, el análisis de varianza de estos datos reflejó diferencias significativas entre las áreas ( $F_{\alpha=0.05, 2,22}=490.57$ ).

**Cuadro 9.- Descripción estadística de los datos de temperatura superficial de las seis áreas.**

Estadístico	Area 1	Area 2	Area 3	Area 4	Area 5	Area 6
Numero de datos	947	829	1220	960	387	1448
Media	28.95	28.55	27.78	26.16	25.56	25.52
Desviación estándar	1.32	1.61	1.96	2.13	1.94	2.81
Mediana	29	29	27.72	26	26	25
Moda	29	29	28	26.5	26	25
Var. de la muestra	1.74	2.59	3.86	4.55	3.77	7.91
Error típico	0.04	0.06	0.06	0.07	0.10	0.07
Curtosis	2.77	7.62	65.22	0.31	-0.50	-0.88
Intervalo	11	16.5	32	14.8	9	13.5
Mínimo	23	17.5	18.5	18.7	21	19
Máximo	34	34	32	33.5	30	32.5

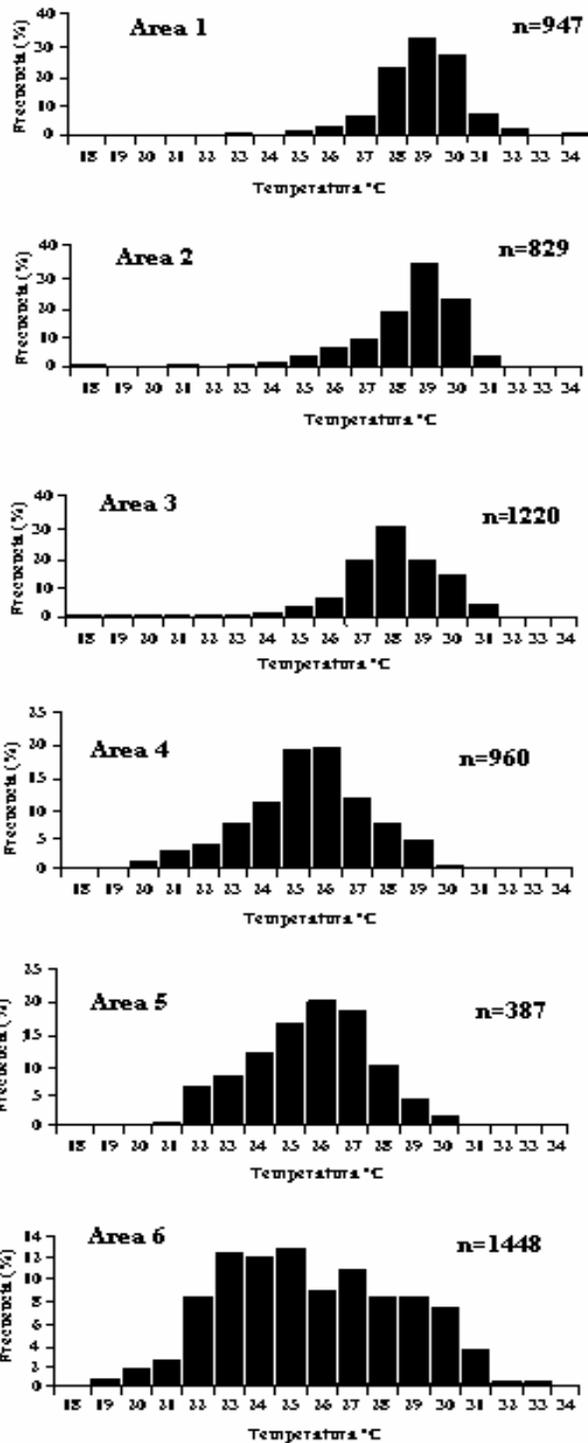


Figura 28.- Histogramas de frecuencia de la temperatura superficial en las seis áreas de estudio. Las temperaturas fueron tomadas durante el periodo estudiado, por las operaciones de los barcos palangreros, la NOAA y operaciones de barcos atuneros mexicanos.

Mediante el análisis de varianza de una vía realizado a las temperaturas superficiales de las 24 unidades de muestreo trimestrales correspondientes a las seis áreas de estudio se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ), demostrándose la existencia de diferencias significativas en por lo menos uno de los valores de las medias muestrales de las 24 unidades de muestreo, por lo que se aplicó una prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Zar, 1996) cuyos resultados se dan en el cuadro 10. En él se aprecia cómo los grupos  $j$  y  $k$  están integrados por 5 de los 6 terceros trimestres y tres unidades de muestreo correspondientes al segundo y cuarto trimestre de las áreas sureñas, que se identifican con los más altos promedios de temperatura, superiores a  $29^{\circ}\text{C}$ , mientras que el primer trimestre de las áreas 1 y 2 se agrupan junto con otros valores intermedios (grupo  $g$ ) y las más bajas temperaturas se presentan durante el cuarto, primero y segundo trimestre de las áreas 4, 5 y 6, con valores inferiores a  $27^{\circ}\text{C}$ .

Otra observación importante que se obtiene de este cuadro, es que los más bajos valores promedio de la temperatura que se presentan durante el tercero y cuarto trimestre, se obtuvieron en el Area 5, el cuadrante más oceánico con  $27.36^{\circ}$  y  $26.23^{\circ}\text{C}$  respectivamente, que puede ser explicado como una consecuencia de la ubicación geográfica de este cuadrante, la cual favorece su exposición directa a la Corriente de California durante esta época del año.

**Cuadro 10.- Descripción estadística de los datos de la temperatura superficial para cada unidad de muestreo (UM) trimestral y resultados de la prueba de comparación múltiple por el método honestamente significativo de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).**

UM's	Cuenta	Promedio	Moda	Mínimo	Máximo	Grupos homogéneos															
						a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k					
<i>A6T1</i>	508	23.26	28.00	23.00	31.10	X															
<i>A5T1</i>	112	23.84	30.00	23.00	32.00		X														
<i>A6T2</i>	235	24.22	29.00	25.00	34.00		X														
<i>A5T2</i>	72	25.08	28.00	26.00	31.00			X													
<i>A4T1</i>	543	25.27	28.00	17.50	34.00			X													
<i>A4T2</i>	105	25.79	29.00	25.00	31.00			X	X												
<i>A5T4</i>	124	26.23	30.00	18.00	33.00				X	X											
<i>A6T4</i>	468	26.78	29.00	23.00	32.00					X	X										
<i>A3T1</i>	702	27.07	27.00	0.00	31.00							X									
<i>A4T4</i>	204	27.30	30.00	20.00	31.10							X									
<i>A5T3</i>	79	27.36	30.00	25.00	32.00							X									
<i>A2T1</i>	198	27.36	29.00	26.00	31.00							X									
<i>A1T1</i>	147	27.53	26.00	18.70	33.50							X									
<i>A3T2</i>	227	28.30	25.00	20.00	31.00								X								
<i>A2T4</i>	199	28.42	29.00	25.00	32.00								X								
<i>A1T4</i>	215	28.61	27.00	21.50	31.00								X	X							
<i>A4T3</i>	108	28.79	25.00	21.10	28.00								X	X							
<i>A3T4</i>	116	28.86	26.00	21.00	29.00								X	X	X	X					
<i>A2T2</i>	177	29.09	27.00	25.00	30.00									X	X	X					
<i>A6T3</i>	237	29.16	27.00	22.00	30.00											X	X				
<i>A2T3</i>	255	29.19	23.00	19.00	27.70												X	X			
<i>A3T3</i>	175	29.20	25.00	19.00	30.00													X	X		
<i>A1T2</i>	272	29.43	29.00	24.20	32.50														X	X	
<i>A1T3</i>	313	29.43	27.00	21.00	32.20																X

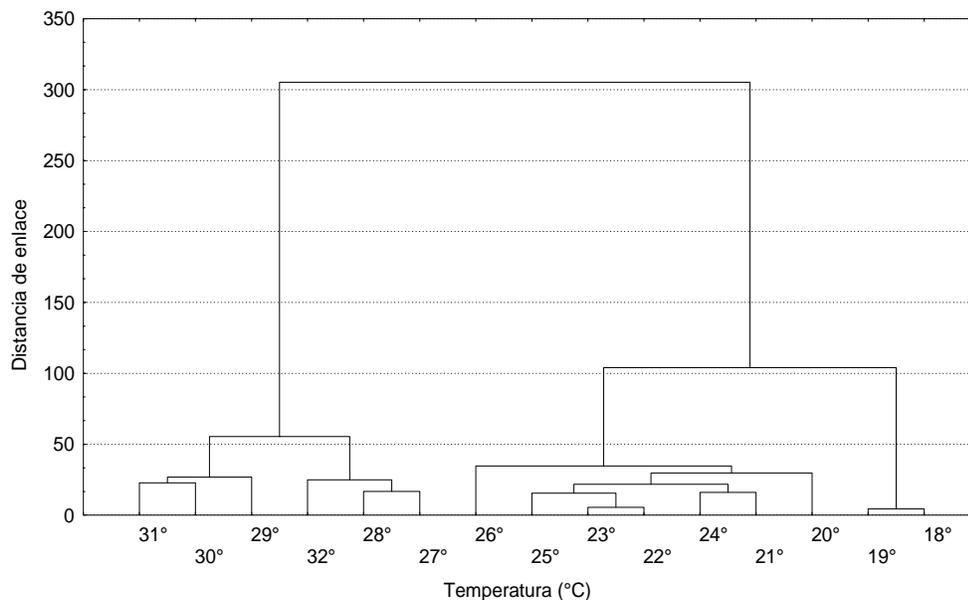
**VII.8.- RESPUESTA DE LAS ESPECIES AL GRADIENTE DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL**

En el cuadro 11 se muestra la matriz de los 17 valores de temperaturas reportados en las operaciones de los barcos palangreros y los indicadores de abundancia de las nueve especies seleccionadas. De esta matriz y previo al análisis, se eliminaron los valores de 17, 32 y 33°C por considerarse poco representativos en cuanto al esfuerzo aplicado y se obtuvieron las gráficas de los análisis de cúmulos y de correspondencia, en los que se clasificaron y ordenaron las temperaturas en función de la composición de especies. Ambas gráficas se presentan en las

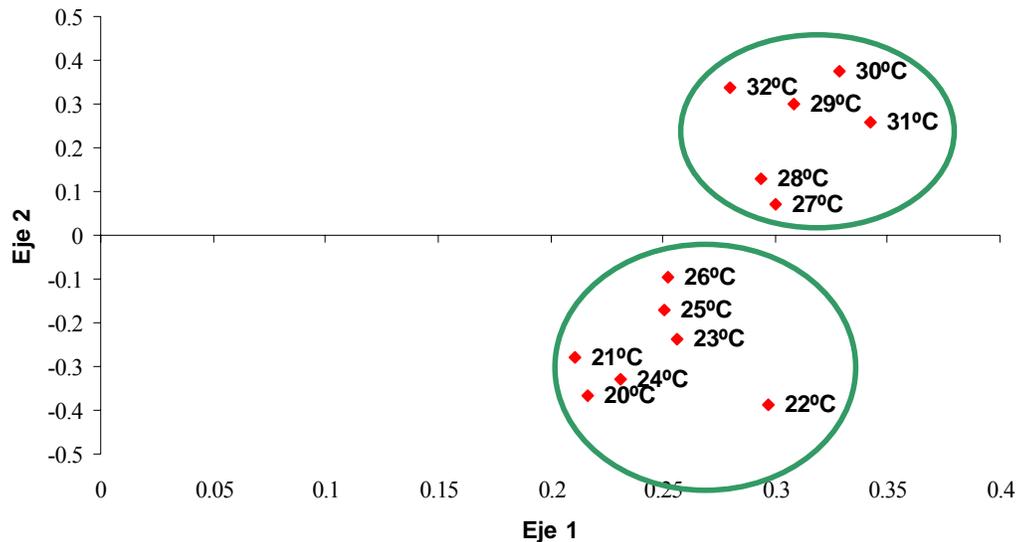
figuras 29 y 30, en las que los resultados son similares puesto que separan un grupo de valores entre el intervalo de 18 y 26°C, de un segundo con temperaturas entre 27 y 31°C.

**Cuadro 11.- Matriz de datos primarios con los valores de abundancia relativa (organismos por cada mil anzuelos) de las nueve principales especies capturadas por la flota palangrera en cada valor de la temperatura superficial del mar. Las áreas sombreadas corresponden a los valores más altos de los de las capturas por unidad de esfuerzo.**

Temp. °C	Pez vela	Marlin rayado	Tiburón zorro	Pez espada	Tiburón volador	Dorado	Atún aleta amarilla	Tiburón martillo	Tiburón azul
17	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.95	0.95	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	1.25	1.88	3.13	0.63	0.42	0.00	0.00	0.00
20	0.18	1.48	28.18	1.89	1.71	0.06	0.15	0.18	4.19
21	0.73	4.01	19.41	2.32	8.89	0.04	0.56	0.65	0.97
22	1.98	6.39	26.22	2.05	8.60	0.21	0.52	0.35	3.39
23	3.38	5.77	28.29	2.00	9.07	0.48	0.45	0.69	3.58
24	3.60	6.47	15.69	2.22	11.71	0.42	0.46	0.35	4.30
25	7.92	6.74	22.24	1.41	8.65	1.16	0.56	0.36	3.35
26	15.80	3.26	17.12	1.16	10.75	0.79	0.41	0.41	2.88
27	36.30	3.01	15.11	2.17	7.57	3.58	0.51	0.73	2.62
28	34.43	2.61	9.07	1.22	14.02	3.70	0.75	0.81	2.02
29	41.38	2.46	4.84	0.60	14.84	7.72	0.14	0.98	0.64
30	46.54	1.43	6.12	0.57	8.55	16.68	0.94	1.15	1.10
31	51.73	1.58	11.00	2.21	10.15	8.93	2.19	0.95	1.21
32	32.15	1.39	15.82	0.17	3.48	7.13	0.35	0.87	0.52
33	15.64	0.00	7.30	0.00	3.30	0.52	0.17	0.00	0.35



**Figura 29.- Dendrograma con la clasificación de las temperaturas superficiales en función de la composición de especies. Las distancias fueron Manhattan y el método de agrupamiento de Ward. Se pueden reconocer dos grupos: El primero integrado por las temperaturas entre 18° y 26°, y el segundo por las temperaturas que se encuentran entre el intervalo de 27° y 32°C.**



**Figura 30.- Análisis de correspondencia con el ordenamiento de las temperaturas superficiales en función de la composición de las especies reportadas por la flota palangrera mexicana.**

En la figura 31 se presentan las gráficas con la dispersión de los valores de captura por unidad de esfuerzo de las nueve especies para cada valor de la temperatura superficial con los que se realizó el análisis de la respuesta de los organismos respecto al gradiente de este factor ambiental.

A partir del análisis del comportamiento de los indicadores de abundancias, se obtuvieron diferentes grados de ajuste a lo largo del gradiente ambiental, mediante el modelo de la curva normal simétrica o curva de Gauss. A partir de los diferentes comportamientos observados, es posible separar a dos grupos de especies con un comportamiento similar al modelo teórico. En las figuras 32, 33, 34 y 35 se presenta el primer grupo, integrado por pez vela, dorado, tiburón volador, atún aleta amarilla y tiburón martillo, las cuales fueron especies que mostraron curvas normales interrumpidas en diferentes niveles de formación, con coeficientes de determinación ( $R^2$ ) que variaron entre 0.82 y 0.99. La coincidencia del comportamiento de las abundancias de estas especies en función de la temperaturas superficiales, fue que los valores más altos, estuvieron directamente relacionados con las más altas temperaturas superficiales, en la mayoría de los casos superiores a los 29°C. Sin embargo, el atún aleta amarilla y el tiburón martillo presentaron fuertes variaciones en algunos valores bajos y altos de la temperatura superficial, lo

cual se ve reflejado en los coeficientes de determinación con valores de 0.82 y 0.91 respectivamente. Conviene recordar que el ajuste al modelo teórico, es sólo debido a que teóricamente deben ajustarse a este comportamiento, sin embargo es evidente que los valores podrían ser ajustados a otros modelos entre los que se encuentran los de tipo lineal. Otra consideración es que los valores de captura por unidad de esfuerzo del atún aleta amarilla y el tiburón martillo fueron los más bajos que se obtuvieron entre las nueve especies analizadas, a lo que podría atribuirse tanta variación en los ajustes. No obstante, es evidente que los más altos indicadores de abundancia están relacionados con las más altas temperaturas superficiales.

El segundo grupo (figuras 36, 37, 38 y 39) integrado por las especies tiburón zorro, marlin rayado, pez espada y tiburón azul, mostraron valores de abundancia a lo largo del gradiente de la temperatura superficial, mediante los cuales se describe completamente la curva de Gauss. Los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de los ajustes variaron entre 0.87 y 0.95. La coincidencia entre todas las especies de este grupo, fueron que sus valores óptimos de abundancia se encontraron entre 23° y 24°C. Los coeficiente de determinación ( $R^2$ ) más bajos se obtuvieron para el pez espada y el tiburón azul con valores de 0.89 y 0.87 respectivamente. No obstante, en ambos casos se observaron valores de abundancia relativamente más altos con respecto a las temperaturas más bajas del gradiente analizado (19 y 20°C).

Por su parte, el tiburón volador (figura 40), se presentó por separado debido a que su distribución espacial no mostró ningún patrón de preferencia definido y a la posibilidad de que esta especie haya sido mezclada con otras similares durante los primeros años de operación y posibles errores de identificación taxonómica posterior. No obstante, en este tipo de análisis se refleja una obvia preferencia hacia las aguas con temperaturas superiores a los 20°C y sin preferencia para el intervalo 21 a 31°C.

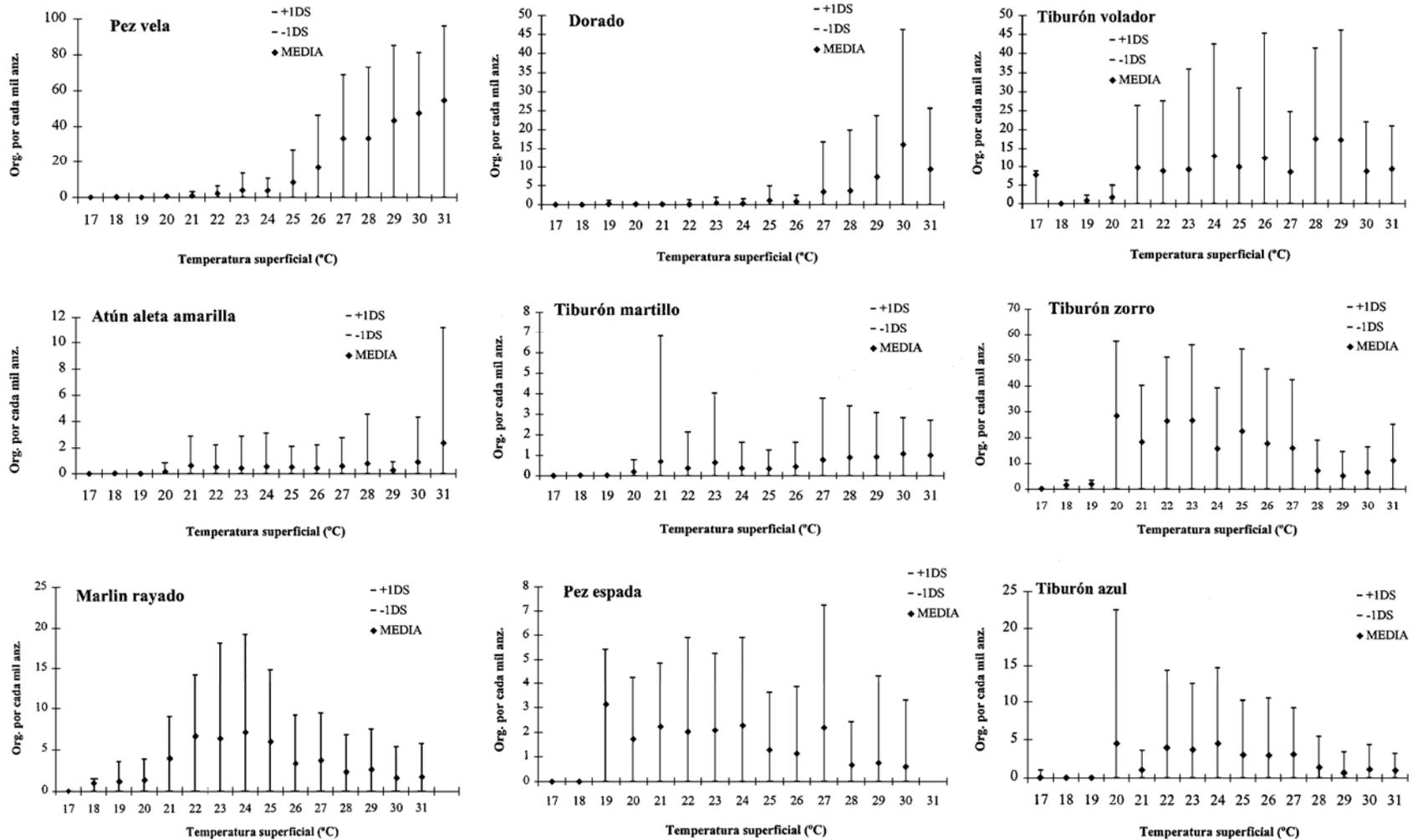


Figura 31.- Diagramas de dispersión de las capturas por unidad de esfuerzo con respecto a cada valor de la temperatura superficial, para cada una de las nueve especies. Se representan los valores promedio y como extremos a  $\pm 1$  Desviación estándar (DS).

El segundo grupo (figuras 36, 37, 38 y 39) integrado por las especies tiburón zorro, marlin rayado, pez espada y tiburón azul, mostraron valores de abundancia a lo largo del gradiente de la temperatura superficial, mediante los cuales se describe completamente la curva de Gauss. Los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de los ajustes variaron entre 0.87 y 0.95. La coincidencia entre todas las especies de este grupo, fueron que sus valores óptimos de abundancia se encontraron entre 23° y 24°C. Los coeficiente de determinación ( $R^2$ ) más bajos se obtuvieron para el pez espada y el tiburón azul con valores de 0.89 y 0.87 respectivamente. No obstante, en ambos casos se observaron valores de abundancia relativamente más altos con respecto a las temperaturas más bajas del gradiente analizado (19 y 20°C).

Por su parte, el tiburón volador (figura 40), se presentó por separado debido a que su distribución espacial no mostró ningún patrón de preferencia definido y a la posibilidad de que esta especie haya sido mezclada con otras similares durante los primeros años de operación y posibles errores de identificación taxonómica posterior. No obstante, en este tipo de análisis se refleja una obvia preferencia hacia las aguas con temperaturas superiores a los 20°C y sin preferencia para el intervalo 21 a 31°C.

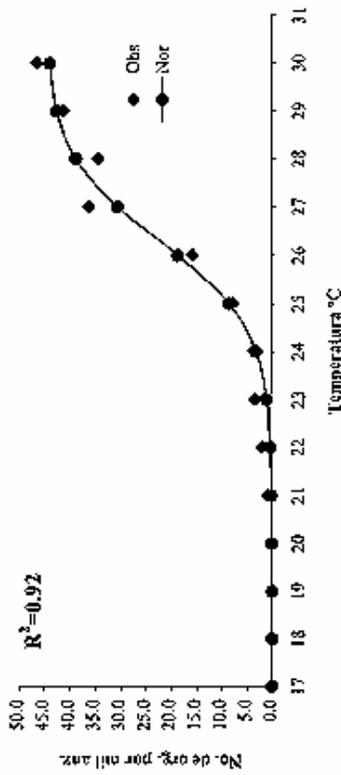


Figura 32. Relación de la abundancia del pez vela con la temperatura superficial

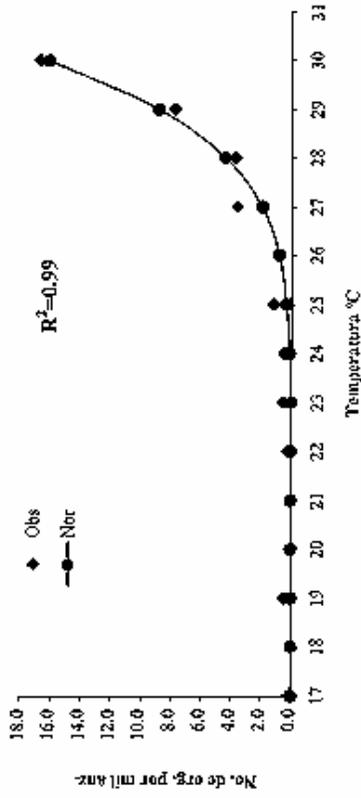


Figura 33. Relación de la abundancia del dorado con la temperatura superficial

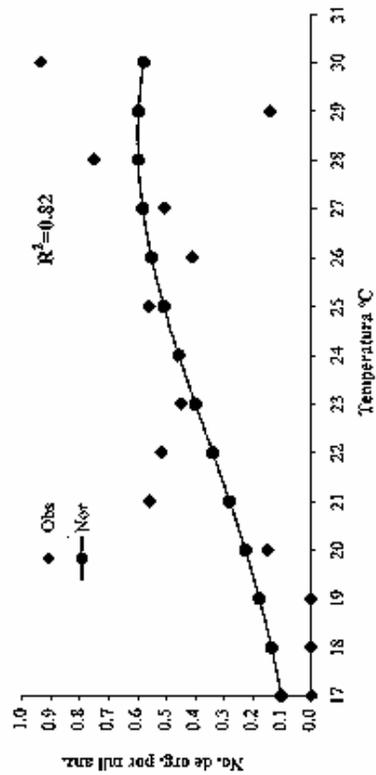


Figura 34. Relación de la abundancia del atún aleta amarilla con la temperatura superficial

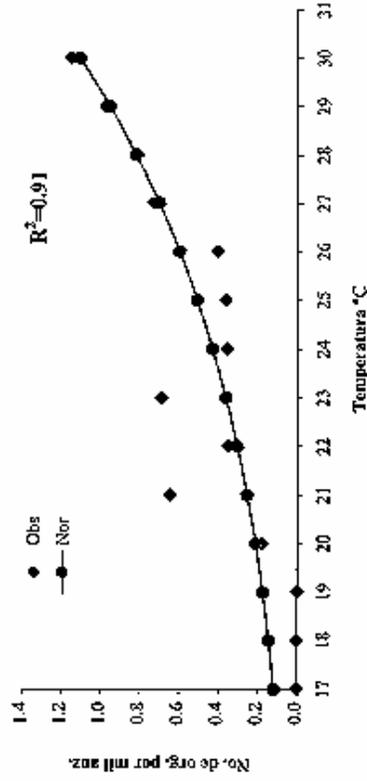


Figura 35. Relación de la abundancia del tiburón marfil con la temperatura superficial

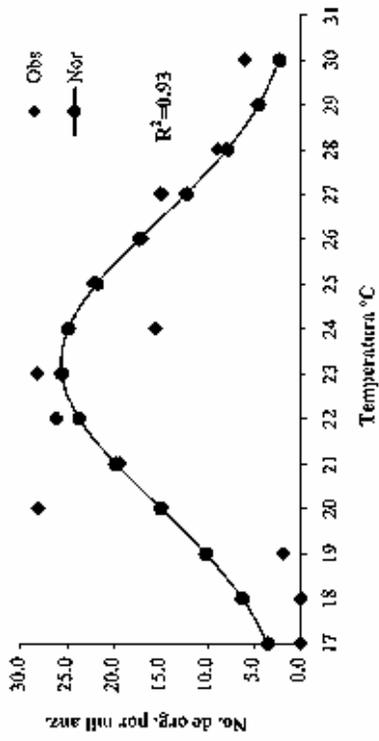


Figura 36. Relación de la abundancia del tiburón zorro con la temperatura superficial

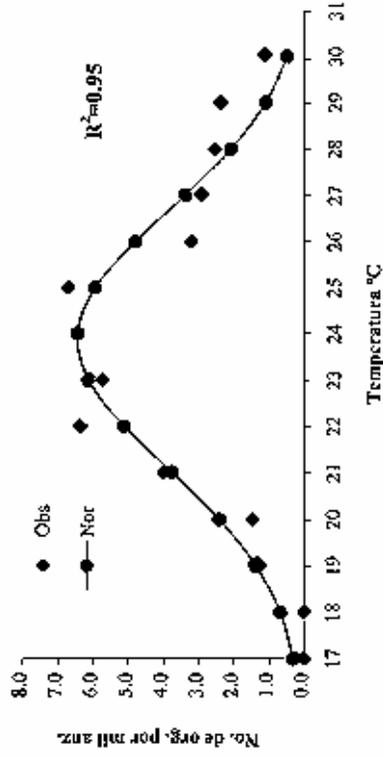


Figura 37. Relación de la abundancia del marlin rayado con la temperatura superficial

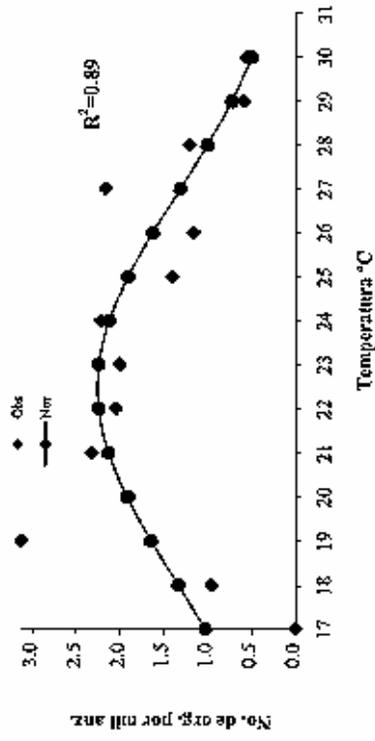


Figura 38. Relación de la abundancia del pez espada con la temperatura superficial

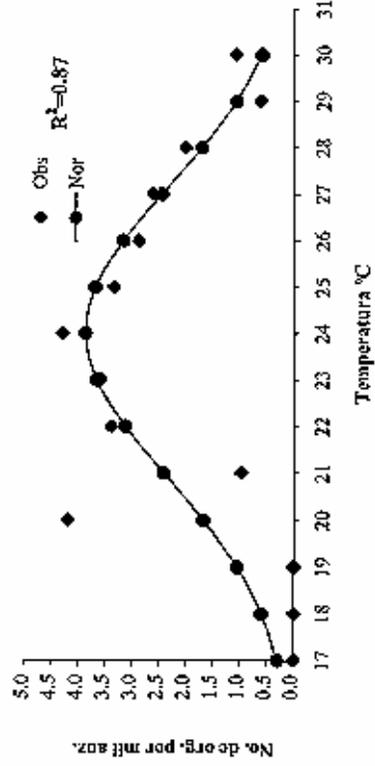
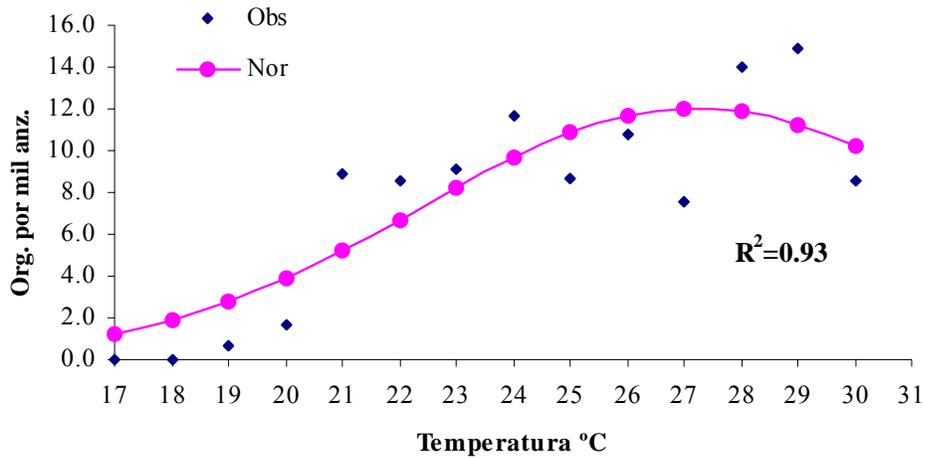


Figura 39. Relación de la abundancia del tiburón azul con la temperatura superficial



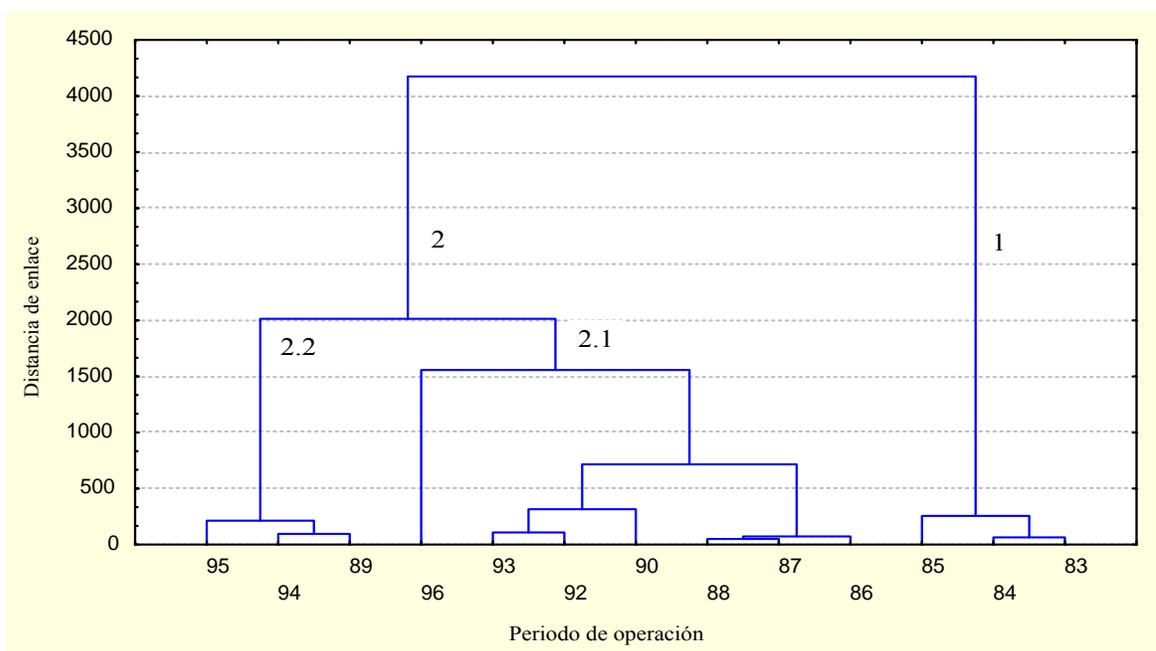
**Figura 40. Relación de la abundancia del tiburón volador con la temperatura superficial**

#### ***VII.9.- CLASIFICACION INTERANUAL***

Como resultado del análisis de los indicadores de abundancia (CPUE) obtenidos de las áreas 5 y 6, ordenados en su conjunto por años (Cuadro 12), se obtuvo el dendrograma de la figura 41, en el que es posible identificar cuatro subgrupos: el primero integrado por los tres primeros años de operación de la flota palangrera (1983, 1984 y 1985); el segundo por 1986, 1987 y 1988, el tercero a los años 1990, 1992, 1993 y 1996 y el último subgrupo por los años 1989, 1994 y 1995. El dendrograma de la figura 42, también por años, clasifica a la matriz integrada por los valores de abundancia (CPUE) de las nueve especies en ocho años, con información conjunta de las áreas 1 y 2 (Cuadro 13). Este dendrograma clasifica dos grupos: el primero que incluye sólo al año 1984; el segundo que incluye al resto del período (1985-1996). Sin embargo, este último clasifica a dos subgrupos integrados por 1985, 1986, 1987 y 1990, y el segundo subgrupo formado por 1988, 1989 y 1994. Es importante observar que durante los años 1983, 1995 y 1996, la flota palangrera no aplicó esfuerzo pesquero en estas áreas.

**Cuadro 12. Matriz de nueve especies por 13 unidades de muestreo, con valores de abundancias anuales para las Areas 4 y 6. Atún a.a. es Atún aleta amarilla.**

AÑO	Pez vela	Marlin rayado	Tiburón zorro	Pez espada	Tiburón volador	Dorado	Atún a. a.	Tiburón martillo	Tiburón azul
83	9.05	1.47	5.53	0.03	33.30	0.00	0.21	1.02	0.00
84	10.32	0.79	13.38	0.70	33.57	0.00	0.00	0.52	0.00
85	18.56	3.45	17.33	1.49	26.78	0.04	0.04	0.73	0.81
86	8.23	5.78	23.45	2.10	11.14	0.38	0.30	0.30	2.80
87	4.22	4.51	23.70	1.18	4.38	0.24	0.29	0.77	3.16
88	10.84	2.77	23.58	2.07	3.92	0.11	0.50	0.32	1.57
89	29.46	2.54	21.91	5.84	3.48	1.29	0.34	0.27	0.48
90	11.50	2.18	37.59	9.38	4.01	1.98	2.87	0.09	7.51
92	7.47	4.94	32.35	3.32	9.16	1.55	1.30	1.80	12.34
93	1.94	7.25	31.40	2.27	7.33	0.00	3.22	1.94	20.15
94	29.07	2.65	17.14	2.45	4.37	2.95	1.84	0.16	7.90
95	21.93	10.94	17.07	2.08	4.09	1.71	0.78	0.18	9.29
96	2.01	27.06	10.65	4.96	0.26	1.24	0.06	0.11	9.51

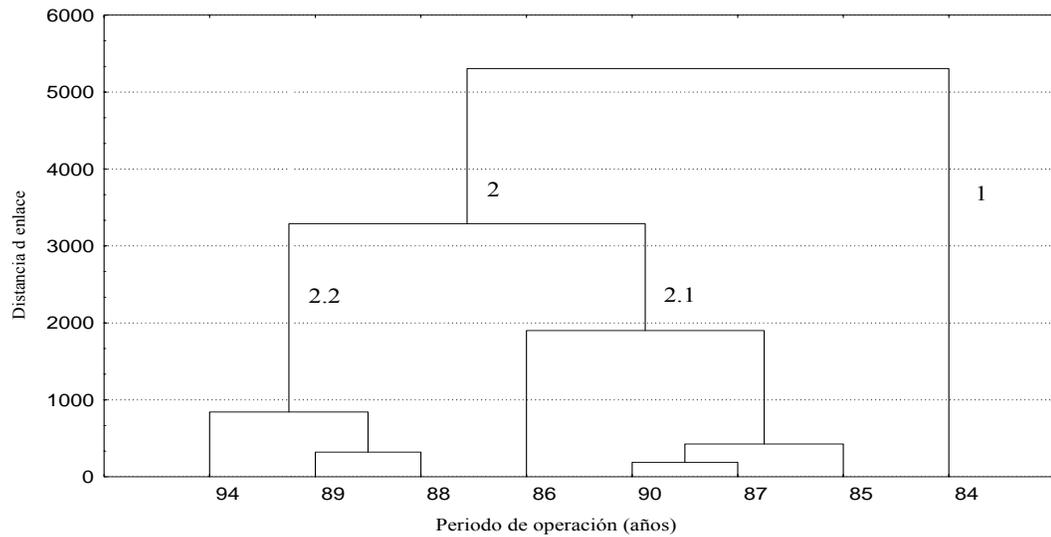


**Figura 41.- Dendrograma de las relaciones entre los 13 años analizadas en las Areas 5 y 6. Las distancias fueron euclidianas cuadradas y el método de agrupamiento de Ward. Se pueden reconocer dos grupos: (1) Asociado con los primeros tres años de operación de la flota palangrera, y (2) un periodo comprendido entre 1986 y 1995. En este último se distinguen dos subgrupos: (2.1) el cual a su vez podría contener dos subdivisiones entre 1986-1988 y otro entre 1990-1993, con semejanza a 1996. El último subgrupo (2.2) incluye a los años 1989, 1994 y 1995.**

**Cuadro 13. Matriz de nueve especies por ocho unidades de muestreo, con valores de abundancias anuales para las áreas 1 y 2. Atún a.a. es Atún aleta amarilla.**

<b>AÑO</b>	<b>Pez vela</b>	<b>Marlin rayado</b>	<b>Tiburón zorro</b>	<b>Pez espada</b>	<b>Tiburón volador</b>	<b>Dorado</b>	<b>Atún a. a.</b>	<b>Tiburón martillo</b>	<b>Tiburón azul</b>
<b>84</b>	6.79	0.67	0.00	0.00	23.44	0.00	0.00	1.07	0.00
<b>85</b>	38.55	2.11	1.31	0.36	12.85	1.06	0.00	0.32	0.00
<b>86</b>	61.12	0.44	2.23	0.38	1.04	40.63	0.74	0.34	0.27
<b>87</b>	42.30	1.58	2.14	0.21	6.47	18.39	0.01	2.05	0.00
<b>88</b>	66.23	0.52	5.91	0.05	17.43	0.61	0.55	0.60	0.04
<b>89</b>	77.91	0.32	4.99	0.05	5.69	7.27	1.05	0.43	0.00
<b>90</b>	50.78	0.08	2.37	0.23	14.84	14.53	4.20	2.75	3.41
<b>94</b>	76.93	0.49	7.69	0.03	34.12	8.14	9.49	0.74	0.00

Los resultados antes presentados permiten observar, que las abundancias con respecto al periodo de operación de la flota palangrera, han tenido variaciones en la composición de las capturas obtenidas, quizá influenciados por la forma de elaborar los reportes, a la selección de especies con mayor valor comercial, o a la localización precisa de caladeros con agregaciones de algunas especies que han sido predeterminadas como objetivo. No debe descartarse la posibilidad de que especies como el marlin rayado, pez espada, dorado y tiburón azul hayan incrementado su participación en las capturas, así como una posible disminución de los índices de abundancia del tiburón zorro y tiburón volador en las Areas 5 y 6. Sin embargo, la observación más evidente fue que durante el evento de La Niña 1988-1989 se obtuvieron altos valores de captura por unidad de esfuerzo frente el Golfo de Tehuantepec.



**Figura 42.- Dendrograma de las relaciones entre ocho años analizados en las Areas 1 y 2. Las distancias fueron euclidianas cuadradas y el método de agrupamiento de Ward. Se pueden reconocer dos grupos: (1) integrado solamente por 1994; (2) integrado por el período 1985-1994. A su vez, el grupo 2 se separa en dos subgrupos: (2.1) integrado por 1985, 1986, 1987 y 1990. (2.2) Agrupa a los años 1988, 1989 y 1994.**

## VIII.- DISCUSIÓN

Considerando que las unidades de muestreo de 5° de Latitud por 5° de Longitud en que fue dividida la ZEE del Pacífico mexicano no corresponden a unidades de muestreo naturales sino arbitrarias (Able y Noon, 1976; Ludwig y Reynolds, 1988), los patrones de la distribución y de abundancia relativa detectados con base en los métodos utilizados, podrían no corresponder a los patrones reales de distribución de las especies involucradas. La distribución latitudinal y longitudinal de las áreas de muestreo seleccionadas corresponden a una zona oceanográfica formada por la influencia de masas de agua procedentes de la Corriente de California, la Corriente Norecuatorial, la Contracorriente Ecuatorial y la Corriente Costera de Costa Rica. Esto propicia un diferente grado de exposición de las áreas seleccionadas en función de su ubicación geográfica, lo que propicia la presencia de algunas especies y la ausencia de otras, en función a las variaciones estacionales de los diferentes factores asociados a las masas de agua.

Además de las consideraciones que pudieran hacerse sobre la influencia espacial de las corrientes oceánicas, es importante mencionar que el grado de influencia tiene componentes estacionales que influyen en la distribución espacio - temporal de las especies (Wyrki, 1967; De la Lanza-Espino, 1991). Por otro lado, es importante enfatizar que la distribución general de las especies estudiadas no se limita exclusivamente al área de estudio del presente trabajo, sino que sus límites se encuentran más allá del norte y sur de donde se podrían cubrir con la información disponible, la cual se encuentra restringida a los límites de operación de la flota palangrera mexicana durante el período 1983-1996. Otra consideración importante sobre la división de las áreas y que está relacionada también con la distribución general de las especies, es que sus límites están asociados a un complejo de variables y que no es fácil delimitar la importancia de cada parámetro por sí mismo (Tait, 1987). De esta manera, las divisiones de las áreas en cuadrantes de 5° no son más que un punto de referencia para el estudio de los patrones seguidos por las especies o grupos de especies asociados a los patrones espaciales y estacionales de las condiciones ambientales y los recursos disponibles en su. De la misma forma, las subdivisiones biogeográficas del mar, "... son inevitablemente vagas, ya que el ambiente marino tiene muy pocos límites ecológicos firmes" (Tait, 1987). Mientras que la expansión de algunas especies se ve limitada por algunas barreras físicas, como las especies de aguas neríticas separadas de las oceánicas, en la mayoría de los casos la transición de un tipo de fauna a otra es gradual, con una enorme superposición de poblaciones.

En el análisis de las temperaturas superficiales muestreadas simultáneamente durante las operaciones de pesca, se ratifican los movimientos estacionales de las masas de agua mencionadas por Wyrcki (1964, 1965, 1966 y 1967) y Fischer et al. (1995), así como la variación de 0.5°C en la temperatura superficial por cada grado de Latitud, con máximas de 30°C o más mencionadas por Weihaupt (1984). Es obvio que los movimientos latitudinales y longitudinales de las masas de agua provocan condiciones oceanográficas que inducen a que las áreas contiguas sean similares, así como aquellas que, aunque estén alejadas, se encuentran en un periodo determinado bajo la influencia temporal de estas corrientes. Estas condiciones oceanográficas se ven reflejadas en el predominio de un determinado grupo de especies, que se asocian de acuerdo con las condiciones ambientales prevalecientes, de las que se puede definir a la temperatura superficial del mar como un buen indicador. Ésto puede ser constatado en el análisis de los trimestres de cada área, en donde las agrupaciones de las unidades de muestreo tienen una gran coincidencia con las formadas por las temperaturas superficiales medidas simultáneamente a cada muestreo.

Las asociaciones de especies, en este caso de pelágicos mayores, formados de manera transicional, es definida por Odum (1982) como un ecotono y esta mezcla de grupos tiene una correspondencia de acuerdo a una zona de transición estacional de la influencia de las masas de agua con influencias opuestas. De esta manera, con base en las clasificaciones ecológicas sobre la distribución de las poblaciones y comunidades, se puede decir que los pelágicos mayores capturados con palangre, se clasifican como especies asociadas a las aguas cálidas o como especies que viven en aguas de temperaturas intermedias (templadas).

Los datos de abundancia relativa utilizados en el presente trabajo, como el número de organismos de cada especie capturados por cada mil anzuelos, son valores que indudablemente variarán con respecto a la abundancia real, puesto que existe una gran cantidad de factores que determinan el éxito de captura del sistema de pesca utilizado. Entre otros factores se puede mencionar el comportamiento gregario o dispersivo de las especies con respecto a su distribución horizontal y vertical en el medio oceánico, lo cual permite decidir el tipo de arte de pesca a utilizarse para capturar las especies previstas como objetivo. Como un ejemplo sobre la susceptibilidad de las especies a ser capturadas con diferentes sistemas de captura, se puede mencionar a la pesquería del atún aleta amarilla, en la cual la eficiencia de captura es mucho menor cuando se utiliza el palangre de deriva (Santana-Hernández, 1997) que cuando se utiliza la red de cerco (Arenas et al., 1992; Hall et al., 1992), mientras que cuando la especie objetivo ha sido *Thunnus obesus* la

pesquería con palangre ha tenido mucho éxito debido al comportamiento dispersivo de esta especie, en áreas en donde la termoclina se encuentra hasta profundidades de 200 m o más (Miyabe y Bayliff, 1987; Nakano y Bayliff, 1992).

Es pertinente señalar que algunos aspectos relacionados con la identificación taxonómica de las especies analizadas mediante este trabajo podrían estar sesgados respecto a la realidad, puesto que parte de la información está referida a los reportes realizados por los encargados de las embarcaciones palangreras a través de las bitácoras y la precisión podría variar en función de su experiencia y habilidad para la diferenciación de las especies. Como se mencionó en el apartado de los resultados, la información de las bitácoras reportadas durante los primeros tres años de operación (1983-1985) de la flota palangrera denominada "Tiburón", no reflejaron totalmente la composición de las capturas que posteriormente fueron observadas por personal más especializado durante los años 1986 a 1996. Esto pudo ser un efecto de la laxitud en las restricciones al dar los permisos de pesca, o debido a la poca aceptación en el mercado de especies poco conocidas. Estas deficiencias pudieron haber llevado, por un lado, a la práctica de desechar parte de la captura como es el caso conocido del tiburón azul (*Prionace glauca*), el cual no tenía aceptación en el mercado, y por otro, a reportar las especies comunes mezcladas con aquellas que poseen ciertas similitudes morfológicas.

Con evidencias sobre la identificación de algunas especies realizadas por los observadores en los años posteriores a 1985, existe la posibilidad de que especies comunes en la captura como el tiburón volador (*Carcharhinus limbatus*), el cual presenta diferencias muy notorias en las capturas reportadas por las bitácoras con respecto a las reportadas por los observadores, haya sido mezclado con *C. falciformis*, *C. longimanus*, *C. altimus*, *C. brachyurus*, *C. leucas* y *C. obscurus*, debido a que coinciden con su distribución geográfica y son fáciles de confundir morfológicamente por pertenecer a la misma familia (Compagno, 1984a). Otra especie de tiburón como el martillo (*Sphyrna lewini*), que también muestra diferencias numéricas entre los datos de bitácoras y de observadores, podría estar mezclado con otras de la misma familia como *S. media*, *S. mokarran*, *S. tiburo*, *S. zygaena* y *S. corona*. El tiburón zorro (*Alopias pelagicus*) también es posible que se haya mezclado, aunque en muy bajas proporciones, ya que no se observan diferencias significativas entre las dos fuentes de información, con las especies *A. vulpinus* y *A. superciliosus* (Compagno, 1984b). Los primeros reportes de las bitácoras separaban al tiburón zorro con el "thresher", término que puede ser aplicado a cualquiera de las tres especies, no obstante ha sido evidente la superioridad numérica de *A. pelagicus*. Otra especie que podría

incluir a otras de la misma familia, es el marlin rayado (*Tetrapturus audax*), aunque en muy bajas proporciones de *Makaira indica* y *M. mazara* (Nakamura, 1985). Aquí es importante aclarar que las diferencias que podría haber entre los datos reportados para esta especie con respecto a los observados no se reflejan numéricamente, debido a que las capturas de marlin rayado han mostrado un comportamiento ascendente durante los últimos años. Por su parte el dorado (*Coryphaena hippurus*) ha sido mezclado, aunque de manera muy eventual junto con *C. equiselis* (Palko, Beardsley y Richards, 1981b). Aunque nunca fue registrada por los observadores, existen evidencias de que ha sido capturada en el área de estudio (Klett et al., 1996).

En contraparte a las consideraciones sobre la posible mezcla de especies, existen tres de las que no obtuvimos evidencias de que hayan sido mezcladas, como son el pez vela (*Istiophorus platypterus*), pez espada (*Xiphias gladius*) y atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), quizás debido a que sus características morfológicas externas son muy difíciles de confundir (Nakamura, 1985; Palko et al., 1981a; Compagno, 1984; Collete y Nauen, 1983).

No obstante las anteriores observaciones, mediante la prueba estadística Ji-cuadrado ( $X^2$ ) aplicada a las dos bases de datos, utilizando las nueve especies principales, se puede considerar que el nombre común de las especies reportadas en las bitácoras son lo suficientemente confiables en cuanto a la identidad taxonómica de las especies, sustentado en la alta proporción de aquellas en las que no se tuvo duda sobre su identificación. De la misma forma, el resto de las especies identificadas por los observadores y omitidas en las bitácoras, podrían ser consideradas como especies capturadas incidentalmente, puesto que su presencia es poco significativa. Sin embargo, estas últimas especies deberán ser consideradas en futuros estudios en los que sea importante resaltar la diversidad y la riqueza de las especies con el fin de compararlos con otras pesquerías similares.

Sobre la calidad y cantidad de la información analizada en el presente trabajo, Shingu et al. (1974) y Miyabe y Bayliff (1987) han manifestado que los valores de captura por unidad de esfuerzo utilizados en la pesquería palangrera como una relación del número de organismos entre el número de anzuelos, reflejan bien los cambios en la abundancia, por lo menos en las poblaciones accesibles, de manera que si la accesibilidad de los peces sucede de manera aleatoria, la medida de la captura por unidad de esfuerzo, obtenida de los datos durante un período largo de tiempo (3 años o más), sería una buena estimación del promedio de la abundancia relativa. De esta forma, el error sistemático o sesgo producido por los datos puede reducirse al estratificar las

regiones de pesca, cuando la distribución de los peces y/o el esfuerzo, cambian por áreas. Así, de acuerdo con Greig-Smith (1971) y Green (1980), los resultados de un análisis de la información con estas características, puede conducir a la observación de los fenómenos que pueden explicar el comportamiento de las especies en particular y de los grupos o comunidades en general, como una respuesta a los cambios ambientales periódicos y estacionales.

A través de las observaciones realizadas sobre la distribución del esfuerzo y la captura de la flota palangrera, se pueden separar dos grandes áreas de operación de la flota palangrera: una distribuida latitudinalmente entre los estados de Colima y Sinaloa (Áreas 4 y 6 de este estudio) y la otra entre los estados de Oaxaca y Chiapas, principalmente en el Golfo de Tehuantepec (Áreas 1 y 2), en las que en conjunto se ha aplicado el 84.70 % del esfuerzo pesquero. Estas áreas reflejan en buena medida, dos regiones en las que los rendimientos de la captura por unidad de esfuerzo están relacionadas con las condiciones oceanográficas y los recursos prevalecientes. Sobre las posibles causas y particularidades de estas zonas, Bianchi (1991) menciona que en los litorales que se encuentran desde el Golfo de Tehuantepec hasta Costa Rica, los efectos de la Corriente de California y de los vientos del noroeste son importantes para la formación de surgencias frente a las costas de Sinaloa y se presentan fenómenos de surgencia durante la temporada invierno - primavera entre Cabo Corrientes e Islas Marías (De la Lanza-Espino, 1991). La presencia de surgencias en las áreas mencionadas, explican los rendimientos de captura obtenidos como un reflejo de su alta productividad, la cual se manifiesta en el grupo de especies de la parte alta de la pirámide alimentaria.

Los altos valores de distancia de la cuerda (CRD) obtenidos entre el tercer trimestre de las áreas 1 y 2 con respecto al primer trimestre del Área 5, podrían ser interpretados como una fuerte evidencia del efecto provocado por la acción directa de las masas de agua con características opuestas, que predominan tanto espacial como estacionalmente y que propician la presencia de diferentes grupos especies en las capturas. También con el uso de este método se hacen evidentes las diferencias o semejanzas en su caso, entre las áreas, que de acuerdo con el criterio establecido sobre los valores de la distancia de la cuerda ( $> 0.70$  se consideran diferentes y  $< 0.70$  se consideran iguales), durante el tercer trimestre todas las áreas son similares, mientras que a partir del Área 3 se empiezan a observar las diferencias con el primer trimestre; en el Área 4 se incrementa hacia el segundo trimestre y en las áreas 5 y 6 se incluye también al cuarto trimestre. Durante el tercer trimestre, a partir del Área 3 no se manifiesta ninguna diferencia con respecto a los demás trimestres del resto de las áreas (Área 4, 5 y 6), lo cual indica el predominio de las

especies con afinidad a las aguas templadas y por lo tanto la evidencia de que estas masas de agua tienen una influencia directa sobre la composición de las especies afines a ellas hasta este límite sureño del área de estudio. Los patrones observados con métodos de clasificación o análisis de cúmulos, mostraron también un patrón, en el cual las combinaciones de trimestres y áreas reflejaron semejanzas en función de la presencia de las isotermas a lo largo del gradiente latitudinal.

Los patrones observados sugieren un cambio de las condiciones ambientales de las áreas, con un consecuente predominio de uno u otro grupo de especies y el análisis ratifica este comportamiento estacional con las diferencias o semejanzas (según sea el caso), que existen entre los diferentes trimestres, incluso dentro de las mismas áreas (Area 3, 4, 5 y 6). Con respecto a la igualdad relativa, o "no diferencias" que reflejan las distancias entre los cuatro trimestres de las Areas 1 y 2, éstas podrían interpretarse como resultado de la estabilidad en las condiciones oceanográficas durante todo el ciclo anual, con un predominio de las masas de agua cálida. Con base en los planteamientos sobre espacio – estacionalidad de las especies, Odum (1982), Tait (1987), Sylva (1990) y Begon et al. (1995) sugieren que así como las características físicas y químicas de las masas de agua pueden servir para determinar las poblaciones de especies típicas que viven en ellas, también los grupos de especies de distinta tolerancia pueden en consecuencia, dar indicaciones precisas de las alteraciones en la calidad del agua que se desplaza de un lugar a otro.

De acuerdo con Pianka (1973) el traslape de nichos está considerado como una de las probables determinantes de la diversidad de especies y de la estructura de la comunidad, lo cual quiere decir que dos especies con requerimientos de nicho similar mostrarían un alto grado de traslape. Los índices de traslape de nichos pueden ser medidos desde dos enfoques diferentes: uno que considera el análisis entre las especies y otro que analiza las unidades de muestreo. Por su parte, Hurlbert (1978) recomendó que la selección de los índices de traslape deberían estar basados en su fácil interpretación biológica y en su capacidad de encontrar la variación en la disponibilidad de los recursos. Lawlor (1980) sugiere que las especies pueden ser comparadas sobre la base de su morfología, uso de los recursos alimenticios, uso de microhábitat, etc. En este caso, el traslape de nichos fue analizado a partir del uso de los recursos ambientales representados por la temperatura superficial, como un indicador robusto de las masas de agua procedentes de las diferentes corrientes, mismas que influyen en la determinación de las condiciones que propician la presencia de un determinado grupo de especies, que pueden variar espacial y estacionalmente.

Entre las principales evidencias sobre la relación y el comportamiento de las especies analizadas, con respecto a los valores de la temperatura superficial del mar, así como los coeficientes de correlación por rangos de Spearman, fue la formación de por lo menos dos grupos de especies con una alta afinidad en cuanto a sus valores de temperatura máxima u óptima de abundancia. Este comportamiento hace reflexionar acerca de los efectos de la competencia por recurso, como un tipo de interacción dañina, puesto que por sus hábitos alimenticios la asociación de las especies es afectada adversamente. Estos también son factores que contribuyen a la superposición de nichos, lo cual ha sido señalado como un importante factor regulador en la distribución de las especies.

Aún cuando el presente trabajo se ha enfocado el análisis relativo a la organización de las especies asociadas hacia la competencia por recursos como el espacio, representado por los factores ambientales que predominan en determinada estacionalidad, es muy importante enfatizar que estos factores no son los únicos recursos en disputa, sino que deben considerarse otros aspectos como los recursos alimenticios utilizados por estas especies, consideradas por Parin (1970) como depredadores de los niveles superiores de la cadena tróficas.

Por lo antes expuesto, es conveniente recordar que el principal vínculo entre las nueve especies analizadas, fue su última presa antes de ser muestreadas, dado que éstas fueron atraídas hacia el anzuelo del palangre utilizando como carnada a organismos, que si bien podrían no ser parte de su espectro trófico fundamental, fueron colocados como parte integral de la estrategia de pesca que incluye el área, las condiciones ambientales y el comportamiento alimenticio de las especies capturadas. De esta manera, de acuerdo con las definiciones aportadas por Root (1967), Krebs (1985), Begon et al. (1995) y Madrid-Vera (1998), los grupos de especies muestreados deben pertenecer a gremios formados por depredadores generalistas. No obstante, queda por descifrar lo concerniente a las especies que constituyen la dieta preferida de cada una, lo cual podría conducir, en el corto plazo, a una posible alternativa para hacer más eficiente el arte de pesca. No se deben pasar por alto las aportaciones de Weihaupt (1984), Nakamura (1985), Compagno (1984a y b) y Collete y Nauen (1983), en el sentido de que los pelágicos mayores son organismos de alta movilidad, con capacidad para reaccionar rápidamente a los cambios ambientales y a las necesidades de alimento en su búsqueda de condiciones más propicias para el desarrollo de su ciclo vital.

En cuanto a los movimientos migratorios que realizan las especies, se cree que son básicamente para alimentarse en otras zonas, para huir de un estado desfavorable del clima o mantenerse

dentro de corrientes de agua con cierta temperatura, densidad, salinidad con el fin de llegar a las áreas de reproducción. Según Demeteva (1959), existe una relación exponencial con pendiente negativa, entre el tiempo en que los huevecillos de peces tardan para eclosionar y la temperatura del agua; esto significa que conforme se incrementa la temperatura, disminuye el tiempo de incubación. Desde luego que para cada especie existe una temperatura óptima de desove. Así, la temperatura se ha utilizado como un indicador directo o indirecto, puesto que es un reflejo de otros factores ambientales como vientos y corrientes. Hela y Laevastu (1962), aseguran que casi todos las poblaciones de peces tienen temperaturas óptimas específicas, de las cuales es necesario un conocimiento completo para la predicción de sus concentraciones y abundancia estacional.

Además de la temperatura superficial, la cual influye en la distribución horizontal de las especies, debería considerarse también el gradiente vertical de la temperatura. Sobre este factor, en la pesquería palangrera se han realizado estudios comparativos para determinar la distribución de tiburones, atunes y picudos con respecto al gradiente de la profundidad ya sea utilizando dispositivos colocados en los anzuelos (Boggs, 1992), mediante análisis estadísticos de la frecuencia de ocurrencia hacia determinado nivel de operación de los anzuelos (Santana-Hernández, 1998), y también se han utilizado métodos y dispositivos de telemetría acústica para determinar las profundidades máximas de migración de varias especies de pelágicos mayores como *Xiphias gladius*, *Makaira mazara* y *Alopias pelagicus* (Carey, 1990; Block, Booth y Carey, 1992).

Es importante mencionar que independientemente de las migraciones verticales de las diferentes especies analizadas, todas ellas tienen un comportamiento común que se caracteriza por su disponibilidad a artes de pesca con fines recreativos como la caña y el carrete, los cuales son operados en la capa más somera de la columna de agua, aunque en el caso del pez espada esta especie no es común en la pesca deportiva por su particular comportamiento de presentarse en las capas someras durante la tarde y la noche, cuando no se practica la pesca deportiva, cuando menos en el litoral del Pacífico. Sobre la disponibilidad del pez espada, existen datos de la pesquería con arpón en temperaturas óptimas superficiales de 18°C, que confirman las horas en que el pez espada se puede encontrar en la capa superficial, ya sea nadando lentamente o saltando (Palko et al., 1981a, Barbieri, Yáñez y González, 1990 y Ponce, 1991).

De acuerdo con Carey y Robinson (1981) y Tait (1987), los patrones verticales en forma de U de la curva de profundidad preferida son de esperar para un organismo que sigue un patrón relacionado con la iluminación y señalan que la profundidad preferida que alcanzan los peces

espada durante el día (hasta 600 m), tiene relación con los cambios en la luz causados por la transparencia del agua. De esta manera, la presencia del pez espada en la superficie se explicaría como un proceso de oxigenación para recuperarse de la anoxia y calentar sus músculos para facilitar la digestión de las presas capturadas mientras permanecieron a grandes profundidades.

Por otro lado, lo que ha sido llamado migración, podría también ser interpretado como un comportamiento dispersivo de las especies en el intento de colonizar ambientes en los cuales la competencia por las condiciones y recursos son desfavorables, procurando colonizar aquellas áreas que podrían ser hábitats potenciales, aunque el hecho de que un organismo se disperse a un área nueva no significa que la va a colonizar, debido a factores bióticos o físicos no adecuados en el área en que se encontraba anteriormente (Krebs, 1985; Begon et al., 1995). Esto puede ser constatado en el caso del pez vela, el cual incrementa sus valores de abundancia relativa hacia otras áreas, durante algunos trimestres, sin que por esto disminuyan su presencia y abundancia en las áreas que podrían ser interpretadas como óptimas. Según Krebs (1985), la selección de un hábitat determinado resulta de que los organismos dejan un número mayor de descendientes en algunos hábitats en comparación con otros. Esta selección puede ser muy precisa en un medio ambiente predecible, pero cuando se modifican los hábitats, algunas especies no se pueden adaptar rápidamente y por ello ocupan sólo una porción de su hábitat potencial.

Cada especie tiene lo que se puede denominar su espectro térmico, cuyos límites extremos representan la muerte (Margalef, 1980; Odum, 1982; Begon et al., 1995). Cerca de estos límites se tienen sendos segmentos de rigidez o inmovilización, de los que el organismo puede recuperarse y entre ellos, un margen de variación de la temperatura en el que la vida activa es posible. Dentro de éste, suele hablarse de un punto óptimo de temperatura, que según los autores mencionados, es difícil de definir. Este punto óptimo puede considerarse como aquél que corresponde a la máxima producción de trabajo físico, en el que el potencial reproductivo de la especie es máximo, o dicho de otro modo, donde las probabilidades de supervivencia de cualquier población de la especie son mayores. En este sentido, es congruente pensar que la temperatura óptima para la presencia de cada especie está relacionada con muchos otros parámetros ambientales que propician su bienestar.

Los conceptos mencionados anteriormente sobre el papel que juega la temperatura, son equivalentes a los mencionados por Odum (1982), Gauch (1982), Pielou (1975) y Jongman et al. (1987), sobre la relación de la abundancia entre las especies y el ambiente abiótico, la cual es explicada mediante la relación o ley de Tolerancia de Shelford. Según esta ley, las especies deben

presentar un máximo de abundancia para un determinado valor de la variable ambiental, de manera que para valores más altos y más bajos la abundancia debe disminuir progresivamente. Así, los valores de captura por unidad de esfuerzo en función de la temperatura superficial ajustados a la curva normal, deberían ser confiables para considerarlos como un modelo del comportamiento de la abundancia en función de este factor ambiental, principalmente porque teóricamente deberán reflejar las condiciones oceanográficas óptimas para el desarrollo de las etapas larvarias de las diferentes especies, que en esta fase se encuentran en las capas superiores del océano formando parte del plancton.

Otro aspecto importante sobre la temperatura, es su papel en los procesos fisiológicos en general, los cuales se ven reflejados en el desarrollo, crecimiento y metabolismo (consumo de oxígeno); pero también en otras actividades en las que puede ocurrir que cierto límite térmico desencadene una forma de comportamiento determinada (Margalef, 1980). Sobre estos planteamientos, existe congruencia en la captura de juveniles de *Istiophorus platypterus* reportados por Vidaurri-Sotelo, Macías-Zamora y Santana-Hernández (1998) dentro de intervalos de isotermas superficiales muy aproximados al valor de la temperatura óptima de abundancia de esta especie (29°C o más), lo cual ratifica la existencia de condiciones ambientales adecuadas para los procesos reproductivos.

El enfoque central del presente trabajo sobre la temperatura superficial, radica en que esta variable se ha utilizado como un indicador ambiental de la presencia de las diferentes masas de agua, las cuales por su magnitud, pueden considerarse como hábitat separados con cierto grado de traslape, producido por el efecto de los movimientos estacionales de las masas de agua de las corrientes ecuatoriales (del sur) y de la Corriente de California (del norte). Resultados obtenidos en trabajos de carácter fisiológico sobre especies de pico: *Makaira mazara*, *Tetrapturus audax* y *Xiphias gladius* (1990; Block et al., 1992), revelaron que el traslape de nichos disminuye precisamente cuando se incrementa el número de variables abióticas, y que las adaptaciones fisiológicas de las especies juegan un papel importante en este rubro, lo cual lleva a aceptar la consideración de que las asociaciones de especies se dan por la afinidad de un grupo determinado de especies a una gran cantidad de variables abióticas que subyacen de forma multidimensional, en un medio ambiente determinado.

Según Margalef (1980) los valores de la diversidad dan la información necesaria para que de manera comparativa se identifiquen las áreas con mayor o menor riqueza de especies. En el caso de esta pesquería, sin embargo, estos índices también son sensibles al arte de pesca empleado debido a sus características selectivas, por lo que las especies de menor tamaño no pueden ser

capturadas aunque sean especies dominantes. De esta manera, podría decirse que los índices de diversidad y riqueza reflejarían adecuadamente el grado de explotación de una pesquería, puesto que la pesca intensa hace disminuir las especies reclutadas al arte de pesca, misma que vuelve a aumentar si se suspende o reduce el esfuerzo. Los índices de rarefacción obtenidos en el presente trabajo como un indicador de la riqueza de especies en función del tamaño de la muestra, en las diferentes unidades de muestreo, son considerados como el espectro de diversidad definido por Margalef (1980) y debido a que el comportamiento de las especies sigue un patrón espacial y estacional, son los índices de riqueza más adecuados para representar a los grupos de especies tratados en el presente trabajo y en otros similares.

Las variaciones de los índices de rarefacción obtenidos en función de la estacionalidad y las áreas, sugieren que los valores están relacionados con las proporciones de las capturas del pez vela y consecuentemente con su alto grado de dominancia. Sin embargo, es importante subrayar que en este caso, los índices son únicamente válidos para la pesquería de pelágicos mayores obtenidos con palangre de deriva, debido a que su presencia depende de la accesibilidad al arte de pesca con sus características específicas. No obstante, a partir de las observaciones anteriores, y suponiendo que las nueve especies analizadas se encuentran completamente reclutadas al arte de pesca, podemos deducir que los índices de rarefacción más altos están relacionados con masas de agua formadas por la Corriente de California, la cual propicia la participación de especies asociadas a masas de agua templada, y cuyo tránsito hacia las áreas con influencia de aguas cálidas es muy raro.

Sobre lo anterior, Madrid-Vera (1998) encontró que los índices de diversidad son mayores en el invierno y concuerdan con la presencia de especies abundantes en estas épocas, por lo que sugiere que estos aspectos reflejan en parte las respuestas a los efectos de las corrientes y la temperatura asociada, en el nivel temporal y anual. Con respecto a la riqueza de especies, Acal-Sánchez y Arias (1990) realizaron un muestreo en el Golfo de Tehuantepec, mediante los cuales determinaron que las diversidades en número de individuos y en biomasa fueron mayores durante el invierno en el intervalo de profundidad de 1 a 200 m. En estos estudios se sugiere que la influencia de la Corriente Norecuatorial de mayo a octubre y de la Corriente de California de noviembre a abril, son determinantes sobre la estructura íctica de la región. Estos comentarios ratifican que las causas principales en la variación de la diversidad, radica en los movimientos estacionales de las corrientes que influyen temporalmente en el área.

Uno de los principales objetivos del análisis de los valores de abundancia en función del tiempo es conocer la variabilidad temporal en los patrones de distribución de las especies, así como realizar hipótesis sobre las variables subyacentes que influyen en esta variabilidad (Greig-Smith, 1971). No obstante que en los análisis de cúmulos no se hayan manifestado grupos de años que, por la composición de las capturas pudieran sugerir que existe una respuesta a los cambios propiciados por los eventos de El Niño o La Niña, en algunos casos se puede observar su influencia sobre las especies que son más afines a los valores extremos de la temperatura. El caso más evidente se obtuvo cuando durante el período de La Niña 1988-1989 se obtuvieron los valores más altos de CPUE de pez vela en las áreas sureñas, lo que podría ser explicado como un comportamiento de agregación en las áreas más favorables para el desarrollo de esta especie. Una explicación que podría darse sobre los resultados del análisis interanual, sería que el esfuerzo pesquero separado por años no está proporcionalmente representado en los 12 meses y como consecuencia la captura por unidad de esfuerzo podría no reflejar los períodos de El Niño o La Niña acontecidos durante el período de estudio. Esto explica el hecho de que los datos observados a través del tiempo hayan presentado cierta debilidad respecto a aquellos tratados de manera espacial y estacional, en donde fue posible observar un comportamiento congruente con las variaciones de los factores ambientales.

Otro aspecto relevante sobre este análisis interanual, se deriva del acomodo de los datos de CPUE de las nueve especies en dos principales zonas de operación, en las que se puede observar que durante los primeros años (1983-1986) los reportes de captura tenían una menor calidad en cuanto a la identificación de algunas especies, reflejándose en el incremento de algunas y la ausencia o disminución de otras, que posteriormente fueron identificadas y separadas taxonómicamente.

Considerando a la estructura de la comunidad definida por Nelson (1984), la organización de las nueve principales especies, que se distribuyen en el área del Pacífico Centro - Oriental, con diferentes grados de dispersión y agregación dependen de la estacionalidad de la presencia de aguas templadas o cálidas que se forman por efecto de la Corriente de California, la Corriente Costera de Costa Rica, la Corriente Norecuatorial y la Contracorriente Norecuatorial. Además de los efectos de las corrientes mencionadas, se combinan otros factores meteorológicos y oceanográficos locales o regionales que propician la formación de surgencias y de convergencias o de divergencias, que favorecen la riqueza y la diversidad de especies en las respectivas áreas de influencia (Mann y Lazier, 1996). La combinación de los factores mencionados, con sus cambios

periódicos y estacionales, determinan la agrupación de especies que son afines a ellas. Así, podemos encontrar que un primer grupo asociado principalmente a las masas de agua cálida está integrado por el pez vela, dorado, atún aleta amarilla y tiburón martillo, y otro asociado a las masas de agua templada integrado por el tiburón zorro, marlin rayado, pez espada y tiburón azul. Por su parte, el tiburón volador se manejó por separado debido a que mostró valores de abundancia relativa más o menos uniforme, tanto en la dimensión espacial como estacional. Esto podría ser una consecuencia de la mezcla de esta especie con otras como el tiburón azul y el tiburón zorro durante los primeros años de operación de la flota, o con otras especies pertenecientes a la misma familia.

Las evidencias sugieren que el grado de dispersión, agregación y traslape de los grupos de especies están más relacionadas con los periodos estacionales, sin embargo, los cambios climáticos que se presentan con periodicidades interanuales deben afectar sensiblemente su comportamiento migratorio como lo han sugerido Acosta-Godínez (1988), Madrid-Vera (1998) y Espino-Barr (2000), ya que su repercusión altera las condiciones ambientales que podrían considerarse "normales" en las diferentes áreas. En este sentido, un análisis adecuado para la evaluación de los patrones observables a través de los años, deberá realizarse a partir de los datos trimestrales en conjuntos de áreas que ya han sido identificadas como semejantes en cuanto a sus patrones estacionales, ya que si se mezclan áreas con patrones estacionales opuestos, se obtendrán resultados sesgados sobre los patrones migratorios o dispersivos de las especies y grupos asociados.

## IX.- CONCLUSIONES

1.- La composición de las capturas obtenidas por la pesquería palangrera mexicana en aguas de la Zona Económica Exclusiva del Pacífico mexicano, está integrada por nueve especies principales de pelágicos mayores, considerados como depredadores de los niveles más altos de la escala trófica. Estos acumulan el 98.06% del total y consisten de las especies pez vela (*Istiophorus platypterus*) con 39.09%, tiburón zorro (*Alopias pelagicus*) con 22.34%, tiburón volador (*Carcharhinus limbatus*) con 11.65%, tiburón azul (*Prionace glauca*) con 6.20%, marlin rayado (*Tetrapturus audax*) con 5.92%, dorado (*Coryphaena hippurus*) con 5.4%, pez espada (*Xiphias gladius*) con 4.14%, atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) con 2.45% y tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) con 0.85%. La proporción restante (1.95%) comprende por lo menos otras 15 especies, las cuales pueden considerarse incidentales en las áreas y periodo analizados en el presente trabajo.

2.- Las nueve especies mencionadas se encuentran asociadas en dos comunidades afines a los factores ambientales, entre los que destacan las masas de agua cuya temperatura superficial puede ser considerada como estadísticamente representativa, si se cuenta con muestreos sistemáticos de varios ciclos anuales ininterrumpidos.

3.- El primer grupo de especies integrado por pez vela, dorado, tiburón martillo y atún aleta amarilla, se encuentra asociado a las masas de agua cálidas de la Corriente Norecuatorial, la Contracorriente Norecuatorial y la Corriente Costera de Costa Rica, con temperaturas superficiales por arriba de los 26°C, mientras que el segundo grupo, integrado por marlin rayado, tiburón azul, pez espada y tiburón zorro, se encuentra asociado a las aguas templadas, con temperaturas superficiales máximas de 26°C, influenciadas por la Corriente de California.

4.- Se identificaron dos zonas que proporcionaron altos rendimientos en las capturas de la pesquería palangrera, en las que de acuerdo con varios autores, los afloramientos de nutrientes provocados por frentes oceánicos, surgencias y divergencias, contribuyen al enriquecimiento biológico. La primera zona se encuentra frente a la boca del Golfo de California, entre Baja California Sur, el litoral del Estado de Sinaloa y el Archipiélago de Las Marías. La segunda zona se encuentra frente a los Estados de Oaxaca y Chiapas, particularmente en el Golfo de Tehuantepec, en donde es común la presencia de fuertes vientos del norte conocidos como "Tehuantepecanos" provenientes del Golfo de México, que se comunican a esta zona a través del Istmo de Tehuantepec.

**5.-** El tiburón volador fue una especie que no presentó ningún patrón definido, sobre su preferencia espacial o estacional que conduce a pensar que existen algunos sesgos relacionados con los reportes originales de las bitácoras de los barcos palangreros y quizás a la identificación taxonómica precisa por parte de los observadores. De esta manera, los resultados aquí obtenidos deberán ser revisados minuciosamente en futuras evaluaciones sobre esta especie, aunque es posible pensar que el tiburón volador tiene un patrón de respuesta a la temperatura tan amplio que permite su distribución de manera uniforme en toda el área de estudio.

**6.-** Los resultados sobre las migraciones y/o dispersiones de los diferentes grupos asociados mostraron patrones estrechamente vinculados con los factores ambientales, los que a su vez siguieron un patrón estacional, que se relaciona directamente con la presencia y movimientos estacionales de las corrientes oceánicas.

**7.-** El análisis realizado de manera interanual no reflejó variaciones evidentes en función de los cambios climáticos de "El Niño" o "La Niña", como se esperaría en estas especies altamente sensibles a las anomalías ambientales que caracterizan a estos fenómenos y que para estas especies son consideradas como limitativas. Los sesgos obtenidos se relacionan con la escasa representatividad de los datos de captura y esfuerzo en los cuatro trimestres de las nueve áreas del periodo de 17 años tratado en el presente trabajo, debido a las estrategias que emplean las flotas pesqueras para optimizar sus capturas y su esfuerzo de pesca.

**8.-** Los resultados obtenidos pueden ser utilizados para fines de administración de los recursos integrados por pelágicos mayores capturados con palangre, utilizando como estrategia la captura de especies asociadas de acuerdo con su distribución espacio – estacional, usando como indicador a las temperaturas superficiales. La explotación racional de estos recursos, permitiría la formación de un acervo adecuado de información para dar continuidad a estudios ecológicos de las comunidades, biológico – pesqueros y tecnológicos de los sistemas de captura, los cuales tienen una importante ingerencia sobre estas especies.

## **X.- RECOMENDACIONES**

1.- Considerando que la pesquería palangrera representa una importante fuente de información, que sistemáticamente acumulada puede contribuir al conocimiento científico de diversas ramas de la ciencia pesquera, se recomienda establecer de manera oficial un programa de observadores debidamente capacitados y coordinados, para participar en la colecta de información a bordo de estos barcos.

2.- Es recomendable que los futuros programas de investigación estén enfocados hacia los siguientes objetivos:

- ◆ Actualizar el banco de datos que permita dar seguimiento a los proyectos relacionados con el estudio de los recursos integrados por pelágicos mayores, lo cual contribuiría para la determinación de su potencial pesquero en el Océano Pacífico mexicano.
- ◆ Determinar cuáles son los principales factores tecnológicos que pueden ser modificados, con el propósito de hacer más eficientes las operaciones con el fin de elevar su rendimiento y evaluar los factores que influyen en la eficiencia y selectividad, intra e interespecífica de las operaciones del sistema de palangre.
- ◆ Promover las operaciones de la pesca hacia áreas no tradicionales que han sido detectadas como potenciales en cuanto a sus rendimientos, sin perjuicio de las actividades de la pesca deportiva que se realiza por dentro de las 30 millas náuticas cercanas a la costa.
- ◆ Obtener registros oceanográficos durante las operaciones de pesca como perfiles de temperatura - profundidad, oxígeno disuelto y capa de mezcla, con el fin de correlacionarlos con los valores de captura por unidad de esfuerzo de las especies y grupos asociados.

## XI.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Able, K. P. y Noon, B.R. (1976). Avian community structure along elevational gradients in the northeastern United States. Oecologia. 26: 275-294.
- Acal-Sánchez, D.E. y Arias, A.. (1990). Evaluación de los recursos demersales pelágicos vulnerables a redes de arrastre de fondo en el sur del Pacífico de México. Ciencias Marinas. 16: 93-294.
- Acosta-Godínez, A. (1988). El Niño: Sus efectos sobre el norte de México. Ingeniería Hidráulica en México. Enero-abril: 13-29.
- Arenas, P., Hall, M. y García, M. (1992). The association of tunas with floating objects and dolphins in the Eastern Pacific Ocean. Inter-Am. Trop. Comm. Scripps Inst. of Oceanogr. La Jolla. En Proceeding of the International Workshop on the Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects. 285-326.
- Barbieri, M.A., Yáñez, E., Ariz, E. y González, A. (1990). La pesquería del pez espada: tendencias y perspectivas. Esc. de C. del Mar, UCV. M.A. Barbier (Editora). Valparaiso, Chile: 195-214.
- Barnes, H. (1957). The northern limits of *Balanus balanoides* (L.) Oikos, 8. 1-15.
- Baumgartner, R.T. y Christensen, N. Jr. (1985). Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. J. Mar. Res. 43:825-848.
- Beals, E.W. (1960). Forest bird communities in the Apostle Islands of Wisconsin. Wilson Bulletin 72: 156-181.
- Begon, M., Harper, J.L. y Townsend, C.R. (1995). Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades. Trad. por Margarita Costa. Imp. en España. Ed. Omega, S.A. Barcelona. 890 p.
- Bennett, E.B. (1966 a.). Influence of the Azores high on sea level pressure and wind, and on precipitation, in the eastern tropical Pacific Ocean. Bull. Inter-American Tropical Tuna Commission. 12 (1): 1-23.
- Bennett, E.B. (1966 b). Monthly charts of surface salinity in the eastern tropical Pacific Ocean. Inter-American Tropical Tuna Commission. Bull.. 11 (1): 1-44.
- Bianchi, G. (1991). Demersal assemblages of the continental shelf and slope edge between the Gulf of Tehuantepec (México) and the Gulf of Papagayo (Costa Rica). Marine Ecology Program Service. 73:121-140.
- Blackburn, M. (1965). Oceanography and the ecology of tunas. Oceanograph Marine Biological Annual Revision, 3, 299-322.

- Block, B. A., Booth, D.T. y Carey, F. C. (1992). Depth and temperature of the blue marlin, *Makaira mazara*, observed by acoustic telemetry. Marine Biology 114: 175-182.
- Boggs C. H. (1992). Depth, capture time, and hooked longevity of longline-caught pelagic fish: timing bites of fish with chips. Fisheries Bulletin, U.S. 90:642-658.
- Buencuerpo, V., Ríos, S. y Morón, J. (1998). Pelagic sharks associated with the swordfish, *Xiphias gladius*, fishery in the eastern North Atlantic Ocean and the Strait of Gibraltar. Fisheries Bulletin. 92:667-685.
- Carey, G. F. (1990). Further acoustic telemetry observations of swordfish. En Planning the future of billfishes. Proceedings of the International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawai. August 1-5, 1988 Part 2. Contributed Papers. 31-45.
- Carey F. G. y Robinson, B.H. (1981). Daily patterns in the activities of swordfish, *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry. Fisheries Bulletin, 79 (2): 277-292.
- Caddy, J.F. y. Sharp, G.D. (1987). An ecological framework for marine fishery investigations. FAO Fish. Tech. Pap. 282: ix + 52.
- Collete, B.B. y Nauen, C.E. (1983) FAO species catalogue. Vol. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. FAO Fish. Synop., 125 Vol. 2: 137 p.
- Compagno, L.J.V. (1984a). FAO species catalogue Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. Part 1. Hexanchiformes to Lamniformes. FAO Fish. Synop., 125 Vol.4,Pt.1: 249 p.
- Compagno, L.J.V. (1984b). FAO species catalogue Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. Part 2. Carcharhiniformes. FAO Fish. Synop., 125 Vol.4,Pt.2: 251-655.
- Connell, J.H. (1983). On the prevalence and relative importance on interspecific competition: evidence from field experiments. American Naturalist, 122, 661-696.
- Cromwell, T. (1958). Thermocline topography, horizontal currents and "ridging" in the eastern tropical Pacific. Bull. Inter-American Tropical Tuna Commission. 3: 134-164.
- Cruz-Romero, M., Espino-Barr, E. y García-Boa, A. (1995). La pesca ribereña en el Estado de Colima. Estudios Jaliscienses 20: 14-26.
- Daniel, W.W. (1991). Bioestadística. (Tercera Edición). Limusa, México. 667 p.
- De la Lanza-Espino,G. (1991). Oceanografía de mares mexicanos: primera edición. A.G.T. Editor S.A. México. 569 p.

- Diario Oficial de la Federación. (1987). Acuerdo que regula el aprovechamiento de las especies marlin, pez vela y pez espada conocidas comúnmente como picudos, en la Zona Económica Exclusiva del Litoral del Océano Pacífico (28/08/1987).
- Dillon, R.W. y Goldstein, M. (1993). Multivariate analysis: methods and applications. John Willey and Sons. 587 p.
- Dunson, W.A. y Travist, J. (1991). The role of abiotic factors in community organization. American Naturalist 138:1067-1091.
- Espino-Barr, E. (2000). Criterios biológicos para la administración de la pesca multiespecífica artesanal en la costa de Colima, México. Tesis Doctoral. Posgrado Interinstitucional de Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, México. 152 p.
- Fiedler, C.P. (1992). Seasonal climatologies and variability of eastern tropical Pacific surface waters. NOAA Tech. Rep., NMFS 108.
- Fiedler, P., Chávez, P., Behringer, D.W y. Reilly, S.B. (1992). Physical and biological effects of Los Niños in the eastern tropical Pacific, 1986-1989. Deep-Sea Research. 39, 2: 199-219.
- Fischer, W.; Krupp, F.; Schneider, W.; Sommer, C. Carpenter, K.E. y Niem, V.H. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen I. Palantas e invertebrados. Roma, FAO. 1995. I:1-646 p.
- Gauch, H.G. y Whittaker, R.H. (1972). Comparison of ordination techniques. Ecology 53: 868-875.
- Gauch, H.G. (1982). Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press. 16.3.2, 298p.
- Glantz, M., Katz, R. y Krenz, M. (1987). The societal impacts associated with the 1982-83 worldwide climate anomalies. National Center for Atmospheric Research. 105 p.
- González-Sanzón, G. (1994). Apuntes para un curso de métodos multivariados aplicados en ecología y sistemática. CEC. Universidad de Guadalajara., San Patricio Melaque, Jal., 98p.
- Green, R.H. (1980). Multivariate approaches in Ecology: the assessment of ecological similarity. Annual Review of Ecology and Systematics 11: 1-14.
- Greig-Smith, P. (1971). Analysis of vegetation data: The user viewpoint. In Statistical Ecology (G.P. Patil, E.C. Pielou, and W.E. Eds.), Pennsylvania State University Press, University Park, PA, 3, 149-166.
- Hall, M.A., García, M., Cleridy, L., Arenas, P. y. Miller, F. (1992). The association of tunas with floating objects and dolphins in the Eastern Pacific Ocean: A review of the current purse-seine fishery. En: Inter-Am. Trop. Comm. Scripps Inst. of Oceanogr. La Jolla. in

Proceeding of the International Workshop on the Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects. 87-221.

- Halpern, D. (ed.) (1983). 1982 Equatorial Pacific warm event. Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter Special Issue, Feb. 1983. 16: 1-120.
- Hela, I. y. Laevastu, T. (1962). The influence of temperature on the behaviour of fish. FAO Fish. Biol. Tech. Pap. 22: 83-104.
- Hanamoto, E. (1975). Fishery oceanography of bigeye tuna – I. Depth of capture by tuna longline gear in the eastern tropical Pacific Ocean. La Mer, 12 (3) 128-136.
- Hoffmann, A.J. (1975). Climate atlas of South America. I. Maps of mean temperature and precipitation. OMM.WMO.UNESCO, Paris and Cartographia, Budapest.
- Holts, B. D. (1988). Review of U.S. West coast commercial shark fisheries. Southwest Fisheries Center, National Marine Fisheries Service. NOAA, La Jolla, Ca. 92038. 8 p.
- Holts, D. y Bedford, D. (1990). Activity patterns of striped marlin. En the Southern California Bight. In: Planning the future of billfishes Part 2. Proceedings of the International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii. Contribute Papers 1-5 August 1988. p 81-93.
- Horn, M.H., y Allen, L.G. (1978). A distributional analysis of California coastal marine fishes. J. Biogeography. 5. 23-42.
- Hurlbert, S.H. (1971). The non-concept of species diversity: A critique and alternative parameters. Ecology 52: 577-586.
- Hurlbert, S.H.(1978). The measurements of niche overlape and some relatives. Ecology 59:69-77.
- Hutchinson, G.E. (1957). Concluding remarks. Cold Spring. Symposium on quantitative biology, 415-427.
- Jongman, R.H., Ter Braak, C.J.F y. Van Togerren, O.F.R. (1987). Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc, Wageningen, xvii + 299.
- Joseph, J., Klawe, W.L. y Orange, C.J. (1974). A review of the longline fishery for billfishes in the eastern Pacific Ocean. NOAA. Spec. Sci. Rep. Fish, 675 (2): 309-331.
- Kikawa, S. (1972). Synopsis on the biology of the shortbill sparfsh, *Tetrapturus angustirostris* Tanaka, 1914 in the Indo-Pacific areas. En proceeding of the International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 1.
- Klett-Traulsen, A., Ponce-Díaz, G. y Ortega-García, S. (1996). Pesquería deportivo-recreativa. En Casas V. M. y G. Ponce D (Eds.). 1996. Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. 389-418.

- Krebs, C.J. (1985). Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia. Inst. de Col. de Rec. animales. Univ. de Col. Brit. 753 p.
- Kume, S. y Schaefer, M.B. (1966) Studies of the Japanese long-line fishery for tuna and marlin in the eastern Pacific Ocean during 1963. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm, Bull., 11 (3): 101-170
- Kume, S. (1973). Catch variation of the sailfish caught by the longline fishery in the eastern Pacific Ocean, 1963-1970. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. (Shimizu), 8: 25-33.
- Kume, S. y Joseph, J. (1969). La pesca japonesa con palangre de atunes y peces espada en el Océano Pacífico Oriental al Este de los 130°W, 1964-1966. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm, Bull 13 (2): 277-418.
- Legand, M., Bourret, P., Fourmanoir, P., Grandperrin, R., Gueredrat, J.A., Michel, A., Rancurel, P., Repelin, R. y C. Roger. (1972). Relations trophiques et distributions verticales en milieu pélagiques dans l'ocean Pacifique inter-tropicale. Cah. ORSTOM, Ser. Océanog. 10:303-393.
- Lawlor, L.R. (1980). Structure and stability in natural and radomly constructed competitive communities. American Naturalist. 116, 394-408.
- Legendre, L. y Legendre, P. (1983). Numerical ecology. Elsevier, New York. 487 p.
- Legeckis, R. (1986). A satellite time series of sea-surface temperatures in the eastern equatorial Pacific Ocean, 1982-1986. J. Geophysical Research 91: 12879-12886.
- Lewis, J.R. (1976). The ecology of rocky shores. Hodder and Stoughton, London. 2.4, 2.10.
- Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. (1999). Ley de Pesca y su Reglamento. Primera edición. 113 p.
- Livingston, R.J. (1976). Diurnal and seasonal fluctuations of organisms in a north Florida estuary. Estuarine and Coastal Marine Science 4: 373-400.
- Longhurst, A.R. y Pauly, D. (1987). Ecology of tropical oceans. Academic Press, San Diego. 407 p.
- Ludwig, J. A. y Reynolds, J. F. (1988). Statistical ecology; a primer on methods and computing. San Diego State University. John Wiley and Sons. 337 p.
- Macías-Zamora, R. (1993). Relaciones entre la pesca deportiva y comercial del pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacífico Mexicano. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN La Paz, BCS, México. 71 p.
- Macías-Zamora, R., Galindo-Venegas, A.V. y Vidaurri-Sotelo, A.L. (1993). La pesca deportiva del pez vela (*Istiophorus platypterus*) y su relación con la pesca comercial. Investigaciones Marinas CICIMAR. 2. 93 p.

- Macías-Zamora, R., Vidaurri-Sotelo, A.L. y Santana-Hernández, H. (1994). Análisis de la tendencia de captura por unidad de esfuerzo en la pesquería del pez vela en el Pacífico Mexicano. Ciencias Marinas, 20. pp 393-408.
- Madrid-Vera, J. (1998). Aspectos de la ecología, las pesquerías y la biogeografía de los peces costeros de Michoacán y Colima, México. Dpto. de Ecol., Fac. de Biol. Univ. de Barc. España. Tesis doctoral. 247 p.
- Mann, K.H. y Lazier, J.R.N. (1996). Dynamics of marine ecosystems. Biological-physical Interactions in the Oceans. 2<sup>nd</sup> Ed. Blackwell Science. U.K., 394 p.
- McIntosh, R.P. (1978). Matrix and plexus techniques. En: Whittaker, R.H. Ordination of plant communities. W.Junk, The Hague: 151-184.
- McGowan, J.A. (1974). The nature of oceanic ecosystems. En C.B. Miller (ed). The biology of the Pacific Ocean. Oregon State Univ. Press: 9-28.
- McNaughton, S.J. y Wolf, L.L. (1984). Ecología general. Omega, Barcelona, viii + 713.
- Margalef, R. (1980). Ecología. Edit. Planeta., S.A. Barcelona España. 951 p.
- Miyabe, N. y Bayliff, W. H. (1987). Un examen de la pesca palangrera japonesa de atunes y peces espada en el Océano Pacífico oriental, 1971-1980. Bull. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm., 19 (1): 123-159.
- Nakamura, I. (1985). FAO species catalogue. Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. FAO Fish. Synop., 125 Vol. 5: 65.
- Nakano, H. y Bayliff, W.H. (1992). A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the Eastern Pacific Ocean, 1981-1987. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 20 (5): 185-355.
- Nelson, J.S. (1984). Fishes of the world. John Wiley and Sons, Inc., New York, U.S.A. 750 p.
- Noy-Meir, I.D. y Williams, W.T. (1975). Data transformation in ecological ordinations.II. On the meaning of data standardization. Journal of Ecology 63: 779-800.
- Odum, E. P. (1969). The strategy of ecosystem development. Science, 164:262-270.
- Odum, E. P. (1970). Optimum population and environment: A Georgian microcosm. Current history, 58:355-359.
- Odum, E. P. (1982). Ecología. Editorial Interamericana. Tercera edición. 639 p.

- Olson, D.B. y Podesta, G.P. (1987). Ocean fronts as pathways in the sea. En: Synopsis in the sea, W. F. Herrnkind y R.H. Herrnking and A.B. Thistle, editors, Department of Biological Science, Florida State University, Tallahassee. 1-14.
- Olson, D.B. y Backus, R.H. (1985). The concentrating of organisms at fronts: a cold-water fish and a warm-core Gulf Stream ring. Journal of Marine Research, 43, 113-137.
- Owen, R.W. y Zeitzschel, B. (1970). Phytoplankton production: seasonal change in the oceanic eastern tropical Pacific. Marine Biology. 7: 32-36.
- Palko, B. J., Beardsley, G. L y Richards, W. J. (1981 a). Synopsis of the Biology of the Swordfish *Xiphias gladius* Linnaeus. NOAA Tech.Rep.NMFS, 441, 21 p.
- Palko, B. J., Beardsley, G. L y Richards, W. J. (1981 b). Synopsis of the biological data on dolphin-fishes, *Coryphaena hippurus* Linnaeus and *Coryphaena equiselis* Linnaeus. FAO Fish. Synop. 130. 28 p.
- Parin, N.V. (1970). Ichthyofauna of the epipelagic zone. Nauka, Moscow Israel Program Science Translate., Jerusalem 206 p.
- Pianka, E.R. (1973). The structure of lizard communities. Annual Review of Ecology and Systematics 4:53-74.
- Pielou, E.C. (1975). Ecological diversity. John Willey and Sons, New York. 456 p.
- Podesta, G.P., Browder, J.A. y Hoey, J.J. (1993). Exploring the association between swordfish catch rates and thermal fronts on U.S. longline grounds in the western North Atlantic. 1993. Commercial Shelf research. Vol. 13. No. 2/3. pp. 253-277.
- Ponce, M.F. y Bustos, R. (1991). La pesquería de pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758 En Chile. Rev. Pacifico Sur. 19. 25-34.
- Polanco, E., Mimbela, R., Beléndez, L., González, P., Flores, M.A, Pérez, A., Aguilar, N., Pérez, R., Calderón, R., Guerra, J.L., Romo, J, Gómez, H., Mimbela, J.J., Cabrera, S., Peralta, D.,García, J. y Ochoa, M. (1987). Pesquerías Mexicanas: Estrategias para su administración. SEPESCA. 11-466.
- Ramp, R.S., McClean, L.J., Collins, A.C., Semtner, J.A. y Hays, A.S.K. (1997). Observations and modeling of the 1991-1992 El Niño signal off central California. J. Geophysical Research. 102 C3:5553-5582.
- Robinson, M.K. y Bauer, R.A. (1971). Atlas of monthly mean surface and subsurface temperature and depth of the top of the thermocline. North Pacific Ocean. Fleet Num. Weather Central, Monterey, C.A. 95 p.
- Roger, C. y Grandperrin, R. (1976). Pelagic food webs in the Tropical Pacific. Limnol. Oceanogr. 21: 731-735.

- Root, R. (1967). The niche exploitation pattern of the blue-grey gnatcatcher. Ecological Monographs, 37, 317-350.
- Saito, S. (1973). Studies on fishing of albacore, *Thunnus alalunga* (Bonaterre) by experimental deep-sea tuna long-line. Mem. Fac. Fish. Hokkaido University., 21 (2): 107-184.
- Saito, S. (1975). On the depth of capture of bigeye tuna by further improved vertical long-line in the tropical Pacific. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 41 (8): 831-841.
- Sameoto, D.D. (1986). Influence of the biological and physical environment on the vertical distribution of mesozooplankton and micronekton in the eastern tropical Pacific. Marine Biology. 93: 263-279.
- Santana-Hernández, H. (1989). Distribución y abundancia relativa, espacio temporal de las especies capturadas por la pesquería palangrera en la Zona Económica Exclusiva del Pacífico Mexicano. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nayarit. 53 p.
- Santana-Hernández, H. (1997). Relación del éxito de la pesca palangrera con la temperatura superficial y la profundidad en el Pacífico mexicano. Tesis de Maestría. Fac. de C. de la Universidad Nacional Autónoma de México. 89 p.
- Santana-Hernández, H., Macías-Zamora, R.y Valdéz-Flores, J.J. (1998). Selectividad del sistema de palangre utilizado por la flota mexicana en la Zona Económica Exclusiva. Ciencias Marinas, 24: 193-210.
- Schoener, T.W. (1983). Field experiments on interspecific competition. American Naturalist, 122, 240-283.
- Sharp, D.G. (1994). Fishery catch records. El Niño/Southern Oscillation, and longer-term climate changes as inferred from fish remains in marine sediments. En: Diaz, H.F. Markgraf. V. (Eds), El Niño. Historical and Paleoclimate Aspects of the Southern Oscillation. Cambridge University. Press. 379-418.
- Shapiro, S. (1950). The japanese long-line fishing for tunas. Comm. Fish. Rev. 12: 4, 1-26.
- Shingu, C., P. Tomlinson, K.y Peterson, C. L. (1974). Un examen de la pesca palangrera japonesa de atunes y peces espada en el Océano Pacífico Oriental, 1969-1970. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm, 16 (2): 97-230.
- Sneath, P.H.A. y Sokal, R.R.. (1973). Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification. W.H. Freeman and Company, San Francisco, USA. 175 p.
- Sosa-Nishizaki, O. (1998). Revisión histórica del manejo de los picudos en el Pacífico mexicano. Ciencias Marinas, 24 (1): 95-111.
- Spiegel, M.R. (1991). Estadística. McGraw-Hill/Interamericana de México (Segunda edición). 556 p.

- Squire , J.L. y Au, W. K. (1990). Striped marlin in the Northeast Pacific: a case for local depletion and core area management. En: Planning the future of billfishes. Part 2, National Coalition for Marine Conservation. 199-214.
- Steinhauser, F. (1979). Climate atlas of North and Central America. I. Maps of mean temperature and precipitation. OMM.WMO.UNESCO, Paris and Cartographia, Budapest.
- Suda, A., y Schaefer, M.B. (1965). General review of the Japanese tuna longline fishery in the Eastern tropical Pacific Ocean 1956-1962. Inter-Am. Trop. Tuna Comm, 9 (6).
- Suzuki, Z. y Kume, S. (1982). Fishing efficiency of depth longline for bigeye tuna in the Atlantic as inferred from the operations in the Pacific and Indian Oceans. Inter. Amer. Comm. Cons. Scie. Pap., 18 (2): 471-486.
- Sylva, D. P. (1990). Distributional changes in billfishes (*Istiophoridae*) and sea surface temperature - a possible early warning system to monitor global greenhouse climate warning. En Planning the future of billfishes. Proceedings of the International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawai. August 1-5, 1988 Part 2. Contributed Papers. p. 103:121.
- Tait, R.V. (1987). Elements of marine ecology: an introductory course. Butterworths and Co. (Publishers) Ltd., 88, London WC2B Lab. 445p.
- TerBraak, C.J.F. y Prentice, I.C. (1988). A theory of gradient analysis. Advances in Ecological Research 18: 271-317.
- Thomas, W.H. (1977). Nutrient-phytoplankton interrelationships in the eastern tropical Pacific Ocean. Inter Am. Trop. Tuna Commn. Bull. 17 (3): 172-212.
- Tilman, D. (1982). Resource competition and community structure. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 3.1, 3.6, 7.11, 18.3.2, 22.3.1.
- Ueyanagi, S. (1974). A review of the world commercial fisheries for billfishes. In: R. S. Shomura y S. Williams (eds.). Proceedings of the International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawai. 9-12 August 1972. Part 2. Review and Contribute. NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675: 1-11.
- Vidaurri-Sotelo, A. L., Macías-Zamora, R. y Santana-Hernández, H. (1998). Notas sobre juveniles de pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw and Nodder, 1791), capturados en el Pacífico mexicano. Ciencias Marinas, 24 (4): 499-505.
- Vinogradov, M.E. y Shushkina, E.A. (1985). Some aspects of the study of ecosystems of the epipelagial of the ocean. In: Vinogradov, M.E. y M.V. Flint (eds). Biological basis of the commercial exploitation of the open areas of the ocean . Academy of Sciences of the U.S.S.R., Commision on problems of the world ocean. Nauka Pub. Moscow: 8-20.

- Weihaupt, J. G. (1984). Exploración de los océanos. Introducción a la Oceanografía. Comp. edit. Cont. México. 640 p.
- Wolter, K. (1999). MEI Update. <http://www.cdc.noaa.gov/-kew/MEI/>, mar-2000.
- Wolter, K. y Timlin M.S. (1998). Measuring the strenght of ENSO events. How does 1997/98 rank. Weather 53 (9): 315-323.
- Wooster, W., y Fluharty, S. (eds.). (1985). El Niño north: Niño effects in the eastern subartic Pacific Ocean. Washington Sea Grant Program, University of Washinton, Seattle. 312 pp.
- Wyrтки, K. (1964). The thermal structure of the eastern tropical Pacific Ocean. Deutsche Hydrograph. Zets., Erganzungsheft. 1-84.
- Wyrтки, K. (1965). Surface currents of the eastern tropical Pacific Ocean. Bull. Inter – Amer. Trop. Tuna Comm. IX, No. 5: 207-304.
- Wyrтки, K. (1966). Oceanography of the eastern equatorial Pacific Ocean. Ocean. Int. J. Ann. Rev. 4: 33-68.
- Wyrтки, K. (1967). Circulation and water masses in the eastern equatorial Pacific Ocean. Int. J. Oceanol. Limnol. 1 (2):117-147.
- Zar, J.H., (1996). Biostatistical analysis. 3<sup>rd</sup> edition. Prentice Hall. USA., 662 p.