



**Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología**  
**Universidad Nacional Autónoma de México.**

**Variación espacio-temporal de eufáusidos, langostillas y peces  
pelágicos menores caracterizada mediante prospecciones  
acústicas en la costa noroccidental de Baja California  
(Punta Colnett-Punta Bluff).**

**T E S I S**

que para obtener el grado académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**(BIOLOGÍA MARINA)**

presenta el Biólogo

**ANTONIO LOPEZ SERRANO**

**Director de Tesis: Dr. Carlos Jorge Robinson Mendoza**

**Comité Tutorial: Dr. David Alberto Salas de León.**

**Dr. Miguel Angel Cisneros Mata.**

**Dra. María Luisa Machain Castillo.**

**Dr. Oscar Sosa Nishizaki.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE 2003**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

---

*Ultrans...semper ultrans*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo respectivo.

NOMBRE: Antonio José Serna

FECHA: 31-10-03

FIRMA: Antonio José Serna

---

---

## AGRADECIMIENTOS

Muchas personas fueron importantes para que este trabajo fuera llevado a cabo. A todas ellas, mi más especial reconocimiento

Al Doctor Carlos Robinson Mendoza, por haberme introducido a la investigación marina, permitirme compartir tantas campañas y aventuras, por el apoyo en el laboratorio y por los años de amistad brindados. En verdad, Gracias Carlos.

Al Doctor David Salas De León, por enseñarme el valor de la precisión en la investigación, por mostrarme el sentido de una pregunta como respuesta, por apoyarme y creer en este proyecto. Maestro, para usted.

Al Doctor Miguel Angel Cisneros Mata, por haber enriquecido este trabajo con su experiencia, y por las pláticas que tuvimos, aunque algunas breves, fueron claves para este trabajo. *Ad futurum.*

A la Doctora María Luisa Machaín y al Doctor Oscar Sosa, quienes se integraron al final de esta Tesis, pero también son quienes la enriquecieron y le dieron el sentido que se requería.

A los Doctores Juan José Kasper y Felipe Amezcua, quienes me ayudaron en la parte estadística y en la identificación de las especies colectadas.

A los Doctores Leticia Rosales y Arturo Carranza, por el apoyo que me brindaron en la última parte de la Tesis. Gracias.

Al apoyo otorgado por el Consejo Nacional De Ciencia y Tecnología, gracias al cual pude llevar a cabo este proyecto.

Al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología y al Dr. Martín Merino, por brindarme la oportunidad de continuar mi desarrollo como profesionista y como investigador.

A mis amigos del B/O "EL PUMA" por darme su amistad y apoyo en todo momento gracias, y al capitán Héctor Granja, por sus consejos y por las guardias que compartimos. Un día volveré, y cumpliré la promesa que les hice.

Gracias a Norma, Lupita, Gaby, Lety, por todas las veces que me ayudaron con los trámites y por su amistad. Cuántas cosas serían mucho más difíciles sin Ustedes.

Al Mat. Ignacio Palomar Morales, por todas las veces que me dejó trabajar en cómputo, aún a horas altas, por ayudarme con los equipos, y por ser un buen amigo. Gracias Nacho.

A todas las personas que por descuido omití, pero siempre importantes.

**A TODOS USTEDES**

**GRACIAS**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## INDICE

<b>I.-INTRODUCCION.....</b>	<b>2</b>
<b>II.- OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>III.- ANTECEDENTES.....</b>	<b>5</b>
<b>IV.- ZONA DE ESTUDIO.....</b>	<b>6</b>
<b>V.- METODO Y MATERIALES.....</b>	<b>10</b>
5.1.- Operaciones de campo.....	11
5.2.- Variables hidrográficas.....	12
5.3.- Datos acústicos.....	14
5.4.- Muestras biológicas.....	16
5.5.- Análisis de la información.....	17
5.5.1.- Construcción de la base de datos.....	17
5.5.2.- Análisis estadísticos.....	17
5.6 Relación con variables ambientales.....	18
<b>VI.- RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
6.1 Presencia-ausencia de organismos.....	19
6.2 Distribución horizontal y latitudinal.....	22
6.3 .- Proporciones entre pelágicos menores, langostillas y eufáusidos.....	27
6.4 Patrones de asociación espacial.....	28
6.5.- Composición de los arrastres.....	31
6.6.- Composición de la ictiofauna.....	32
6.7.- Hidrografía.....	43
6.7.1.-Relación con variables ambientales.....	43
6.8.- Distribución vertical.....	47
6.9.- Variables oceanográficas.....	49
6.9.1.-Diagramas T-S.....	52
6.9.2.-Perfiles horizontales.....	53
<b>VII.- DISCUSIÓN.....</b>	<b>62</b>
<b>VIII.- CONCLUSIONES.....</b>	<b>77</b>
<b>IX.- BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>78</b>

<p style="text-align: center;">TESIS CON FALLA DE ORIGEN</p>
--

## **RESUMEN**

Se caracterizó la variación estacional y latitudinal de la abundancia de peces pelágicos menores, langostillas y eufáusidos con métodos acústicos en siete transectos de la costa noroccidental de Baja California (Punta Colnett-Punta Bluff), y se determinó su relación con variables ambientales en marzo, julio y diciembre del 2000 a bordo del B/O "EL PUMA". Los datos acústicos fueron obtenidos con una ecosonda de haz dividido SIMRAD EY-500 y procesados con el programa EP-500. Los datos ambientales se obtuvieron con un sensor CTD analizados hasta un a profundidad de 100m. Se encontró un fuerte gradiente estacional y latitudinal en la abundancia de los tres grupos. Marzo tuvo los mayores valores concentrados entre los transectos 1 a 3, julio presentó menor densidad de organismos con una distribución más homogénea y diciembre tuvo la abundancia más baja. Para la porción superficial se identificó un patrón de disminución estacional en el oxígeno disuelto similar al de la abundancia de los organismos, y un aumento en la temperatura. El análisis canónico permitió determinar una relación significativa entre la abundancia de pelágicos menores y eufáusidos con el oxígeno disuelto, particularmente en marzo. Los valores de oxígeno encontrados en marzo y julio corresponden a la presencia de la corriente de California, y para diciembre se relacionan con la contracorriente costera, esto sugiere un efecto estacional de las corrientes sobre la distribución estacional de los organismos. Asimismo se plantea la presencia de un Centro de Actividad Biológica entre los transectos 1 a 3 para explicar el gradiente de abundancia latitudinal encontrado.

## **ABSTRACT**

The seasonal and latitudinal acoustic abundance of small pelagic fishes, red crabs and euphausiids was characterized and related with a set of oceanographical variables in the northwest coast of Baja California, Mexico during March, July and December 2000 on the R/V "ELPUMA". For each season, seven transects 22.2 long and perpendicular to the coastline were surveyed. A SIMRAD EY-500 split beam scientific echosounder was used for the acoustic samplings and a CTD model General Oceanics for the oceanographic data from 5-100m depth. A strong seasonal and latitudinal gradient in the abundance of all groups was identified. March had the highest abundances in the first three transects, followed by July with a decrease in the density of organisms, and December shows the lower abundance. For the 5-50m layer a seasonal pattern in the oxygen gradient ranging from highest (march) to lowest (December) values was identified, also as an increment in the sea surface temperature. The canonical analysis gives a positive relationship between an abundance of small pelagic fishes and euphausiids with dissolved oxygen, mainly observed in March. The presence of the California Current is associated with the oxygen values in March and July, and December shows the influence of the coastal countercurrent, these findings suggest a seasonal effect of the current balance on the abundance and distribution of the organisms considered. Likewise, we propose the existence of a Biological Activity Center (BAC) between transects 1 and 3 (Punta Colnett-Isla San Martin) as the process which explains the latitudinal gradient founded.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**I.-INTRODUCCION**

En un ecosistema marino, la identificación de los patrones de abundancia y distribución de especies, y su relación con diferentes condiciones oceanográficas, permiten caracterizar y predecir su dinámica bajo diferentes escalas temporales y espaciales (Fell, 1975). Esto es por demás importante en el ecosistema de surgencias costeras, que a pesar de representar un pequeño porcentaje de la superficie mundial de los océanos contribuyen con una fracción desproporcionadamente alta de producción primaria global y volumen de stocks pescales (Olivieri y Chávez, 2000).

El ecosistema pelágico de la costa occidental de Baja California, es un claro ejemplo de estos sistemas. Aquí, el grupo de los eufáusidos (*Euphausia pacifica*, *Euphausia eximia*, *Nematoscelis difficilis* y *Euphausia tenera*), el fitoplancton y las capas de dispersión profunda; las langostillas (*Pleuroncodes planipes*, Stimpson, 1860) son organismos que además de su importancia ecológica por transferir energía entre consumidores primarios y secundarios, han comenzado a ser objeto de una incipiente pesca, y como los peces pelágicos menores (*Engraulis mordax*, *Sardinops caeruleus*, entre otros) son la base de importantes pesquerías. La predicción correcta de su respuesta a eventos ambientales como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), La Niña y el calentamiento de latitudes medias (Lluch-Belda *et al.* 1988) es importante para el desarrollo de de estrategias de manejo adecuadas en el corto, mediano y largo plazo (Hayward y Venrick, 1998), Esta dinámica, en la que lo más común es, una inestabilidad ambiental, se refleja en la pesca, particularmente la pesca pelágica (fig. 1).

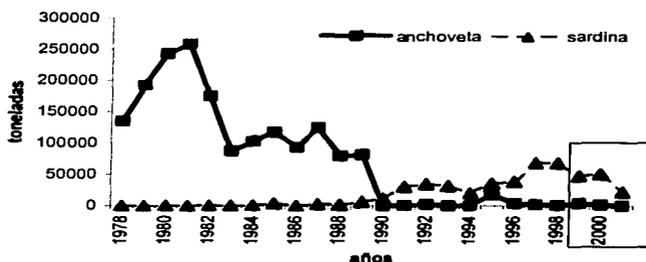


Fig. 1.- Capturas anuales de pelágicos menores documentadas en los últimos 24 años en la costa occidental de Baja California. El recuadro indica las capturas durante el período de estudio.

(García-Franco *et al.*, 2002)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los casos de la anchoveta peruana, *Engraulis ringens* (Idyll, 1973), la macarela del Pacífico, *Scomber japonicus* (Hamman *et al.* 1995) y la sardina de California, *Sardinops caeruleus* (Cisneros-Mata *et al.* 1995, Félix-Uraga *et al.* 1996), son considerados como casos clásicos de la vulnerabilidad de las especies pelágicas a perturbaciones climáticas expresadas en caídas de los volúmenes de pesca. En estas condiciones, es útil poder realizar una evaluación rápida y precisa de los recursos bióticos presentes, especialmente los de importancia comercial. Para tal efecto, las técnicas de prospección acústica ofrecen una serie de ventajas que las hacen especialmente apropiadas. Entre las ventajas se pueden citar: rapidez en la evaluación de biomasa y densidad, bajo costo de operación, estimaciones precisas, e información indirecta sobre la composición por tallas del cardumen. Al complementarse con técnicas tradicionales de muestreo y evaluación (lances confirmatorios, evaluación de huevos y larvas, datos de pesca comercial) las convierten en una eficiente herramienta en la diagnosis de los movimientos de organismos planctónicos o de recursos pesqueros que, como los peces pelágicos menores, requieren de rápidas cuantificaciones para un manejo correcto del recurso (Mitson, 1983; McLennan y Simmonds, 1992).

## **II. OBJETIVOS**

Este trabajo representa una aproximación al estudio de los mecanismos de acoplamiento entre procesos físicos y grupos de interés biológico-pesquero en regiones de surgencias, mediante el uso de técnicas de análisis acústico. Por lo tanto, la investigación se basa en las siguientes cuestiones:

- ¿Cómo son las variaciones en la abundancia y distribución de grupos biológicos identificados por medio de métodos hidroacústicos en el sistema de surgencias de Baja California?
- ¿ Qué relación guardan estas variables con variables oceanográficas descriptoras de sistemas de surgencias?
- ¿ Cómo se modifica esta relación en diferentes meses del año?

### **Objetivo General**

- Describir a partir de la información generada por técnicas hidroacústicas la relación espacio-temporal de tres grupos de organismos típicos del ecosistema de surgencias de la costa noroccidental de Baja California.

**Objetivos particulares**

- 1.- *Identificar los patrones de distribución geográfica y estacional de las poblaciones de peces pelágicos menores, langostillas, y eufáusidos identificados en los registros hidroacústicos durante tres muestreos estacionales (marzo, julio y diciembre del 2000)*
- 2.- *Identificar las variaciones estacionales de variables ambientales indicadoras de surgencias: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, estabilidad vertical, clorofila, índice de surgencias y capa de mezcla.*
- 3.- *Determinar el tipo y magnitud de relación que existe entre las variables ambientales y la distribución espacial y estacional de los tres grupos biológicos en estudio.*

**Hipótesis de Trabajo:**

En la costa noroccidental de Baja California, la abundancia y variación espacio-temporal de las poblaciones de pelágicos menores, langostillas y eufáusidos, considerados como componentes del ecosistema pelágico, están determinadas por el comportamiento estacional de las variables oceanográficas asociadas al sistema de surgencias,

**Justificación**

En una región de alta importancia oceanográfica y pesquera como la Costa Occidental de Baja California la importancia de conocer la variación espacio-temporal de los tres grupos biológicos bajo estudio como componentes del ecosistema pelágico puede centrarse en dos aspectos:

*-Interacción organismos-ambiente.* Permitiría obtener una aproximación de los patrones de distribución de un grupo de especies clave en los sistemas de surgencias en condiciones de baja perturbación y cómo se ven afectados por procesos físicos. Ello podría compararse con las respuestas de este ecosistema a anomalías oceanográficas (eventos ENSO, calentamiento de latitudes medias) con fines predictivos.

*-A nivel pesquero.* Permitiría a los biólogos pesqueros predecir, a través de la observación y mapeo de la distribución de variables ambientales (p. ej. temperatura superficial), los movimientos del recurso, tanto su desplazamiento geográfico (costa-océano y latitudinal) sus variaciones estacionales

(temporadas de altas y bajas capturas). Al relacionar la información, podrían determinarse las zonas de pesca con mayores capturas para cada mes de muestreo.

Se trata, en suma, de identificar los movimientos espaciales y temporales de recursos que constituyen un elemento de enlace muy importante en las redes tróficas de los sistemas de surgencias (eufáusidos), que han comenzado a ser objeto de una pesquería en desarrollo (langostillas) o bien de especies que son recursos pesqueros clave en la zona (pelágicos menores) y determinar, a partir de un conjunto de variables ambientales típicas, el grado de la influencia en la distribución de estos recursos.

### III.- ANTECEDENTES

Aunque la literatura sobre estudios acústicos sobre peces y zooplancton es muy abundante, para la zona de estudio, la contribución de estos estudios es comparativamente reciente. Sobre las estimaciones de biomasa de peces. El primer trabajo reportado fue realizado por Blackburn y Thorne (1974) quienes estudiaron la composición, y distribución de la biomasa nectónica frente a San Hipólito Baja California. Los trabajos de Melcer y Cota (1976) y Melcer, *et al.* (1976) fueron enfocados sobre la aplicación de técnicas acústicas en la estimación de biomasa de peces. Blackburn (1977) identifica cambios temporales en la biomasa pelágica de *P. planipes* en Punta Asunción y Punta San Hipólito, B.C.S. con la utilización de una ecosonda científica SIMRAD de 120 K hz. Auriolles (1992) y Auriolles *et al.*, (1993) estiman los movimientos costa-oceano también de esta especie en la porción sur de la península, y la producción anual de biomasa de *P. planipes* en Bahía Magdalena, B.C.S. En cuanto a las comunidades zooplanctónicas, Gómez (1999) relaciona cambios en las comunidades de eufáusidos con la variabilidad morfológica en una capa de dispersión profunda y De-Silva, *et al* (2002) caracterizan el stock de *Nycthyphanes simplex* en la porción sur de la corriente de California. En el campo de la hidroacústica han sido realizados diversos trabajos evaluando la distribución y abundancia de las poblaciones de peces pelágicos menores (Pétitgas y Levenz, 1996), de eufáusidos (González, 1996) así como el comportamiento de *Pleuroncodes planipes* en ciclos nictimerales (Dominguez, 1997). Sobre la interacción organismos-ambiente. Botsford (2001) determina las influencias físicas en el reclutamiento de las poblaciones de invertebrados en la Corriente de California, bajo múltiples escalas. Abad, *et al.* (1998) realizan estimaciones acústicas de la abundancia y distribución de sardina en el Mediterráneo noroeste.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

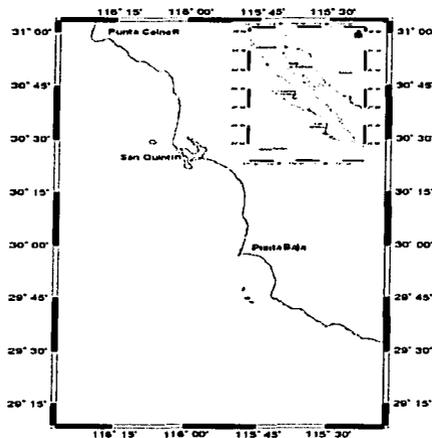
Respecto a variaciones temporales de comunidades de peces se han publicado los trabajos de Lucas *et al.* (1998) y Rudstam *et al.* (1999) que comparan las distribuciones de fuerza de blanco y las densidades de peces obtenidas con ecosondas de haz simple y dividido para aplicar una corrección en la estimación de fuerza de blanco, factor muy importante para el proceso de datos acústicos. Hewitt y Demer (2000) utilizan la eointegración para estimar la abundancia del krill *Euphausia superba*. Bahri y Freon (2000), y Misund y Coetzee (2000) estudian la estructura general de cardúmenes a partir de modelaciones acústicas. La modelación con datos acústicos a partir de la eointegración ha sido llevada a cabo por Jech y Horne (2001) y Diachok *et al.* (2001). La identificación de especies formadoras de cardúmenes en aguas de surgencias con datos acústicos ha sido efectuada por Lawson *et al.* (2001). En la zona de estudio, Robinson *et al.* (1995, 1998, 2000) han publicado una serie de trabajos referentes a la distribución costa-oceano de un capa de dispersión en las porciones centro y sur de la costa occidental de Baja California, lo cual representa, junto con los trabajos de Tesis de González (1996), Domínguez (1997), López (2000) y Ramos (2003) una de las series más completas sobre el tema para esta zona.

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

La zona de estudio es la porción norte de la Costa Occidental de Baja California comprendida entre las localidades de Punta Colnett y Punta Baja ( $30^{\circ} 54' N$  y  $116^{\circ} 40' W$ , y  $31^{\circ} 01.56' N$  y  $116^{\circ} 25.54' W$ , hasta los  $29^{\circ} 16.47' N$ ,  $115^{\circ} 29.21' W$  y  $29^{\circ} 26.10' N$  y  $115^{\circ} 29.09' W$ ) (fig. 2).

Está situada a proximadamente a 18 km al sur de Ensenada y se caracteriza por ser parte de un sistema de transición de masas de agua entre la masa subártica y la masa norecuatorial. Presenta morfoestructuras como: plataformas continentales, taludes, borde continental, trincheras, cuencas de mar marginal, montañas aisladas, crestas montañosas diversas, arco insular y planicie abisal. Se ha descrito la plataforma continental con una amplitud muy irregular, alcanzando unos 20 km de ancho en el extremo norte de la península; al sur del paralelo 33 disminuye a 3 km y se ensancha hacia Ensenada hasta una extensión de 13 km (fig. 3).

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Fig. 2.- Zona de estudio**

La temperatura media superficial anual (15.7 °C) es mayor en verano y otoño y menor en primavera e invierno. Chiappa-Carrara (1988), y Hickey (1998) coinciden en señalar que tres masas de agua superficiales son las que conforman al sistema de corrientes de California y son: el agua subártica del Pacífico, caracterizada por baja salinidad y temperatura, y altos niveles de oxígeno y nutrientes, y presenta advección en dirección al ecuador, agua del Pacífico Norte Central, que se caracteriza por altas salinidades y temperaturas, y bajo oxígeno y nutrientes, que entran al sistema proveniente del oeste; aguas sureñas, que presentan alta salinidad, altas temperaturas y nutrientes y bajas concentraciones de oxígeno, que entran al sistema de corrientes proveniente del sur traídas por la contracorriente subsuperficial, y a su vez, aguas costeras de surgencias, que en parte son derivadas de la masa subártica y la masa ecuatorial. Huyer *et al.* (1998) confirman que la tendencia en las características de las masas de agua superficiales a lo largo de tres isopícnas (26.4, 26.0 y 25.6 Kg m<sup>-3</sup>) muestra que la temperatura y la salinidad se incrementan hacia el ecuador y hacia la costa, y son consistentes con procesos de advección a lo largo del margen continental, Gómez-Valdéz y Vélez (1982) reportan la presencia de surgencias para los meses de septiembre-octubre debidas a la ocurrencia de ciclones tropicales siendo en este período cuando se producen las mayores variaciones de temperatura contrastando con los registros de salinidad, manteniéndose estos constantes durante

el resto del año. Debido a esto, la temperatura disminuye en verano y aumenta en primavera e invierno debido al incremento de surgencias en verano y otoño (Cervantes-Duarte *et al.* 1993). Batten y Vance (1998) destacan la presencia de estructuras como giros, filamentos, meandros a mesoscala y corrientes de chorro, lo que implica una alta dinámica oceanográfica que contrasta con la idea de que este sistema era relativamente estable.

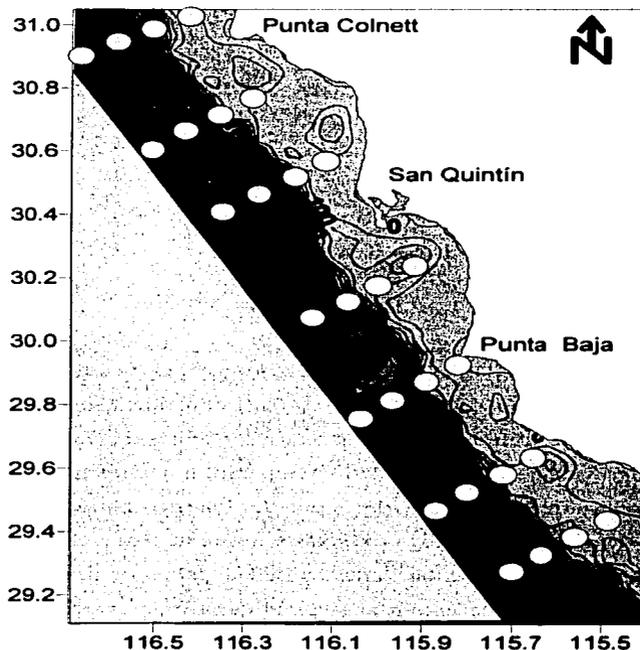


Fig. 3.- Batimetría de la zona de estudio (profundidades en metros)

La zona es dominada por el sistema de corrientes de California (fig. 4), cuyo origen es la combinación de las corrientes de Japón (Kuroshio) de aguas cálidas con la corriente norteña de aguas frías de Oyashio, predominantemente templada (Hickey, 1979). Está constituido por tres ramales, interno, externo y principal o central (González y Gaxiola, 1991). Se inicia a 300 km frente a las costas de Washington y Oregon, USA a la altura del paralelo 45°N y se extiende hacia el sur hasta el

paralelo 25°N frente a Cabo San Lázaro, BCS. Los límites varían de un año a otro. Una de sus características es que es lenta, con una velocidad media de 10 a 30  $\text{cms}^{-1}$  alcanza la parte sur de la península de Baja California, donde se encuentra agua del Pacífico ecuatorial y es desviada hacia el oeste, a medida que es desviada se calienta y la salinidad se incrementa por evaporación, después se mezcla con el agua ecuatorial y se transforma en parte de las aguas de la corriente norecuatorial (Sverdrup *et al.*, 1942). En el verano se han registrado como aguas relativamente frías ( $T < 15^{\circ}\text{C}$ ) y poco salinas ( $S < 34.6$ ). En promedio, el ancho de la corriente ha sido determinado en un rango de 1000 (Reid *et al.*, 1963) a 1600 km (Bernal y McGowan, 1981). Hickey (1979) menciona que se trata en realidad de un sistema de corrientes que incluye una corriente submarina o profunda, la corriente de Davidson o contracorriente subsuperficial costera, la contracorriente de California y la corriente de California en sí.

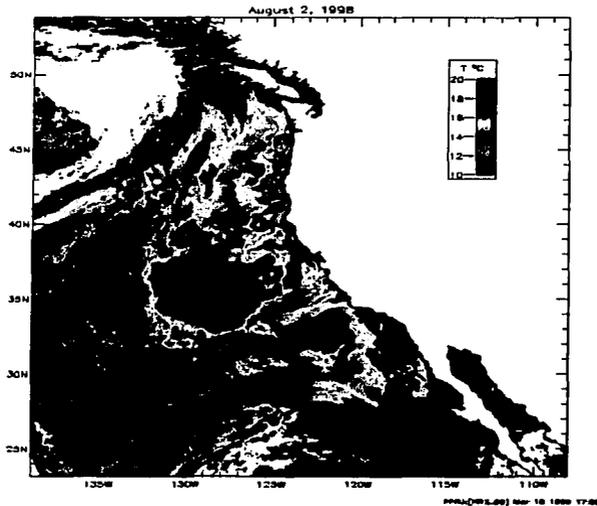


Fig. 4.- Corriente de California.

Como se mencionó anteriormente, estas áreas se caracterizan por la presencia más o menos continua de surgencias costeras, que son ocasionadas por vientos dominantes del Noroeste (Chávez de Ochoa, 1975). Lynn (1967) y Cervantes-Duarte *et al.* (1993) indican que aunque están presentes

durante todo el año, la intensidad de las surgencias se incrementa en abril y mayo, cuando los vientos del este y noroeste son más fuertes, por lo que hay un efecto notable sobre estas áreas, lo que incide en la dinámica de las poblaciones pelágicas y neríticas de zooplancton y necton. Husby y Nelson (1982) encontraron que al sur de la corriente de California se desarrolla un patrón de producción de turbulencias en dos estaciones distintas del año, una de mayo a junio acorde con los vientos superficiales provenientes del norte que favorecen las surgencias y otra en otoño debida a la ocurrencia de tormentas tropicales, con una estratificación térmica relativamente fuerte de agosto a noviembre disminuyendo en el resto del año. Cabe mencionar que en la costa occidental de Baja California los periodos de surgencias se presentan con intervalos de una a tres semanas (Walsh *et al.* 1977).

Esta zona de trabajo comprende las regiones pesqueras III, IV, y V reportadas por García-Franco *et al.* (1995) en la serie de estudios efectuados por el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Ensenada (CRIP) para monitorear la densidad de pelágicos menores y comprende los transectos de la zona norte denominados n1, n2 y n3. Es importante señalar que estas zonas son las que reportan las mayores capturas de pelágicos menores en la región (García -Franco *et al.* 1995). Presenta una gran densidad de zooplancton en el periodo enero-marzo; con especies de aguas cálidas principalmente del Pacífico Tropical Oriental con abundancias máximas en verano y otoño.

## **V.- METODO Y MATERIALES**

### **5.1 Operaciones de campo**

Los datos analizados provienen de tres campañas oceanográficas efectuadas a bordo del B/O "El Puma", de la Universidad Nacional Autónoma de México, como parte del proyecto SIMSUP (Sistemas Marinos de Surgencias y su Relación con Pelágicos Menores) correspondientes a los meses de marzo julio y diciembre del 2000, y denominadas SIMSUP XIX, XX y XXI realizadas en la región norte de la costa occidental de la península de Baja California. Se establecieron siete transectos perpendiculares a la costa, de una longitud de 22.1 km y una separación entre sí de 18.5 km. El orden de numeración correspondió al transecto 1 como el más al norte y así en secuencia descendente hasta el transecto norte 7. Cada transecto fue dividido en cuatro puntos equidistantes con una separación de 7.36 km, situados en la región oceánica (punto 1), oceánico-talud (punto 2), talud-nerítica (punto 3) y nerítica (punto 4) (fig. 5).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

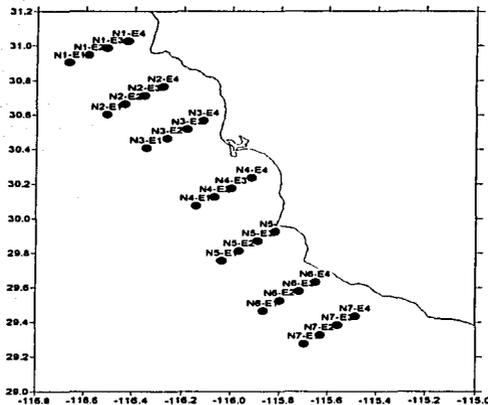


Fig. 5.- Estaciones de muestreo.

A cada punto le correspondió un conjunto de estaciones cuyo número varió con el tiempo de permanencia en el transecto. En total fueron efectuadas 28 estaciones. El tiempo promedio de permanencia en cada transecto fue de 18 a 20 horas para los transectos 1,3,5 y 7 y de 3h para los transectos 2, 4, y 6. La diferencia se debe a que en los primeros fueron efectuados lances confirmatorios durante el período de oscuridad, mientras que en los segundos solamente se realizaron estaciones para caracterización hidrográfica de la columna de agua (temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y fluorescencia). Al término de las operaciones en un transecto, el buque se trasladó al siguiente, hasta recorrerlos en su totalidad y completar el plan de campaña para esta zona, las profundidades de muestreo, la profundidad total y la ubicación de cada estación se detallan en el apéndice 1. La estructura del fondo en los transectos de muestreo es bastante regular, con pocas formaciones, y la profundidad de este oscila entre más de 70 m (transecto n7) a menos de 25m (transecto n3 y n5) (fig. 6).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

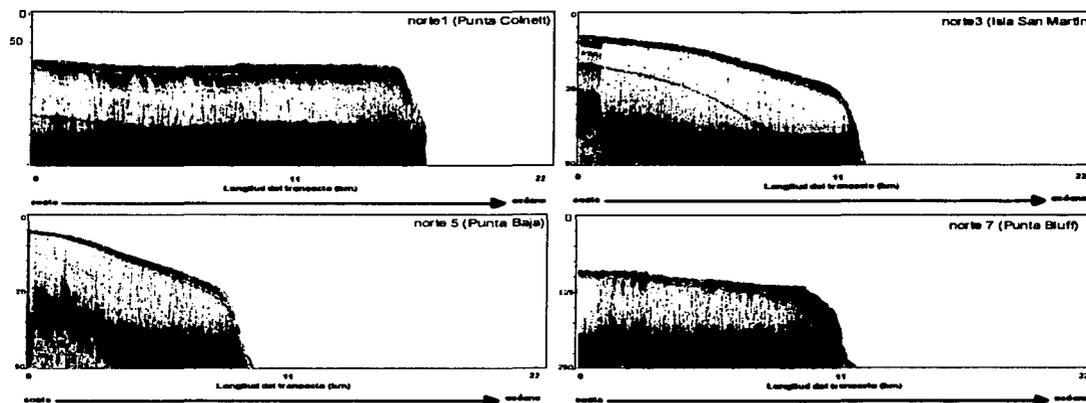


Fig. 6.- Perfiles acústicos de los transectos con muestreos de 20h

## 5.2 Variables hidrográficas

### Temperatura, salinidad y densidad ( $\sigma_t$ )

La temperatura, conductividad y presión fueron obtenidos en cada estación de trabajo mediante lances verticales de una sonda CTD (Conductivity, Temperature and Depth) General Oceanics modelo Mark III, La profundidad de muestreo fue de 5 a 200 m. En la determinación del oxígeno se utilizaron los datos medidos por el sensor acoplado al CTD en perfilación continua, y fueron calibrados con un oxímetro modelo Sigma a partir de muestras de agua obtenidas a profundidades variables. Para la fluorimetría se utilizó un fluorómetro Turner Designs modelo 10-AU-005-CE. Las muestras para ambas variables se colectaron con botellas Niskin montadas en una roseta modelo General Oceanics y las profundidades de muestreo fueron 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75, y 100m, o hasta donde el fondo lo permitió.

Para la fluorescencia se extrajeron muestras de agua de 500 ml correspondientes a las profundidades anteriores, y se determinó *in situ* su nivel de fluorescencia bajo los criterios establecidos por Strickland y Parsons (1972); se efectuaron tres repeticiones por profundidad. El blanco de calibración fue preparado con muestras de 20 m de profundidad. obtenidas en cada

estación de muestreo. Para la determinación de la concentración de clorofila se interpolaron los valores de absorbancia en una curva patrón obtenida con el siguiente modelo, determinado en el laboratorio:

$$[Cl_a] = \frac{[abs] + 50.74}{167.59}$$

donde:

[Cl<sub>a</sub>]: Concentración de la muestra

[abs]: Valores de absorbancia de la muestra.

Los datos fueron representados en perfiles verticales de temperatura, salinidad, sigma-t, clorofila y oxígeno disuelto por estación, en perfiles verticales por transecto, y en planos de los transectos a 10, 25 y 50 m de profundidad. Las lecturas de velocidad y dirección del campo de viento con referencia al barco fueron obtenidas en cada estación por el anemómetro del barco y corregidas con respecto al rumbo real. Estos valores fueron utilizados para calcular el índice de surgencias que fue determinado mediante el modelo propuesto por el modelo propuesto por Bakun (1982) para calcular la cantidad de agua que es transportada mar afuera en un momento dado.

$$S_f = \frac{\tau}{f} = \frac{(\delta_{aire})(C_d)(U_{10}^2)}{2\Omega \sin \Phi}$$

en el cual

$\delta_{aire}$ : densidad del aire (1.25 Kgm<sup>-3</sup>)

$C_d$ : coeficiente de arrastre del aire: (1\*10<sup>3</sup>)

$U_{10}^2$ : magnitud de la componente norte-sur de la velocidad del viento a 10 m de altura

$\Omega$ : Velocidad de rotación de la Tierra.

$\Phi$ : latitud (en décimas de grado).

La estabilidad vertical fue calculada a través de la ecuación

$$\frac{\delta_2 - \delta_1}{Z_2 - Z_1}$$

en la que  $\delta_n$  representa el valor de sigma-t y  $Z_n$  un intervalo de profundidad determinado (Arx, 1962) La capa de mezcla fue estimada a partir de los datos de temperatura como función de la profundidad, en cada y fue comparada con la profundidad de inicio de la termoclina.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 5.3 Datos acústicos

La toma de datos acústicos fue llevada a cabo con una ecosonda de haz dividido SIMRAD modelo EY-500, con una apertura de haz de  $3.5 \times 10^\circ$ , frecuencia de 120 kHz y tasa de emisión de 3 pulsos (pings)  $\text{seg}^{-1}$  (SIMRAD, 1997). El análisis subsecuente de los datos se efectuó con el programa de análisis acústico EP-500 (Echo Processing). Para esta variable las unidades de muestreo acústico fueron el transecto perpendicular a la costa, y las estaciones de muestreo, los cuales permiten obtener una perfilación de las regiones de muestreo (zona nerítica, talud, zona oceánica) y satisface los supuestos establecidos sobre teoría de muestreo acústico descritos en Jolly y Hampton (1990). La información de abundancia obtenida en los datos acústicos fue estandarizada bajo el siguiente criterio:

$$\left[ \frac{\text{Total de individuos ecodetectados para un intervalo de fuerzas de blanco}}{\text{Total de pings de la sección acústica analizada}} \right]$$

Dado que frecuentemente se presentan intervalos de fuerza de blanco con densidad cero de organismos, y para cumplir con los supuestos estadísticos requeridos en los análisis se realizó la siguiente transformación:

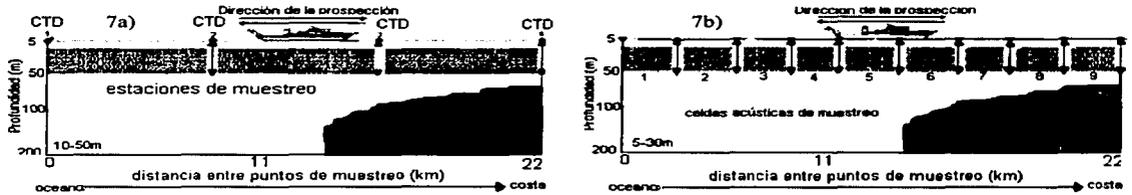
$$\text{ubacs} = \ln [1 + (\text{ind ha}^{-1} \text{ pulso emitido})]$$

La cual linealiza de la densidad corregida de individuos para cada ping de muestreo, lo que proporciona una estimación de la densidad en Unidades de Abundancia Acústica (UBAC) que tienen la ventaja de que, al ser estandarizadas en función del pulso de muestreo, son compatibles para comparar la información ya sea en unidades de distancia (para transectos) o de tiempo (para estaciones)

#### 5.3.1.- Análisis de los datos

Con el fin de optimizar la información disponible los datos acústicos fueron procesados bajo dos protocolos diferentes de acuerdo a la estrategia de muestreo (fig. 7). Con el primer protocolo las estimaciones procedentes de los transectos fueron acopladas a una rejilla de nueve celdas a lo largo de estos, con una longitud de 2.47 km cada una y con un intervalo de profundidad de análisis de 5-50 m. Con esta información se generó una matriz de nueve columnas (celdas acústicas) por siete filas (transectos) con la cual se obtuvieron una estimación y comparación más precisas de la abundancia acústica tanto en el sentido costa-oceano como entre transectos (Fig. 7a).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Figs. 7 a-b.- Unidades de análisis acústico.

Para la abundancia puntual y correlación con datos ambientales se utilizó la información de los ecogramas provenientes de las estaciones de muestreo en intervalos de 10 m desde los 5 hasta los 55 m de profundidad ( o hasta donde el fondo lo permita). Si bien la extensión de un proceso de surgencia costera puede alcanzar en su fase máxima hasta 80 km en sentido perpendicular a la costa (Bakun y Nelson, 1992) con una distancia de 22.5 kms se pueden diferenciar gradientes de temperatura, salinidad y densidad que indiquen el afloramiento de aguas subsuperficiales, si bien no necesariamente se tiene toda la extensión del frente, además de ser compatible con la distancia usual de muestreo reportada para las flotas comerciales de la ciudad de Ensenada (Rojas, 2000) estimada aproximadamente en 10 millas náuticas (Vidal-Talamantes, 1991) si bien no necesariamente ese cubre el frente en toda su extensión.

En este trabajo, los datos acústicos utilizados fueron: fuerza de blanco y la densidad de individuos ( $\text{ind. ha}^{-1}$ ) estimada mediante ecoconteo. La caracterización de fuerzas de blanco (TS) se realizó con base en la ecuación propuesta por Edwards (1984) para pelágicos menores, que se describe a continuación

$$TS = (20 \text{ Log } L - b_{20})$$

donde L: longitud patrón del organismo en centímetros,  $b_{20}$ = valor de la sección acústica transversal (backscattering cross section), para pelágicos menores tiene un valor asignado de -76.0 dB

La estimación de la fuerza de blanco de eufausidos y langostillas fue realizada con base en las observaciones de histograma de fuerzas de blanco obtenido en los ecogramas y su correlación con los datos de los muestreos biológicos. El espectro de fuerzas de blanco que el programa ofrece abarca de -38 a -65 dB; de esta escala se seleccionó el intervalo de -47 a -53 dB como el asociado a

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

pelágicos menores, de -56 a -59 dB para langostillas y de -62 a -65 para eufásidos, intervalos que se asocian a tallas de 11 a 28 cm, 3 a 5 cm y de 1 a 2 cm respectivamente. Los datos procedentes de los intervalos -53 a -56 dB, y de -59 a -62 dB, fueron descartados para reducir el efecto de colinealidad y sobreestimación entre los grupos estudiados. Se obtuvieron 3 grandes conjuntos definidos por intervalos de fuerza de blanco asociados a pelágicos menores, micronecton y mesozooplankton a partir de los cuales se generaron las bases de datos para análisis correspondiente. Como esta no es una técnica absoluta de muestreo, se consideraron los siguientes elementos adicionales para su validación e identificación:

- Muestras biológicas provenientes de arrastres de media agua con la red Isaac-Kid.
- Datos de capturas de las flota sardinera y anchovetera que operan en la zona que se pueden consultar en boletines de pesca proporcionados por el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Ensenada correspondientes al año 2000 y en los Atlas de la California Cooperative Fisheries (CalCOFI) de los años 1999, 2000 y 2001.

La información obtenida se representó en diagramas de abundancia por transectos, estaciones y celdas de muestreo, ya sea por meses separados y/o conjuntos. Los datos procedentes de estaciones fueron utilizados para identificar y en lo posible, cuantificar las relaciones de abundancia de los tres grupos biológicos con las variables ambientales consideradas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 5.4 Muestras biológicas

Las muestras biológicas se obtuvieron de arrastres con una red de media agua modelo Isaacs-Kid, con apertura de boca de 2.50m, área de boca de 6.25 m<sup>2</sup>, longitud de 7 m y copo de colecta con malla de 300µ a la cual se instaló un sensor de profundidad modelo Seabird acoplado al cuadro de la red (fig. 8a). La profundidad de arrastre se determinó de acuerdo a la profundidad en la que la ecosonda señalaba la presencia de organismos cuya fuerza de blanco correspondiera al zooplankton, langostillas, o a peces, como se describe en López (2000). Las muestras obtenidas fueron etiquetadas especificando localidad, fecha, tipo de arrastre, hora y profundidad, fijadas con formol al 10 % y posteriormente preservadas en alcohol al 70 % para su identificación.

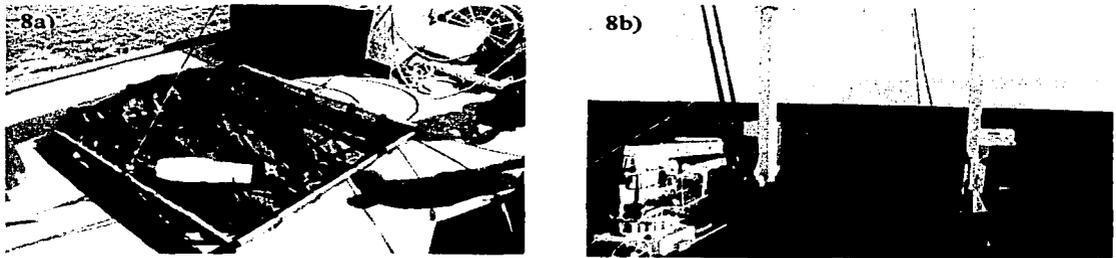


Fig. 8 a-b.- Red de arrastre a media agua (8a) y maniobra de lanzamiento (8b).

Se identificaron las especies de peces encontradas de acuerdo a las claves de Fischer *et al.* (1995), Whitehead (1985), Castro-Aguirre (1979) y De la Cruz Agüero (1997). Los datos merísticos consistieron en la longitud patrón (mm) en el caso de los peces, la longitud del telson al cefalotórax en el caso de langostillas y la longitud del extremo final del rostrum hasta el extremo final del telson para los eufáusidos como es reportado por Baker, *et al.* (1990).

## 5.5 Análisis de la información

### 5.5.1- Construcción de la base de datos.

Para el análisis de la distribución espacial, así como la validación estadística de las diferencias de abundancia encontradas en la distribución por regiones/transecto se utilizó una matriz rectangular de rejillas construida con los datos de las celdas acústicas, donde el elemento  $X_{ij}$  corresponde a la abundancia de pelágicos, langostillas o eufáusidos ecodetectadas en la  $i$ -ésima celda ubicada en el  $j$ -ésimo transecto. Para el análisis de las relaciones de estos grupos con el conjunto de variables ambientales se utilizó la matriz de datos estandarizados en unidades de desviación  $Z$ . Los elementos de esta se organizaron en un arreglo vertical donde las variables representan las columnas y los renglones los estratos de profundidad de la matriz.

### 5.5.2 Análisis estadísticos

#### Patrones espaciales y distribución espacio-temporal

La asociación espacial de los puntos por mes de muestreo fue identificada mediante la elaboración y comparación de dendrogramas con el método de enlace sencillo y distancia Manhattan (Johnson,

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1998; Johnson y Wichern, 1998). Las diferencias entre la abundancia de organismos por período fue contrastada mediante una prueba de análisis de varianza de una vía sobre datos normalizados, en este caso la hipótesis nula fue:

**Ho: No existe diferencia estadísticamente significativa entre las poblaciones de pelágicos menores, langostillas y eufáusidos contrastados por mes de muestreo.**

Para diferenciar estadísticamente las zonas de alta y baja abundancia de los tres grupos fueron utilizados análisis de varianza de dos vías en los que los bloques correspondieron a las celdas acústicas y los tratamientos a los transectos de muestreo. Las diferencias entre la abundancia por bloques y/o transectos se determinaron mediante la prueba “q” de Tuckey con el criterio de Diferencia Mínima Significante (Zar, 1999) y Mendenhall y Reinmuth, (1999). Para este análisis sólo se consideraron los transectos 1, 3, 5 y 7 debido a que sólo en estos se realizaron réplicas de muestreo. La hipótesis nula planteada fue:

**Ho: No existe diferencia estadísticamente significativa entre la abundancia de las poblaciones de eufáusidos, langostillas y pelágicos menores cuantificadas en las celdas y transectos de muestreo.**

## 5.6 Relación con variables ambientales

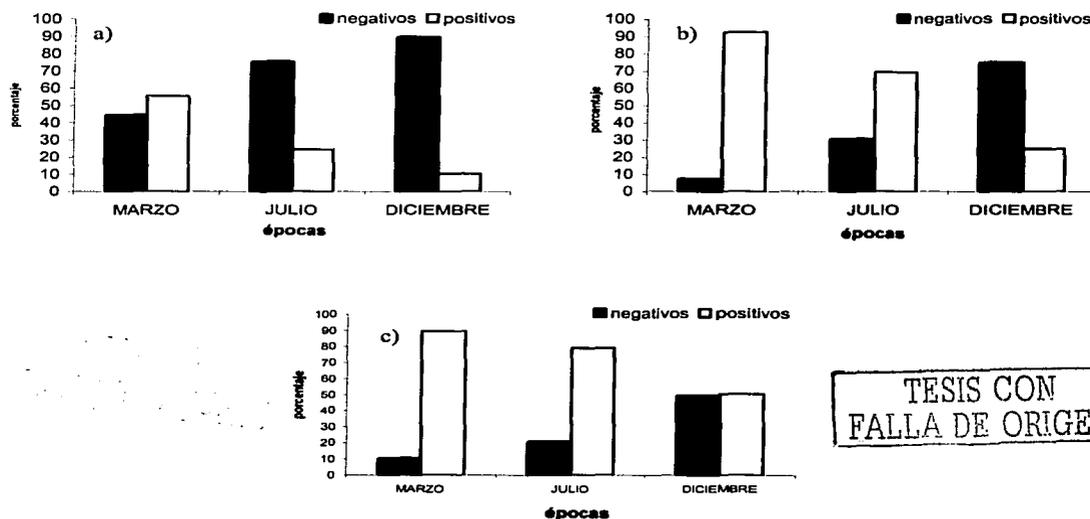
La magnitud y tipo de relaciones entre los grupos considerados con el conjunto de variables ambientales fue estimada mediante un análisis de correlación canónica para cada mes de muestreo efectuado en dos variantes. El efecto de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila sobre los organismos fue estimado a partir de las matrices estandarizadas de abundancia por estratos-estaciones por mes de muestreo, con las variables ambientales como variables predictoras y la abundancia acústica por grupos (expresada en unidades de abundancia acústica) como variable respuesta, en tanto que la determinación de la relación del viento, surgencias y capa de mezcla con estos mismos grupos fue determinada con la abundancia total de los tres grupos en un intervalo de 5-30 m como función de estos. La revisión de los datos para identificar su condición de normalidad estadística, y cumplir con los postulados de la prueba se llevó a cabo mediante una prueba de Kolgomorov-Smirnov para distribuciones normales (Zar, 1999)

TESIS CON  
FALLA DE CUBIEN

## VI.- RESULTADOS

### 6.1 Presencia-ausencia de organismos

La relación de presencia-ausencia de organismos asociados a los grupos de estudio se muestra en las figuras 9 a-c. Para los tres grupos se produce una disminución temporal en la proporción de celdas acústicas con presencia de organismos y abundancias de al menos 0.5 UBACS. En los pelágicos menores el contraste es más fuerte en diciembre, donde más del 90% de las celdas analizadas tuvieron ausencia de individuos (fig. 9a) También para las langostillas se encontró un cambio evidente en la proporción de individuos, sólo que en este caso, y a diferencia entre individuos presentes y ausentes, es muy similar para marzo y diciembre (fig. 9b). Para eufáusidos la proporción de celdas con ausencia es mayor en marzo, disminuye y en diciembre es prácticamente la misma (fig. 9c). En general, para los tres grupos la abundancia es mayor en marzo, disminuye en julio y decae en diciembre.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fig. 9a-c.- Proporción presencia ausencia (ecogramas positivos-negativos) de los grupos de estudio como función del mes de muestreo (a: pelágicos menores; b: langostillas; c: eufáusidos.)

## Abundancia por estación del año

Una comparación más precisa de lo anterior se muestra en las figuras 10 a-c. Aquí se encuentra que el gradiente de abundancia estacional se cumple para los tres grupos, en el caso de los peces pelágicos los valores de mediana por período de muestreo difieren muy poco entre sí, en marzo hay algunos datos por encima de la medida de tendencia que sugieren puntos de alta abundancia, pero se disipan en los meses restantes (fig. 10 a). El cambio en el número de individuos es más drástico en las langostillas y los eufáusidos dada la diferencia entre los valores de mediana, así como la dispersión de los datos. La amplitud de las barras de dispersión indica una distribución con menor sesgo que en el grupo anterior, en especial para los eufáusidos, pero esto sólo se cumple en marzo, ya que en julio y diciembre los datos apuntan notoriamente hacia valores de baja abundancia (figs. 10 b-c).

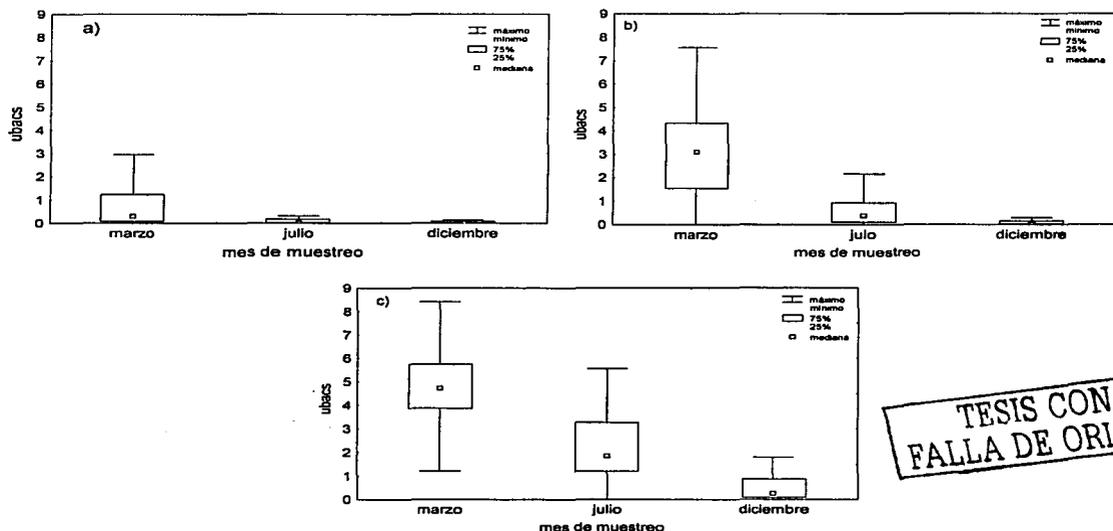


Fig. 10a-c.- Abundancia de los grupos biológicos de estudio en los meses de muestreo. Valores en unidades de abundancia acústica. (a: pelágicos menores, b: langostillas, c: eufáusidos)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Estos resultados son confirmados estadísticamente con los resultados de las pruebas de análisis de varianza efectuadas (cuadro 1) a partir de los cuales se encuentra que la diferencia encontrada entre las poblaciones de datos por período es significativa para un p-level de 0.05.

Cuadro 1.- Análisis de varianza entre diferencias por mes de los grupos estudiados.

grupo	categoría	F teo	Fexp	P	Decisión
langostillas	meses	3.32	68.265	0.000	Rechazar Ho
pelágicos	meses	3.32	6.21	0.002	Rechazar Ho
eufáusidos	meses	3.32	174.55	0.000	Rechazar Ho

Los resultados de la prueba "q" de Tuckey-DMS para determinación de diferencias en la abundancia entre meses permiten afirmar que las diferencias significativas se producen con respecto a marzo para langostillas y peces, y para los eufáusidos con respecto a marzo y julio, por lo que se confirma la presencia de un fuerte gradiente estacional en la abundancia de los tres grupos, aunque debe recordarse que para los peces la densidad encontrada es, en los tres muestreos, demasiado baja (cuadro 2).

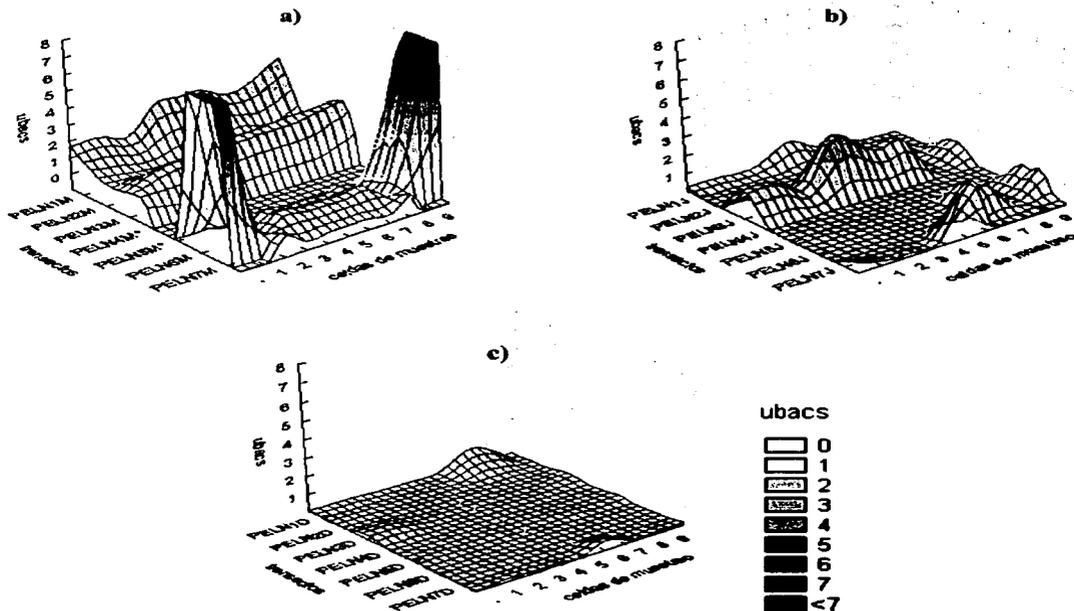
Cuadro 2.- Resultados de la prueba "q" de Tuckey MSD para determinación de diferencias en la abundancia por transectos. Los valores significativos ( $p < 0.05$ ) aparecen marcados en negritas.

grupo	Epoca	marzo	julio	diciembre
pelagicos	marzo	*	0.1474	<b>0.0271</b>
	julio	<b>0.0147</b>	*	0.6466
	diciembre	<b>0.0271</b>	0.6466	*
langostillas	marzo	*	<b>0.000217</b>	<b>0.0000217</b>
	julio	<b>0.0000217</b>	*	0.1158
	diciembre	<b>0.0000217</b>	0.1158	*
eufáusidos	marzo	*	<b>0.0000217</b>	<b>0.0000217</b>
	julio	<b>0.0000217</b>	*	<b>0.0000217</b>
	diciembre	<b>0.0000217</b>	<b>0.0000217</b>	*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 6.2.-Distribución horizontal y latitudinal

Las figuras 11 a 13 muestran la distribución costa-oceano y latitudinal de los tres grupos muestreados. Al igual que entre estaciones, se encontró una fuerte regionalización entre transectos, en menor medida en sentido horizontal. Además de observarse los cambios estacionales, la abundancia se concentra en los primeros tres transectos dominaron en la distribución norte-sur. En marzo se encontraron dos picos de abundancia en los extremos del transecto n6 que quizá puedan deberse a errores de estimación en el equipo acústico. Para los pelágicos menores la mayor densidad de individuos se ubicó en la porción media de los transectos n1 y n3, que equivale al talud y a la región nerítica. En la región oceánica la abundancia decae. No se dispuso de información en los transectos n4 y n5, pero se observa que en el transecto n6 la abundancia es baja con excepción de los picos ya referidos (fig. 11a). No obstante, esta distribución baja en julio (fig. 11b) y en diciembre (fig. 11c).



Algunos puntos de abundancia se mantienen en el talud para estos dos meses. Las langostillas se distribuyeron de forma similar aunque con una mayor variación en la abundancia. La mayor parte de ecos asociados a este grupo se detectaron en la región nerítica de los transectos n1 y n3 y en los extremos del transecto n6 (fig. 12a). En Julio hay pequeñas crestas en la porción media de los transectos con más individuos, en especial en la parte nerítica del transecto n2 y todavía se observa esta regionalización. En el transecto n7 también hay un pequeño aumento en la abundancia (fig. 12b). Para diciembre sólo se detectaron langostillas en el talud del transecto n1 (fig. 12c) y se pierde toda diferenciación entre transectos.

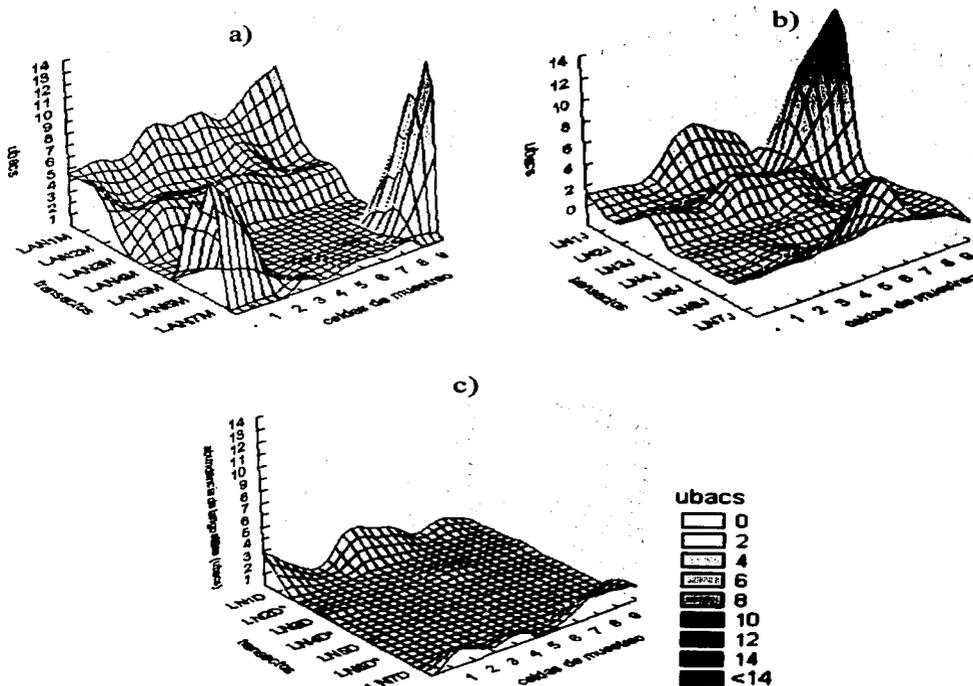


Fig. 12 a-c.- Variación estacional de langostillas en la zona de estudio. 5-50m. Unidad de análisis: rejilla acústica (a: marzo; b: julio; c: diciembre, \*: datos no disponibles).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los eufáusidos tuvieron una distribución más regular que los otros grupos, aunque también con cambios estacionales fuertes. El cambio en la abundancia de este grupo en los transectos n1 a n3 con respecto a los transectos n6 y n7 es clara (fig. 13a), aunque también se encontró la condición del transecto n6 descrita para los otros grupos. La abundancia en julio presenta oscilaciones en dirección costa-océano, sin embargo, mantiene abundancias altas en el talud (fig. 13b). Para diciembre, si bien hay una disminución en cuanto a los otros casos, esta es menor, por lo que aún puede apreciarse un gradiente similar al encontrado en julio (fig. 13c).

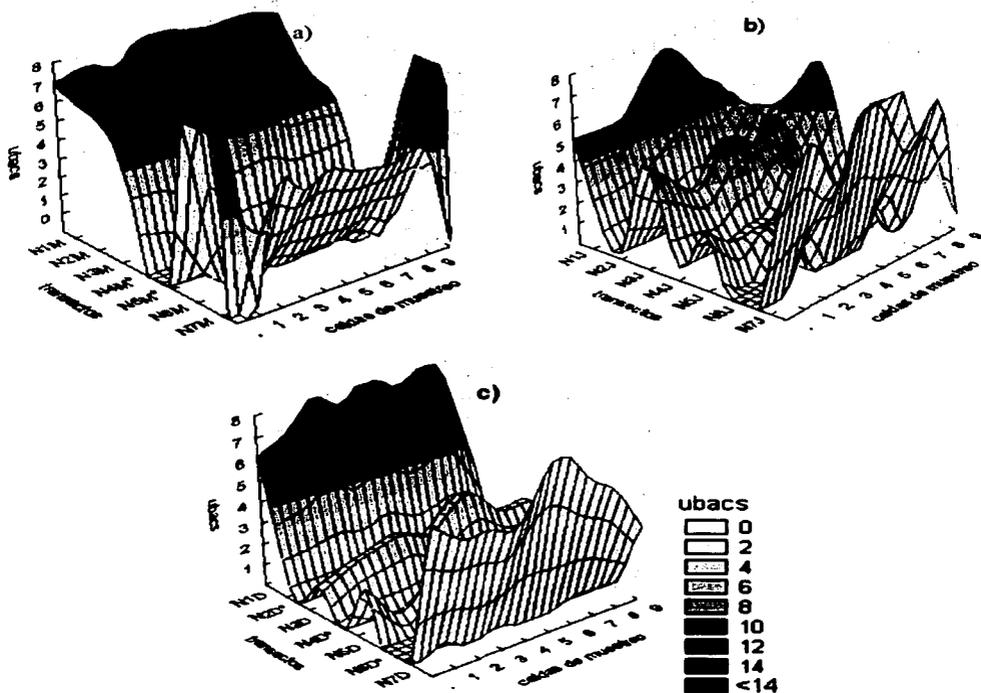


Fig. 13 a-c.- Variación estacional de eufáusidos en la zona de estudio. 5-50m. Unidad de análisis: rejilla acústica (a: marzo; b: julio; c: diciembre, \*: datos no disponibles).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los resultados de la prueba de análisis de varianza efectuada para encontrar la abundancia entre celdas y transectos (cuadro 3) indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre los transectos de muestreo. Estas diferencias ocurren en el mes de marzo para los tres grupos, y en julio y diciembre para langostillas y eufáusidos. Los valores de F obtenidos para celdas y transectos no exceden el valor teórico de F por lo que se acepta la hipótesis nula y se concluye que las variaciones de abundancia de pelágicos menores, langostillas y eufáusidos encontradas a lo largo de los transectos, no son estadísticamente significativas, por lo que no se descarta al azar como regulador de la distribución costa-océano para los organismos.

Por el contrario, los valores de  $F_{exp}$  obtenidos por transectos sí superan, y en algunos casos con mucho, el valor límite de  $F_{teo}$ , por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la significatividad estadística de las diferencias entre transectos. Esto sugiere que la variación latitudinal es un parámetro que afecta de manera más importante a la distribución que los gradientes costa-océano, no obstante presentarse condiciones de surgencia que afectan la distribución de las propiedades físicas del agua, en el mismo sentido.

Cuadro 3.- Análisis de varianza de dos vías para celdas y transectos

GRUPO	mes	F celdas	F transectos	F teo	Decisión
pelágicos menores	marzo	0.25	38.48	5.12	<b>Ha para transectos</b>
	julio	0.21	2.15	5.12	Ho
	diciembre	0.61	0.57	5.12	Ho
langostillas	marzo	0.71	40.06	5.12	<b>Ha para transectos</b>
	julio	0.66	2.11	5.12	Ho
	diciembre	0.29	3.56	5.12	Ho
eufáusidos	marzo	115.72	115.72	5.12	<b>Ha para transectos</b>
	julio	19.63	19.63	5.12	<b>Ha para transectos</b>
	diciembre	49.41	49.41	5.12	<b>Ha para transectos</b>

Las pruebas de Tuckey efectuadas para encontrar las diferencias críticas entre los transectos (cuadros 4 a-c) indican que el transecto 1 es el que difiere de los demás transectos de muestreo para los tres casos. En julio también se encontraron diferencias significativas en la abundancia entre los transectos n3 y n7. Esta diferencia sugiere que la porción norte de la zona de muestreo fue la más favorable para la concentración de los organismos. Para los otros grupos sólo fueron detectados diferencias en marzo también para los

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

mismos transectos. Por lo que puede afirmarse que el dentro de la zona de muestreo existen localidades más favorables que otras para el desarrollo de poblaciones de estos grupos.

Cuadro 4a.- Resultados de la prueba de Tuckey-DMS para contraste de medias. Grupo criterio: eufáusidos.

MES	COMPARACION	DIFERENCIA	SE	q	q(8,3)	decisión
marzo	n1 vs n3	2.07	0.52	4.01	3.85	<b>m1 ≠ m3</b>
marzo	n1 vs n7	3.57	0.52	6.90	3.85	<b>m1 ≠ m7</b>
marzo	n3 vs n7	1.49	0.52	2.89	3.85	<b>m3 = m7</b>
julio	n1 vs n3	2.53	0.40	6.31	3.85	<b>m1 ≠ m3</b>
julio	n1 vs n5	0.59	0.40	1.48	3.85	<b>m1 = m5</b>
julio	n1 vs n7	0.22	0.40	0.54	3.85	<b>m1 = m7</b>
julio	n3 vs n5	2.37	0.40	3.04	3.85	<b>m3 = m5</b>
julio	n3 vs n7	2.32	0.40	5.77	3.85	<b>m3 ≠ m7</b>
julio	n5 vs n7	0.81	0.40	2.01	3.85	<b>m5 = m7</b>
diciembre	n1 vs n3	1.17	0.41	2.87	3.85	<b>m1 = m3</b>
diciembre	n1 vs n5	2.16	0.41	5.30	3.85	<b>m1 ≠ m5</b>
diciembre	n1 vs n7	0.94	0.41	2.31	3.85	<b>m1 = m7</b>
diciembre	n3 vs n5	0.06	0.41	0.14	3.85	<b>m3 = m5</b>
diciembre	n3 vs n7	1.16	0.41	2.85	3.85	<b>m3 = m7</b>
diciembre	n5 vs n7	1.22	0.41	2.99	3.85	<b>m5 = m7</b>

Cuadro 4b Resultados de la prueba de Tuckey-DMS para contraste de medias. Grupo criterio: langostillas.

MES	COMPARACION	DIFERENCIA	SE	q	q (8,4) 0.05	Decisión
marzo	n1 vs n3	0.70	0.26	2.69	3.845	<b>m1=m3</b>
marzo	n1 vs n5	1.91	0.26	7.34	3.845	<b>m1=m3</b>
marzo	n1 vs n7	1.33	0.26	5.09	3.845	<b>m1≠m7</b>
marzo	n3 vs n5	1.21	0.26	4.64	3.845	<b>m3≠m5</b>
marzo	n3 vs n7	0.63	0.26	2.40	3.845	<b>m3=m7</b>
marzo	n5 vs n7	0.59	0.26	2.25	3.845	<b>m5=m7</b>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 4c Resultados de la prueba de Tuckey-DMS para contraste de medias. Grupo criterio: pelágicos.

EPOCA	COMPARACION	DIFERENCIA	SE	q	q (8,4) 0.05	Decisión
marzo	n1 vs n3	0.80	0.17	4.69	3.84	m1≠m3
marzo	n1 vs n5	1.07	0.17	6.28	3.84	m1≠m5
marzo	n1 vs n7	1.05	0.17	6.16	3.84	m1≠m7
marzo	n3 vs n5	0.27	0.17	1.58	3.84	m3=m5
marzo	n3 vs n7	0.25	0.17	1.46	3.84	m3=m7
marzo	n5 vs n7	0.02	0.17	0.11	3.84	m5=m7

### 6.3. Proporciones entre pelagicos, langostillas y eufáusidos

Las proporciones entre los grupos de organismos en función de la estación de muestreo se presentan en la figuras 14 a-c. El patrón de abundancia es similar al descrito por estaciones, aunque para estos diagramas se concentra en los transectos n2 y n3 en lugar del transecto n1 como aparece en las distribuciones por transecto. En cuanto a densidad de individuos el grupo de los eufáusidos predomina en todas las estaciones para marzo, julio y diciembre, en el 90% de dicha contribución supera el 80% del total de los individuos ecodetectados. En las estaciones siete y nueve la proporción de los otros grupos aumenta hasta alcanzar casi el 50 %, pero en ningún caso este porcentaje se sobrepasa. En el periodo de marzo se encuentran estaciones con alta y baja abundancia, que refuerzan el patrón encontrado para la distribución por transectos, sin embargo la proporción entre individuos siempre favorece a los eufáusidos (fig. 14a). Para los muestreos de julio la proporción de eufáusidos se mantiene e incluso se incrementa en algunas estaciones, en orden de descendencia las langostillas ocupan las proporciones restantes, la proporción de pelágicos disminuye prácticamente a cero salvo en la estación oceánica del transecto n5. En algunas estaciones de los transectos n1 y n3 la presencia de las langostillas se incrementa, pero en general la abundancia es baja (fig. 14b). En el mes de Diciembre se repite el mismo patrón, aunque nuevamente en algunas estaciones de estos transectos aumenta la abundancia de estos individuos y en dos de ellas (estaciones 2 y 20) hay una mayor representación de pelágicos menores con 25% del total (fig. 14 c). De lo anterior, se puede asumir que los cambios entre las proporciones entre los organismos son independientes de la variación de la abundancia.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

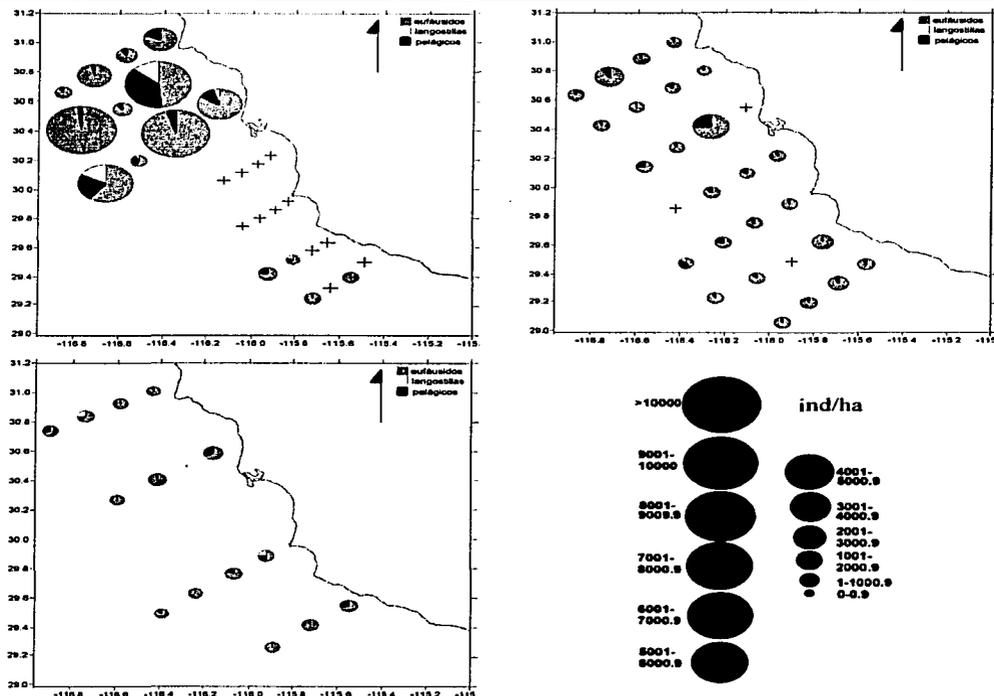


Fig. 14 a-c.- Proporciones de abundancia entre pelágicos menores, langostillas y eufáusidos detectados hidroacústicamente en las estaciones de muestreo para marzo, julio y diciembre del 2000

#### 6.4. Patrones de asociación espacial

La distribución de las estaciones obtenidas mediante el análisis de conglomerados (cluster) permitió identificar una organización en tres subgrupos (fig. 15a) El primero contiene a las estaciones comprendidas en el transecto n1 y la estación talud-nerítica del transecto n3. Otro subgrupo conjunta a las estaciones n2 y n3 con una asociación de la estación del transecto n1el tercer grupo se compone principalmente de estaciones de los transectos n6 y n7 junto con las estaciones neríticas de los transectos n2 y n3. Aparentemente, hay una diferenciación entre las estaciones del norte y del sur, sin embargo, en este muestreo no se consideró la información de los transectos n4 y n5 .

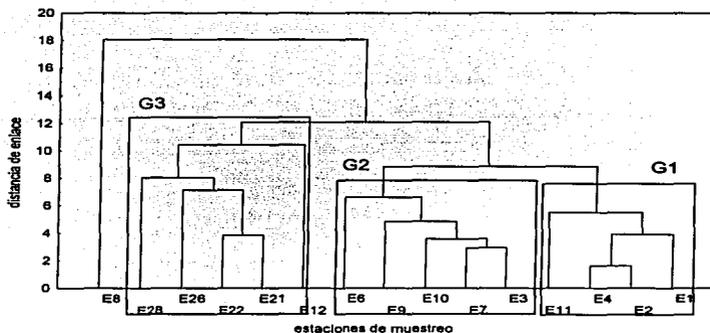


Fig. 15a.- Dendrograma de asociación entre las estaciones de muestreo como función del mes de muestreo. Marzo 2000. (Criterio de agrupación: abundancia total, método de enlace sencillo, distancia ponderada wpga)

La agrupación de las estaciones en julio muestra tres grupos y una estación independiente. Aquí no se observa alguna diferenciación entre estaciones de transectos en particular, sino que el criterio fue la abundancia encontrada, lo que sí se observa es que la variación en la proporción de langostillas explica la agrupación en el segundo subgrupo (fig. 15b) por lo cual puede ser considerado como el criterio de agrupación. En diciembre la distribución cambia y las estaciones se agrupan en un conglomerado central, que agrupa a las estaciones de los transectos n5 y n3, y algunas estaciones aisladas correspondientes al transecto n1. En este muestreo la abundancia decae y muchas estaciones no están representadas, por lo que el dendrograma resultante no tiene un patrón de agrupamiento definido (fig. 15 c).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

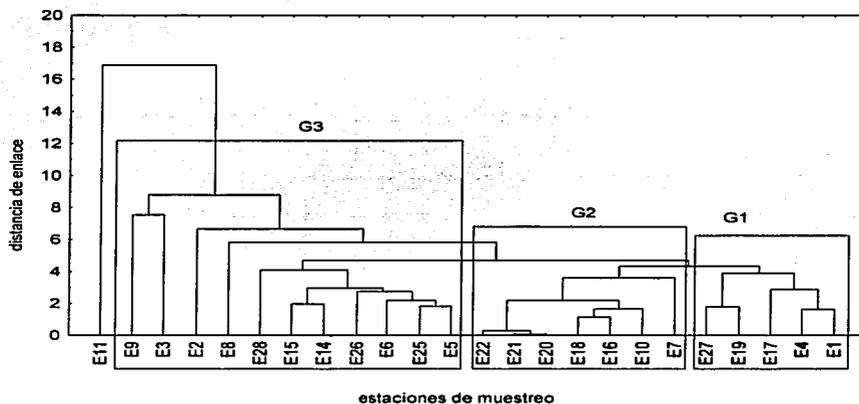


Fig. 15b.- Dendrograma de asociación entre las estaciones de muestreo como función del mes de muestreo. Julio 2000. (Criterio de agrupación: abundancia total, método de enlace sencillo, distancia ponderada wpga)

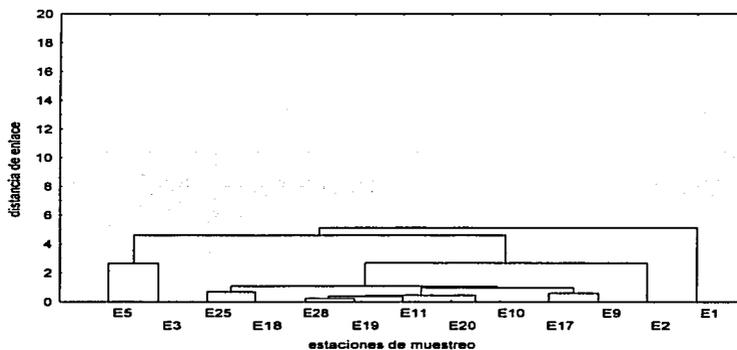


Fig. 15c.- Dendrograma de asociación entre las estaciones de muestreo como función del mes de muestreo. Julio 2000. (Criterio de agrupación: abundancia total, método de enlace sencillo, distancia ponderada wpga)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 6.5. Composición de los arrastres

La estimación de biomasa colectada mostró una dominancia de los eufáusidos en los cuatro transectos. Dentro de los meses, marzo tuvo la mayor abundancia, en especial los transectos n3 y n5 (fig. 16 b-c), en los transectos n1 y n7 la abundancia de todos los organismos fue baja, aunque en este último a representación de estos aumenta (fig. 16 a-d). El transecto n3 también tuvo un incremento de biomasa por grupos en diciembre.

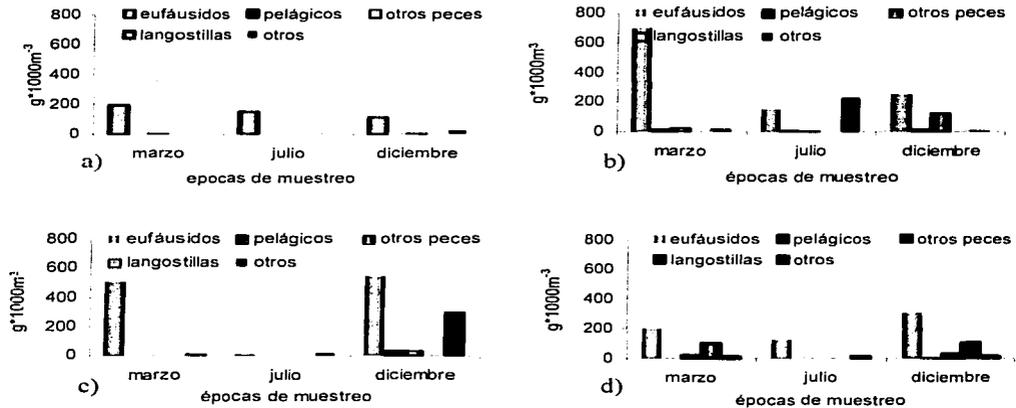


Fig. 16 a-d.- Valores de biomasa por mes/transecto de los principales grupos de organismos colectados con la red de media agua Isaacs-Kid (a: transecto n1; b: transecto n3; c: transecto n5 y d: transecto n7).

También fueron colectados otros ejemplares de peces, principalmente de las familias Porichthyidae y Myctophiidae, que en los tres muestreos realizan un aporte mayor que el grupo de pelágicos. Las langostillas fueron capturadas en el transecto 7 y solamente para marzo y diciembre, y su abundancia no sobrepasa a la de los eufáusidos. Los resultados de la composición de la captura, hacen viable asumir a este grupo como dominante en la zona de estudio, aunque los bajos datos de captura de pelágicos y langostillas no constituyen evidencia suficiente que permita realizar correlaciones válidas entre datos acústicos y datos biológicos. Con todo, siguen la misma tendencia de períodos de alta-media-baja abundancia en concordancia con el muestreo, por lo que, al menos en este sentido, sí permiten confirmar las tendencias establecidas con los datos

acústicos. Referente a las especies de eufáusidos. De Silva-Dávila *et al.* (2002) reportan que de entre las 25 especies de eufáusidos registradas en la zona *Nycthipanes simplex* es la especie dominante en biomasa y abundancia, por lo mismo juega un papel significativo en la red trófica de los ecosistemas neríticos de la región, y están asociados en grandes agregaciones con regiones de surgencia costera asociadas a prominencias topográficas como Punta Baja (una de las localidades del muestreo) y Punta Eugenia. Otros grupos característicos de las capas de dispersión, como salpas, doliólidos, e individuos juveniles de calamar también ocurren en las muestras de los transectos, pero con diferencias en función del transecto y período de muestreo. Para este grupo, la captura realizada en julio-norte 3 representó, en biomasa, el mayor valor.

#### 6.6 Composición de la ictiofauna

Un total de 18 especies y tres organismos determinados a nivel de familia fueron identificados en los arrastres. El número de especies presentes varía con la colecta, así como la relación presencia-ausencia, es decir, predominan especies que sólo se presentan en un período determinado aunque existen otras en los tres muestreos. Respecto a la abundancia y riqueza de la ictiofauna colectada, se reveló un patrón estacional común en el que diciembre tiene la mayor densidad relativa y composición por especies, marzo representa el siguiente en orden descendente, y julio es el menos representado (cuadro 5).

especies	marzo	julio	diciembre
<i>Triphoturus mexicanus</i> (Gilbert, 1890)	■	■	■
<i>Paralichthys californicus</i> (Ayres, 1859)	■	■	■
<i>Engraulis mordax</i> (Girard, 1854)	■	■	■
<i>Sardinops caeruleus</i> (Girard, 1854)	■	■	■
<i>Synodus evermanni</i> (Jordan y Bollman, 1890)	■	■	■
<i>Synodus lucioceps</i> (Ayres, 1855)	■	■	■
<i>Sygnathus californiensis</i> (Storer, 1855)	■	■	■
<i>Diplectrum labarum</i> (Rosenblatt y Johnson, 1974)	■	■	■
<i>Sebastes mcdonaldi</i> (Eigenmann y Beeson, 1893)	■	■	■
<i>Agonopsis sterletus</i> (Gilbert, 1898)	■	■	■
<i>Porichthys notatus</i> (Girard, 1854)	■	■	■
<i>Scyaciium latifrons</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	■	■	■
Fam. Myctophidae	■	■	■
fam. Carangidae	■	■	■
<i>Argentina sialis</i> (Gilbert, 1890)	■	■	■
Fam Scyanidae (juvenil)	■	■	■
<i>Leuresthes tenuis</i> (Ayres, 1860)	■	■	■
<i>Gymnothorax mordax</i> (Ayres, 1859)	■	■	■
<i>Ariosoma gilberti</i> (Ogilby, 1898)	■	■	■
<i>Peprilus snyderi</i> (Gilbert yStarks, 1904)	■	■	■

Cuadro 5.-Ictiofauna colectada en los muestreos de estudio.

La densidad de individuos por especie también experimentó variaciones estacionales (figs. 17 a-c). Para la abundancia estacional, diciembre domina con un valor máximo de densidad relativa de 0.18 ind-ha<sup>-1</sup>\*(10 min arrastre), marzo presenta una disminución de más del 50 %, con un valor máximo de 0.052 ind-ha<sup>-1</sup>\*(10 min. arrastre) y finalmente julio registra valores de sólo 0.035 ind-ha<sup>-1</sup>-10 \*(10 min arrastre). La variación estacional de la talla de las especies colectadas no presentó la misma tendencia que para las otras dos variables, ya que en marzo la longitud patrón obtenida para cinco de las doce especies superó los 50 mm (valor de referencia) y para diciembre nueve de las quince especies superaron este valor. Para julio sólo una excedió este valor.

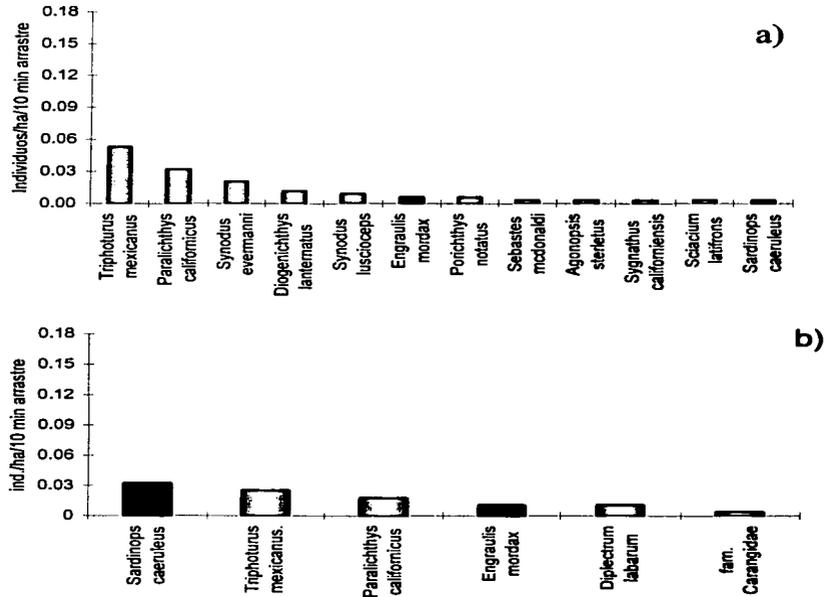


Fig. 17 a-b. Densidad relativa para la ictiofauna colectada en a) marzo y b) julio del 2000.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

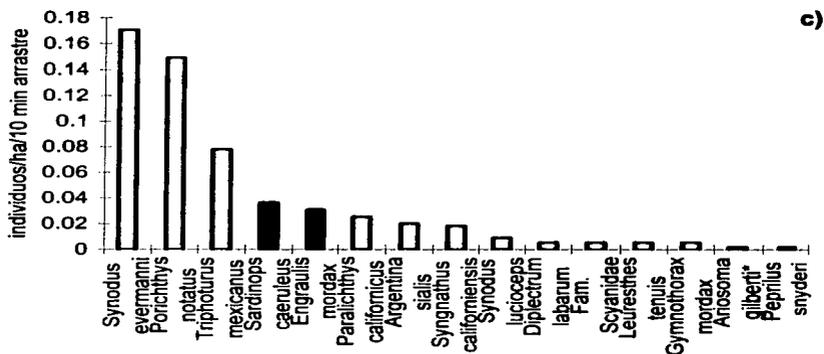


Fig. 17 c. Densidad relativa para la ictiofauna colectada en diciembre del 2000.

Las mayores variaciones en la talla por especie fueron encontradas para *Engraulis mordax*, *Sardinops caeruleus* y *Syngnathus californiensis*, para estas especies los individuos de mayor talla se encontraron en marzo, y diciembre (fig. 18). Con respecto a porcentajes de composición, diciembre tiene el valor más alto de las especies presentes, en tanto que las especies residentes tienen un valor comparativamente bajo con respecto a aquellas encontradas en marzo y/o diciembre, el porcentaje de especies compartidas por al menos dos meses, es más bajo en el período julio-diciembre, que en el de marzo-diciembre (fig. 19) aunque quizá pueda deberse a la estrategia de muestreo ya que se ha reportado que especies como *Syngnathus californiensis*, colectado para el estudio sólo en marzo y diciembre, está presente en la región durante todo el año.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

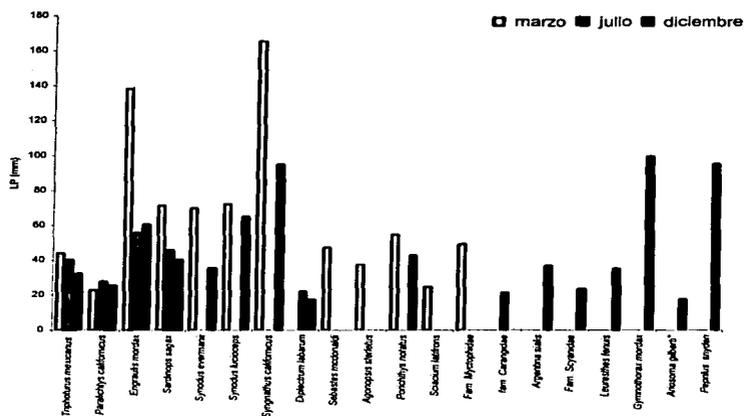


Fig. 18.- Variación estacional de la longitud patrón para la ictiofauna colectada.

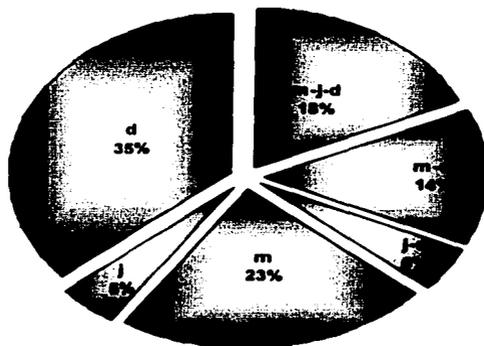


Fig. 19.- Porcentaje de especies encontradas por mes o meses conjuntos (m: marzo, j; julio, d: diciembre).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Debe mencionarse que muchos de los ejemplares capturados se encontraban en etapas de desarrollo correspondientes a larvas y juveniles, Particularmente *Synodus evermanni*, y pocos individuos pre y adultos como *Engraulis mordax*, *Synodus lucioceps*, y *Argentina sialis*. Debido a esto, en el caso de algunos ejemplares no fue posible identificarlos hasta especie.

A diferencia de los patrones de abundancia estacional, la contribución en porcentaje de las especies para cada período, se encontró que las especies de interés para este estudio (*Sardinops caeruleus* y *Engraulis mordax*) tuvieron una contribución relativamente baja, del total de individuos colectados en marzo (n= 52) estas especies sólo aportan el 6% por ciento, las especies más abundantes fueron *Triphoturus mexicanus*. y *Paralichthys californicus*, que juntas aportan más del 50 % de la colecta (fig. 20a). En julio *Sardinops caeruleus* constituye la especie mejor representada (32.1 %) pero tanto el número de individuos como de especies ícticas fue bajo (6 sp y n= 28) (fig. 20b), para diciembre *Triphoturus mexicanus*, *Porichthys notatus* y *Synodus evermanni* fueron las especies dominantes en los arrastres (más del 70 % ). *Engraulis mordax* tiene una presencia ligeramente mayor que *Sardinops caeruleus* (7 %) y ambas especies están mejor representadas que en marzo y julio (fig. 20c).

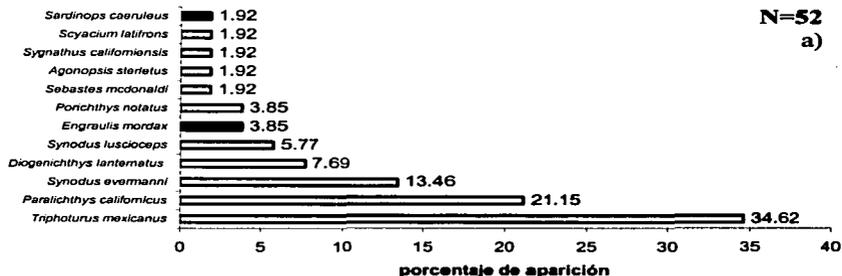
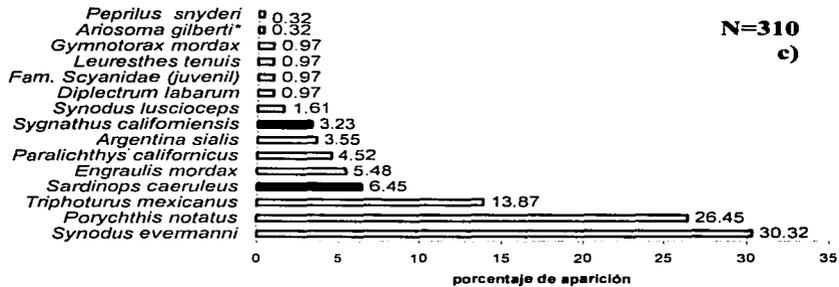
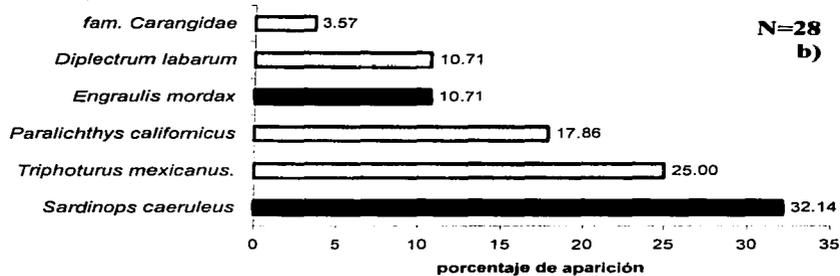


Fig. 20 a-c.- Contribución en porcentaje de las especies colectadas en a) marzo, b) julio y c) diciembre del 2000.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



El hábitat y estrategia de vida también fueron caracterizados a partir de los datos de los arrastres, La figura 21 muestra el número de especies de aguas procedentes de aguas tropicales y subtropicales por mes de colecta. En la figura 21 a se observa que en todos los casos el número de especies subtropicales predomina, hecho natural si se considera la naturaleza biogeográfica de la zona. Sin embargo, en diciembre y en menor medida marzo, aumenta tanto el número total de especies como el de las especies tropicales (*Synodus evermanni*, *Diplectrum labarum*, *Syngnathus californiensis*, *Ariosoma gilberti* y *Peprilus snyderi*) y disminuye en julio a un sólo registro (*Diplectrum labarum*). Precisamente la especie que más contribuye en el número de individuos es *Synodus evermanni*, una especie tropical. Lo anterior puede indicar una modificación en el patrón de especies de la zona de estudio, coincidente con un cambio en la oceanografía. Otro aspecto importante es el hábitat, ya que de las 18 especies identificadas (excluyendo los individuos a los que sólo se llegó a familia) 11 desarrollan hábitos demersales, y dos asociadas a arrecifes; en tanto que sólo se encontraron dos netamente pelágicas y dos de aguas profundas. Esto tiene un

importante significado en la discusión sobre la utilidad del arte de pesca empleado (fig. 21b).

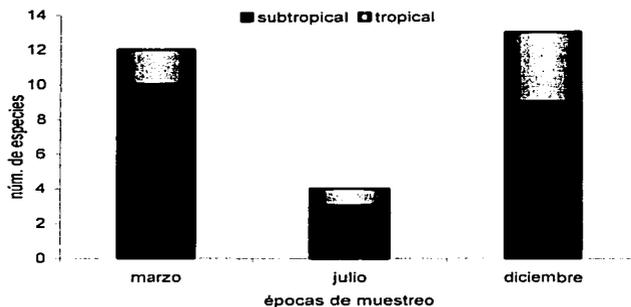


Fig. 21 a.- Proporción de especies tropicales-subtropicales encontradas en las colectas de estudio.

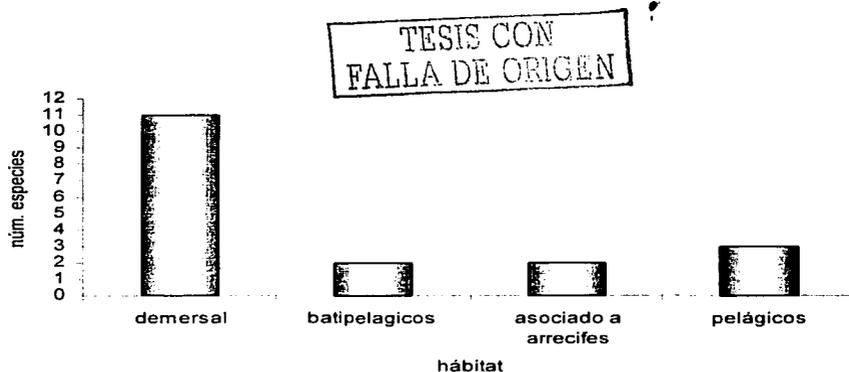


Fig. 21b.- Distribución de las especies colectadas en los tres meses de estudio en función del hábitat.

También se encontraron diferencias en la distribución por tallas de los pelágicos menores, langostillas y eufáusidos. Para *Sardinops caeruleus* solo se encontró un individuo en marzo, por lo que no fue posible determinar esta variación. En Julio el intervalo de variación por tallas fue

restringido a una variación de 7 mm, con la mayoría de las observaciones ubicadas en un intervalo de tallas entre 42 y 45 mm y en diciembre se encontró una ampliación de este en el que se abarcaron tallas desde 15 hasta 75mm, dentro de este las tallas más representadas se situaron entre los 30 y los 45 mm (fig. 22 a-c).

*Engraulis mordax* tuvo poca incidencia en los muestreos de marzo, en donde sólo se encontraron dos individuos, aunque de longitudes diferentes, y julio en el que también hubo pocos datos; y estos ubicados en tallas moderadas (figs. 23 a-b), en diciembre hubo más representatividad en individuos, y más del 60 % se encontró en tallas de entre 55 a 80 mm longitud patrón. Finalmente, la estructura de tallas de los eufáusidos indicó la presencia de tres distribuciones por período. Marzo tiene el mayor espectro de tallas que va de observaciones menores a 7.53 mm a 26.6 como máximo, semejante a una curva de distribución platicúrtica. En julio el comportamiento es similar, pero con menores observaciones y en diciembre el espectro dinámico de tallas se contrae y semeja una distribución leptocúrtica, con el mayor número de observaciones entre los 11 y 15 mm (fig. 24 a-c)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

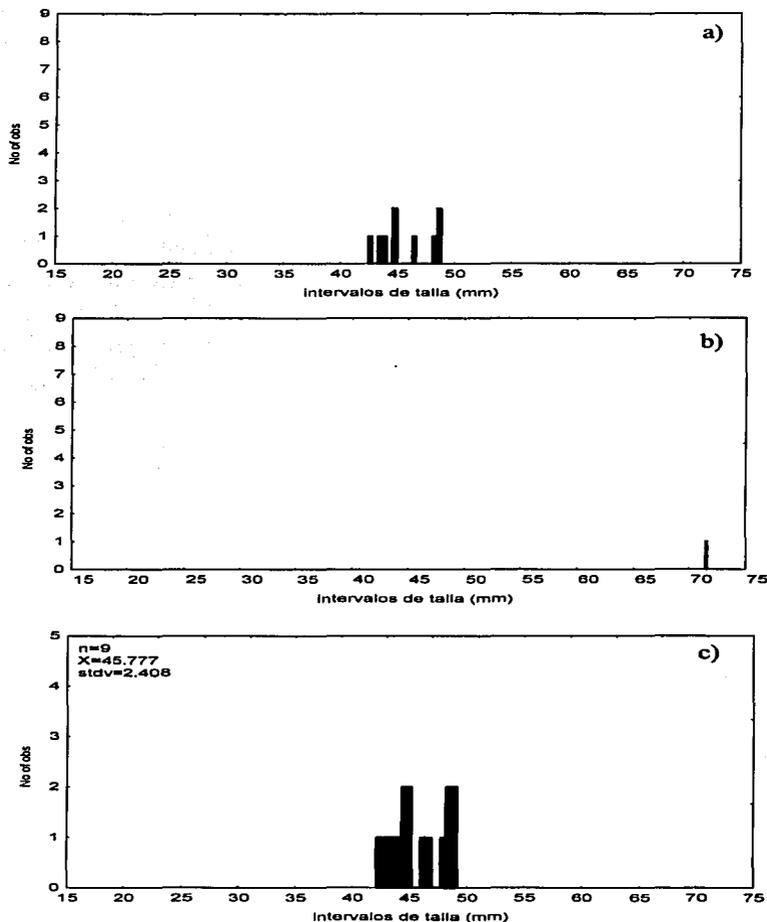


Fig. 22.- Distribución de tallas para *Sardinops caeruleus* por mes de muestreo  
a): marzo, b) julio, c) diciembre

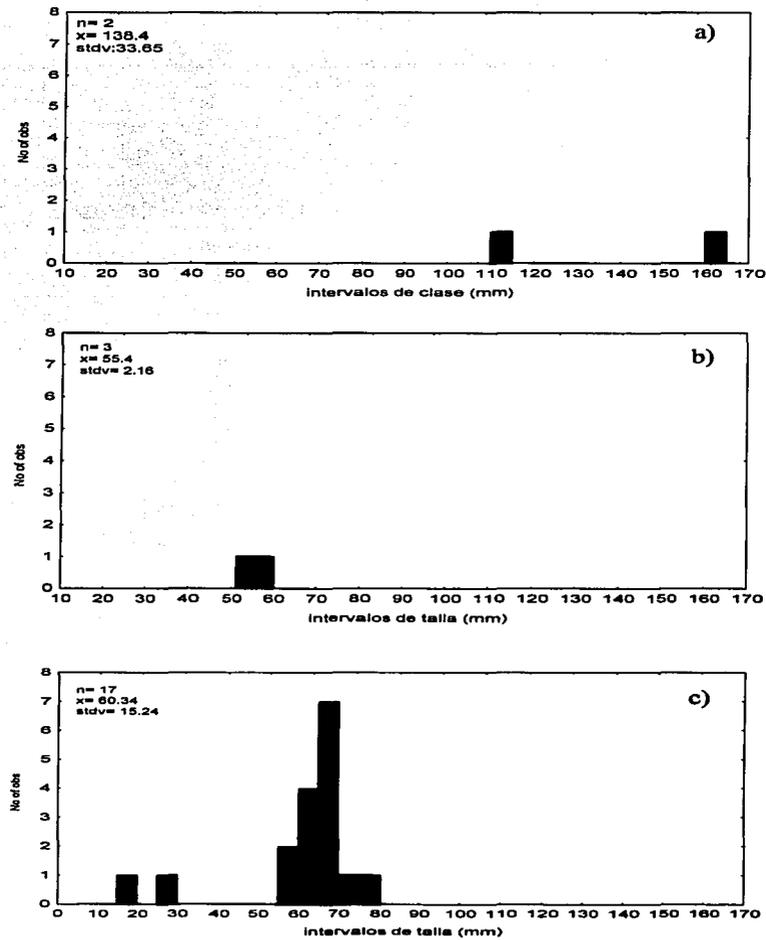


Fig. 23 a-c.- Distribución de *Engraulis mordax* por mes de muestreo. a) marzo; b) julio; c) diciembre.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

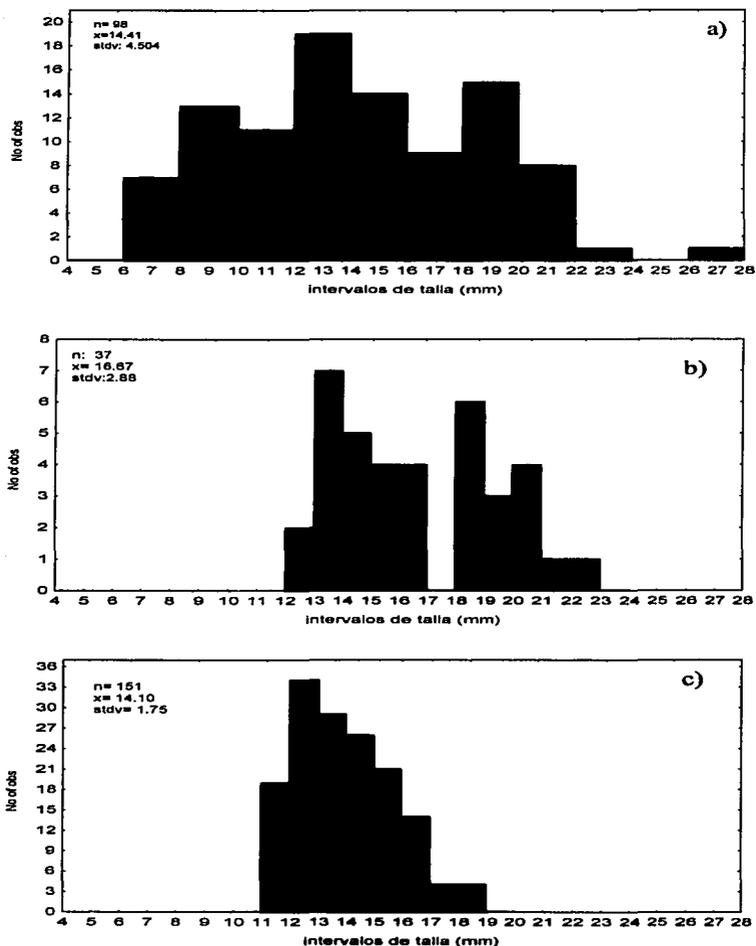


Fig. 24.- Distribución de tallas para el grupo de eufáusidos por mes de muestreo a) marzo; b) julio , c) diciembre.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

## 6.7 Hidrografía

### 6.7.1. Relación con variables ambientales

Las pruebas de análisis canónico efectuadas sobre los datos de cada época revelaron el efecto de diferentes variables sobre los organismos en función de cada mes de muestreo. El parámetro de correlación general correspondiente a marzo fue de 0.78, este valor representa un buen indicador de la relación entre las variables ambientales con los grupos biológicos considerados. El valor de significatividad de "p" es inferior al valor crítico por lo que al menos una de las combinaciones lineales obtenidas en la correlación es estadísticamente significativa (cuadro 6a). Al comparar las correlaciones generales, se encontró que el oxígeno y la estabilidad vertical fueron las variables más significativas al asociarse a las variaciones en la abundancia de eufáusidos, pelágicos menores y langostillas respectivamente. La relación encontrada es de tipo positivo y si bien los valores de correlación son bajos, son mayores si se compara con julio, pero significativos en todo caso (cuadro 6b).

Cuadro 6a.- Parámetros generales de las pruebas de correlación canónica biótico-ambiental, marzo 2000

CATEGORÍA	VALOR
Coefficiente de correlación general	0.7858
Valor de p	0.0001
Redundancia total	24.21%

Cuadro 6b.- Valores de correlación obtenidos para los tres grupos de estudio como función de las variables ambientales, marzo 2000

GRUPO	TEMPERATURA	SALINIDAD	OXIGENO	CLOROFILA	ESTABILIDAD
eufáusidos	0.355	-0.420	<b>0.434</b>	0.319	-0.215
langostillas	0.148	-0.173	0.136	-0.07	<b>-0.320</b>
pelágicos	0.303	-0.180	<b>0.396</b>	0.056	-0.275

Se encontró cierto nivel de interdependencia entre las variables, reflejada en los valores de redundancia (cuadro 6c). Sin embargo, el porcentaje alcanzado para este estimador pudo haberse afectado por la colinealidad entre los datos de abundancia de los grupos biológicos. Al observar los valores de correlación se encontró que la comparación de los valores de  $r$ ,  $r^2$  y nivel de probabilidad sobre la relación del oxígeno resultó en valores relativamente bajos de  $r$ , pero con niveles de probabilidad significativos (cuadro 6d).

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Cuadro 6c. Valores de redundancia para las raíces canónicas obtenidas

<b>Raíz determinada</b>	<b>Varianza extraída</b>	<b>Redundancia</b>
1	0.2667	0.1644
2	0.1673	0.0472
3	0.2683	0.0304

Los eufáusidos y los peces tuvieron la mayor correlación en tanto que para las langostillas la variable crítica fue la estabilidad vertical, para esta variable, la relación es de tipo negativo y similar a las anteriores en lo que respecta a magnitud (figs. 25 a-c).

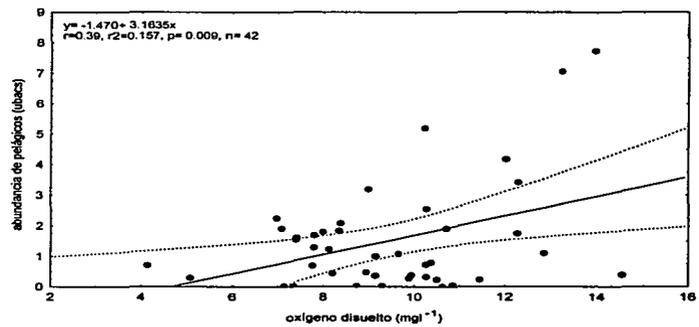
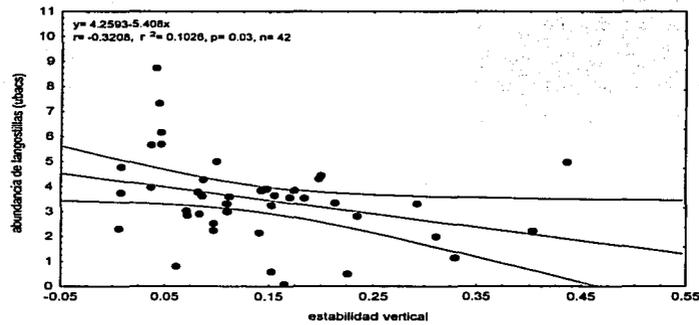
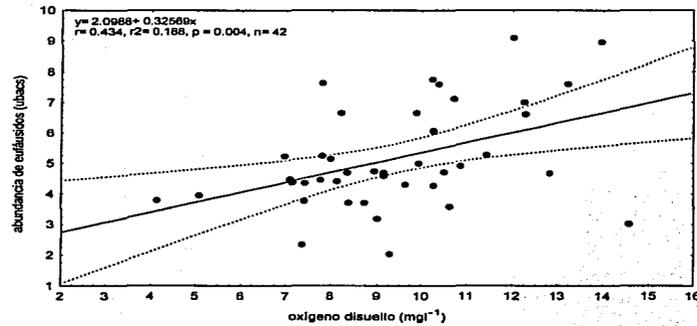
Cuadro 6d.- Valores de correlación individual.

<b>Categoría</b>	<b>r</b>	<b>r<sup>2</sup></b>	<b>p-level</b>
oxígeno vs eufáusidos	0.55	0.31	0.0001
oxígeno vs pelágicos	0.46	0.21	0.002
estabilidad vs langostillas	-0.36	0.13	0.01

Tres raíces se obtuvieron de la agrupación de las variables (cuadro 6e). La primera de estas incluye a la temperatura, salinidad y concentración de oxígeno, y tiene un mayor peso en la varianza explicada dentro de la distribución de factores con dos terceras partes de la proporción total, la siguiente raíz canónica determinada se constituye por la clorofila y la estabilidad vertical, la proporción de varianza explicada disminuye con respecto a la primera raíz, pero aun aporta un porcentaje significativo de esta y juntas explican el 90 % de la varianza común; por lo cual se considera que ambas raíces conforman una estructura de factores robusta para explicar la asociación de variables-organismos.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

MAR 21 1987  
LIBRERIA DE LA UNAM



Modelos de regresión lineal obtenidos para los valores significativos de correlación canónica. Marzo 2000

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 6e.- Aporte de las variables ambientales a las raíces canónicas obtenidas.

VARIABLE	RAIZ 1	RAIZ 2	RAIZ 3
TEMPERATURA	-0.826	-1.1288	-0.036
SALINIDAD	-0.8205	-1.5359	0.0132
OXÍGENO	-0.8066	-0.2532	0.2802
CLOROFILA	-0.3677	-0.5071	-0.3848
ESTABILIDAD	-0.2436	-0.5061	-0.7964

La estructura de variables críticas cambia para el mes de julio, en este muestreo el valor de correlación general disminuye, lo mismo que los valores de  $p$  y de redundancia (cuadro 7a). Los valores de correlación por variable también disminuyen, el valor más alto se encontró en la relación de abundancia de pelágicos como función de la variación de la temperatura, pero los valores de  $r^2$  señalan que el porcentaje de varianza explicado es muy bajo, por lo cual, aunque estadísticamente el valor de  $p$ -level es inferior a 0.05 y en consecuencia significativo, no se consideró como tal. En orden de descendencia la clorofila fue la siguiente variable y afectó la distribución de eufáusidos y langostillas (cuadro 7b).

Cuadro 7a.- Parámetros generales de las pruebas de correlación canónica sobre la matriz biótico-ambiental, julio 2000

CATEGORÍA	VALOR
Coefficiente de correlación general	0.62
Valor de $p$	0.056
Redundancia total	13.03

Cuadro 7b.- Valores de correlación canónica obtenidos para los tres grupos de estudio como función de las variables ambientales. julio 2000.

CATEGORIAS	temperatura	salinidad	oxígeno	clorofila	estabilidad
eufáusidos	-0.03	0.00	-0.12	<b>0.24</b>	-0.05
langostillas	0.07	-0.01	0.03	<b>0.18</b>	-0.03
pelágicos	<b>0.33</b>	-0.04	0.23	0.01	-0.03

Los eigenvalores no explican un porcentaje significativo de la varianza. La estructura de factores agrupa en la primera raíz a la temperatura y la salinidad. La segunda raíz comprende a la clorofila y la estabilidad, pero tampoco contribuye significativamente a la varianza explicada, Los bajos valores de redundancia confirman la independencia de las variables al analizar separadamente cada par de variables correlacionadas, en los otros casos los valores de  $r$  y  $p$  no son significativos. Para diciembre no se efectuó

esta prueba debido a la baja cantidad de datos, sin embargo, al graficar la abundancia de eufáusidos vs temperatura sí se observa cierta tendencia.

En términos generales, se puede afirmar que la distribución de los grupos de estudio es afectada por diferentes variables en cada mes de muestreo, y que el único efecto apreciable se encuentra en la relación concentración de oxígeno disuelto-abundancia de eufáusidos, por lo tanto, es factible asumir que el comportamiento estuvo asociado a una dinámica estacional en la que cada grupo tuvo una respuesta particular a determinadas variables. Para el efecto del esfuerzo de viento, surgencias y la capa de mezcla sobre la variación estacional de los eufáusidos, langostillas y pelágicos solamente se encontraron relaciones significativas entre la abundancia de peces con el esfuerzo de viento en julio y en la abundancia de eufáusidos vs esta misma variable en diciembre, por lo que no se puede concluir algún efecto importante de este en la abundancia.(cuadro 8).

Cuadro 8.- Valores de correlación obtenidos para la asociación de los grupos biológicos-como función del esfuerzo de viento.

mes	categoria	R	r <sup>2</sup>	p-level
	eufáusidos	-0.13	0.01	0.65
marzo	langostillas	-0.02	0.00	0.92
	pelágicos	0.18	0.03	0.52
	eufáusidos	-0.21	0.04	0.31
julio	langostillas	-0.37	0.14	0.07
	pelágicos	<b>-0.40</b>	<b>0.16</b>	<b>0.05</b>
	eufáusidos	<b>-0.72</b>	<b>0.52</b>	<b>0.005</b>
diciembre	langostillas	-0.42	0.17	0.15
	pelágicos	-0.39	0.15	0.18

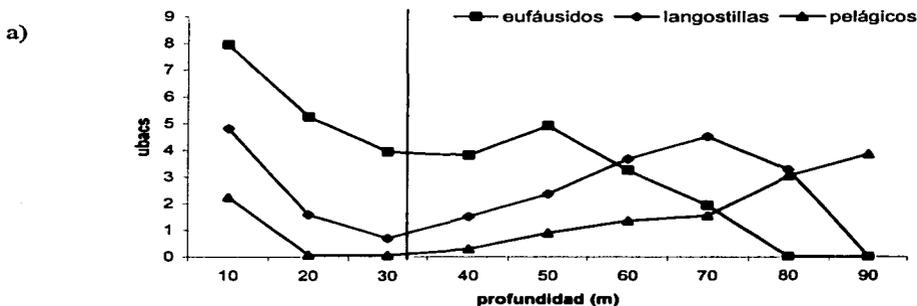
#### 6.8 Distribución vertical

Se caracterizó la abundancia vertical de los pelágicos, langostillas y eufáusidos como función de la capa de mezcla para las estaciones de muestreo en las tres meses estudiados. Del conjunto de figuras (46 en total) se eligieron los más representativos de cada mes a acompañados de una descripción del comportamiento general.

**Marzo.** En esta época hubo estaciones que tuvieron más individuos, generalmente de langostillas y pelágicos en función de la profundidad así como estaciones que no aportaron datos relativamente confiables. Los valores de abundancia más altos provienen de los transectos n1 y n4 (fig. 26a)

**Julio.** Fue el mes más activo ambientalmente y eso se refleja en la relación de la capa de mezcla con los perfiles verticales de densidad. Prácticamente, en todas las estaciones se encontró que para los datos de esta época, la cantidad de individuos es prácticamente cero por encima de la capa y aumenta aproximadamente a partir de los cuarenta metros, por abajo de esta. En esta época los transectos n3 y n5 aportan la mayor abundancia, (fig. 26b), pero siempre en estratos profundos. En esta época es donde las surgencias fueron mas intensas y la profundidad de mezcla mayor.

**Diciembre.** No se encontró una relación clara, ya que la abundancia decae a cero desde los primeros 20m en las estaciones, salvo en dos puntos en los transectos n5 (e2) y n7 (e3). La profundidad de mezcla tampoco parece haber influido (fig. 26 c).



m1e3

Fig. 26a.- Distribución vertical de pelágicos menores, langostillas y eufáusidos en la región de estudio como función de la profundidad de mezcla para marzo del 2000.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

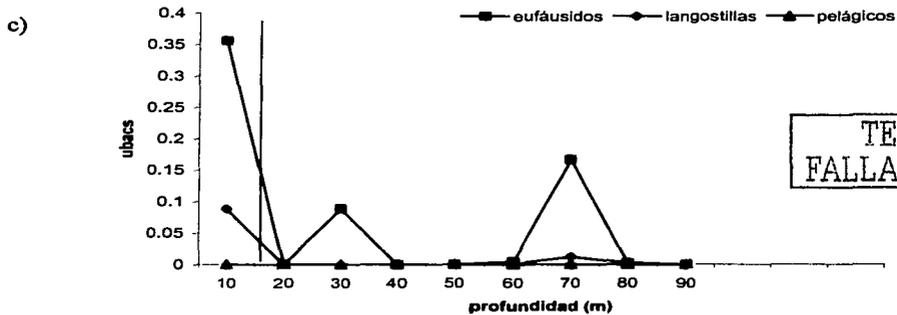
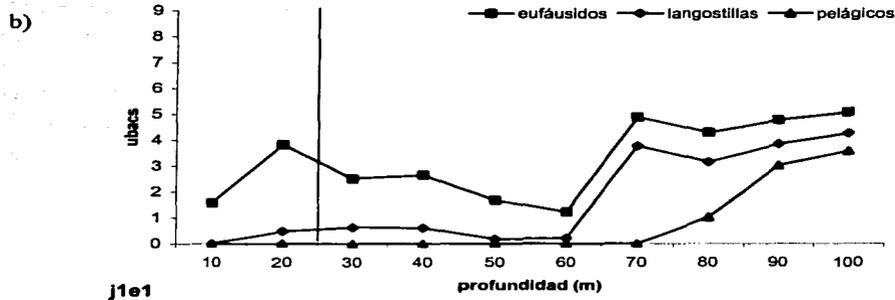


Fig. 26 b-c.- Distribución vertical de pelágicos menores , langostillas y eupháusidos en la región de estudio como función de la profundidad de mezcla para a) marzo, b) julio y c) diciembre del 2000.

## 6.9 Variables oceanográficas

### Comportamiento general

Las variabilidades estacionales de las variables consideradas en este estudio son representados en las figuras 27 a-d y 28 a-d. Los datos provienen de muestreos a 10 m de profundidad y conjuntan todas las estaciones en un continuo con el propósito de estimar y comparar la variabilidad en función del mes.

Las figs. 27 a-d muestran las oscilaciones en temperatura, salinidad,  $\sigma_t$  y oxígeno disuelto. En el primer caso se observan tres comportamientos diferenciados, para marzo (fig. 27a) la temperatura es

relativamente estable, con aumento en las últimas estaciones, que se ubican en el transecto mas sureño, para julio se invierte, y son las estaciones de los primeros transectos las de temperaturas más altas y los transectos más al sur como las más frías, y para diciembre vuelve a aumentar la temperatura, pero ahora de manera sostenida en el plan de estaciones. Las anomalías respectivas en cada mes son principalmente negativas (marzo) con los mayores valores en las estaciones 1 a 9, en julio hay alternancia de sentidos y en diciembre son positivas en alta proporción. La salinidad es más estable (fig. 27 b) salvo en la porción sur, en diciembre se incrementa, como se observa en las anomalías. Sigma-t fue relativamente estable, con la excepción de julio, en concordancia con las anomalías correspondientes (fig. 27 c). Se considera que este fue un mes ambientalmente estable, con pocas variaciones en los datos, especialmente comparada con julio. Una variable representa la excepción, y es el oxígeno, en la que hay una tendencia descendente a través de los meses, con la mayor concentración en marzo, para disminuir en julio y diciembre, con fuertes anomalías positivas en los dos primeros, y negativas en la tercera (fig. 27 d).

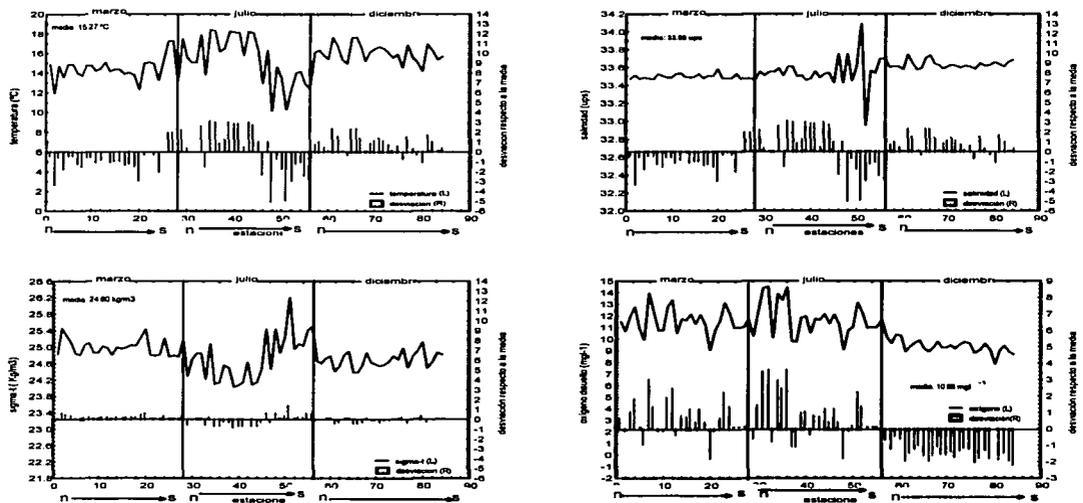


Fig. 27 a.-d.- Perfiles de las variables ambientales caracterizadas a 10 metros de profundidad en los meses y estaciones de muestreo (a temperatura,; b) salinidad, c) sigma-t, d) oxígeno disuelto).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La velocidad de viento tuvo un importante incremento en julio y períodos de relajación en marzo, y diciembre. En este mes, las anomalías fueron fuertemente negativas, en tanto que para marzo fueron también negativas, pero de una magnitud menor (fig. 28 a). Acorde con esta variable, la profundidad de mezcla fue ligeramente mayor en julio que en marzo y disminuyó en diciembre (fig. 28 b); el índice de surgencias tuvo una estimación similar a las dos variables anteriores, aunque si tuvo los valores de desviación mas intensos (fig. 28 c). Comparado con estos, la clorofila fue mucho más estable, en marzo las estaciones de los transectos n1 a n5 tuvieron valores en general altos, para julio y diciembre se estabilizó alrededor de un estrecho intervalo de variación ( $1.6\text{-}2.0\text{ mg l}^{-1}$ ) con una excepción en la estación n5c2, en donde la concentración del pigmento es muy cercana a cero. Para estos la variación fue mínima (fig. 28 d).

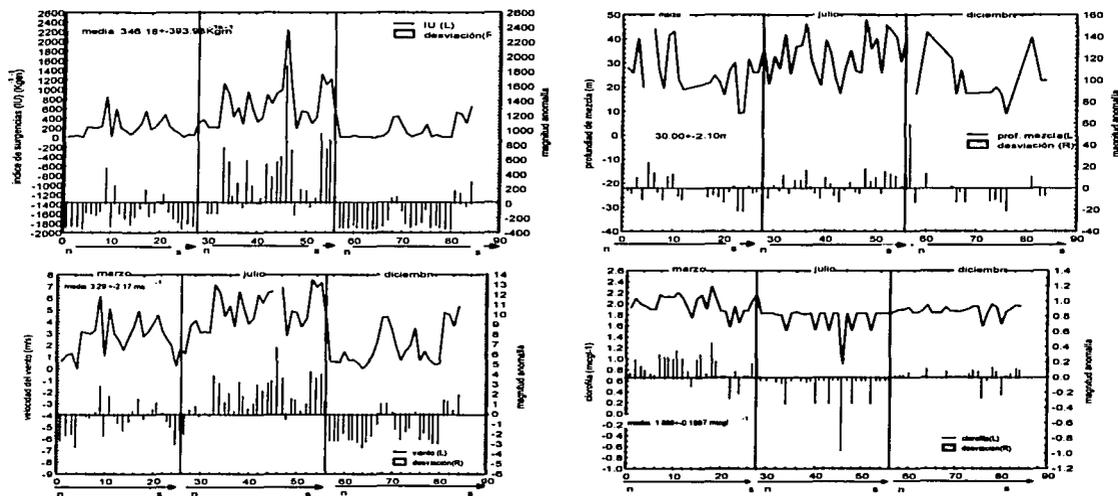


Fig. 28 a-d.- Perfiles de las variables ambientales caracterizadas a 10 metros de profundidad en los meses y estaciones de muestreo (a: surgencias; b) prof. mezcla, c: velocidad de viento d) clorofila).

A través del análisis de estas gráficas se puede señalar la existencia de un centro de surgencias en los transectos n5 y n6 en julio, diferenciado a través de los cambios en temperatura, sigma-t, índice de surgencias y profundidad de mezcla, es interesante observar que la clorofila no tuvo una relación directa

con la intensidad de surgencias, ya que el mes donde se reportaron mayores concentraciones (marzo) no tuvo valores altos de este índice.

#### 6.9.1- Diagramas T-S.

No obstante que los diagramas T-S se usan para caracterizar masas de agua en zonas profundas se muestra la representación del comportamiento de la temperatura y la salinidad de 5 a 200 m en marzo, julio y diciembre se observa una curva en la que se pueden distinguir dos zonas. La primera con aguas de baja salinidad delimitadas por la isoterma de los doce grados, manteniendo una salinidad relativamente estable de 33.5. A partir de este valor, se produce un cambio importante, en la que se conjunta una disminución importante de la temperatura ( $\sim 3.5$  °C.) y un aumento marcado de la salinidad (0.5-0.8), los cambios en la curva revelan información acerca de la composición de masas de agua con propiedades diferentes; una cálida y relativamente homogénea en cuanto a salinidad, y otra mucho mas fría y salina (fig. 29 a-c).

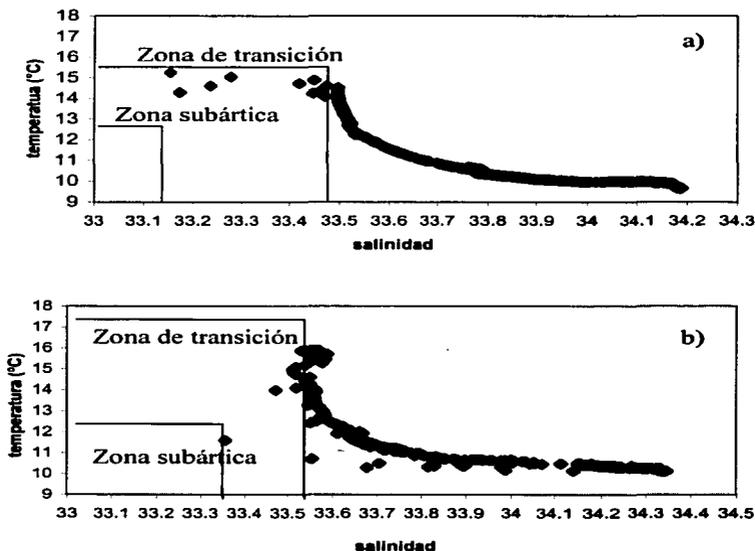


Fig. 29 a-b.- Diagramas T-S obtenidos en las estaciones de muestreo para los tres meses de muestreo. (a: marzo, b: julio del 2000).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

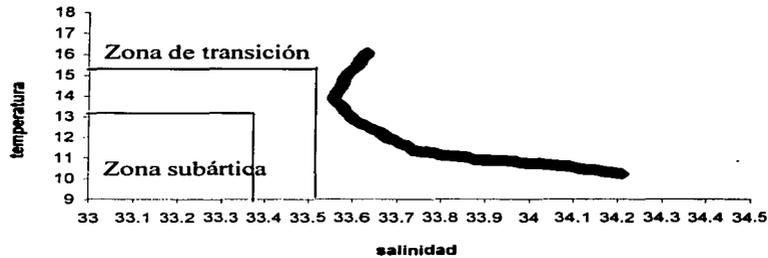


Fig. 29 a-c.- Diagramas T-S obtenidos en las estaciones de muestreo para los tres meses de muestreo. (a: marzo, b: julio, c: diciembre).

Es de notar que las gráficas de marzo y julio mantienen pendientes similares, lo que revela una homogeneidad en las propiedades de la columna al menos hasta esa profundidad de muestreo, salvo algunos puntos que se desfazan del grupo central de datos, esto puede ser explicado por la existencia de surgencias costeras más fuertes, que se reflejan en el valor de los índices de Bakun. Contrario a esto, la curva de diciembre presenta una coherencia extrema de los datos, hecho que resalta una alta homogeneidad y pobre mezcla de las masas de agua. En esta misma gráfica, se observa cómo en la porción superior hay una disminución de la salinidad y la temperatura y en los 14°C grados se invierte fuertemente. Se encontró un comportamiento ascendente de aguas más frías y profundas (marzo), a aguas templadas (julio) y en diciembre a aguas cálidas y más superficiales y si la presencia de agua fría es cada vez más superficial de acuerdo con la época, entonces cabe proponer que hay una intrusión de la masa de agua subsuperficial que coincide con periodos de debilitamiento de la velocidad de la corriente de California.

#### 6.9.2.- Perfiles horizontales

##### Temperatura

La temperatura en marzo muestra una importante estratificación y la presencia de un centro de surgencia a 10 y 25 m de profundidad. A nivel latitudinal se observa una mayor temperatura en dirección norte-sur en los primeros 10 m, con los transectos 6 y 7 con la mayor temperatura, la isoterma dominante es aproximadamente de 14°C, si bien en la región del talud y oceánica del transecto 1 y en el transecto 5 las isotermas son de 11 a 12°C. En este último transecto se observa una marcada diferencia de temperaturas entre la región nerítica y la oceánica, con una mayor temperatura en esta. A 25 m se observa una menor temperatura de las regiones costeras hacia mar abierto con la excepción de los transectos 6 y 7, los cuales

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

se mantienen con agua cálida. Esta tendencia se enfatiza en el transecto 2, aunque no se manifiesta en la superficie. También se puede encontrar la presencia de un núcleo de agua fría en la porción del talud del transecto 1. Los transectos 2 y 5 muestran una disminución en la temperatura. A 50 m la isoterma de los 12 °C domina toda la zona, aunque persiste la presencia de agua cálida en la porción del talud de los transectos 6 y 7 por toda la zona (fig. 30 a-c).

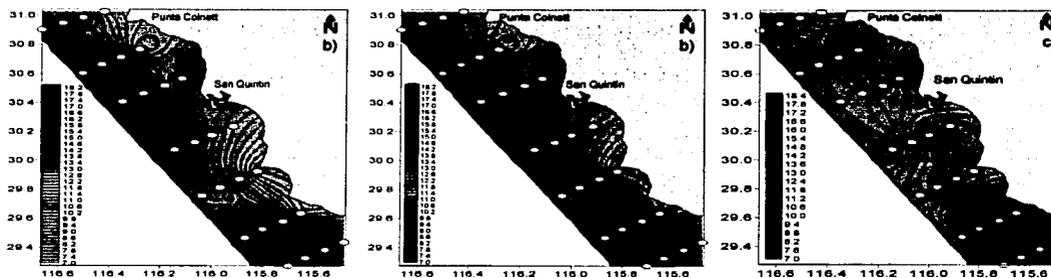


Fig. 30 a-c.- Perfiles horizontales de temperatura en la zona de muestreo. Marzo 2000  
a): 10m, b): 25m c) 50m.

En el mes de julio y a 10 m de profundidad la temperatura es mayor a la isoterma de los 15° C, con excepción de una región de agua fría entre los transectos 4 y 6, ya observada en el muestreo de marzo. A diferencia de este mes, la extensión y magnitud para julio es mayor y persiste hasta a los 25 m. A su vez, hay un desplazamiento del núcleo de agua fría encontrado en la región del talud del transecto n1 al talud del transecto n2 aunque de menor magnitud. Ambas zonas se hacen más evidentes a los 25 m y finalmente a los 50 m la temperatura es uniformemente fría en comparación con el estrato superior (fig. 31a-c). En contraste con los meses anteriores, diciembre es un mes cálido. La temperatura es en general elevada en los siete transectos, con la isoterma de los 17 °C delimitando a los mismos. En los transectos 2, 5 y 6 sigue presentándose la diferencia de temperaturas, pero con menor intensidad y a los 50 m el agua es fría en todas las zonas de muestreo (T= 14 °C, fig. 32 a-c)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

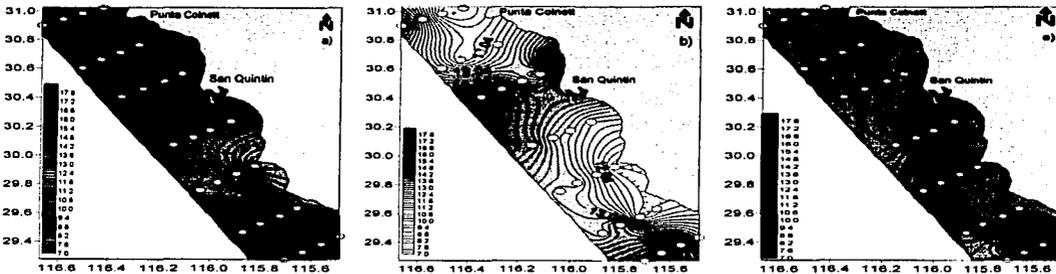


Fig. 31 a-c.- Perfiles horizontales de temperatura en la zona de muestreo. Julio 2000

a): 10m, b): 25m c) 50m.

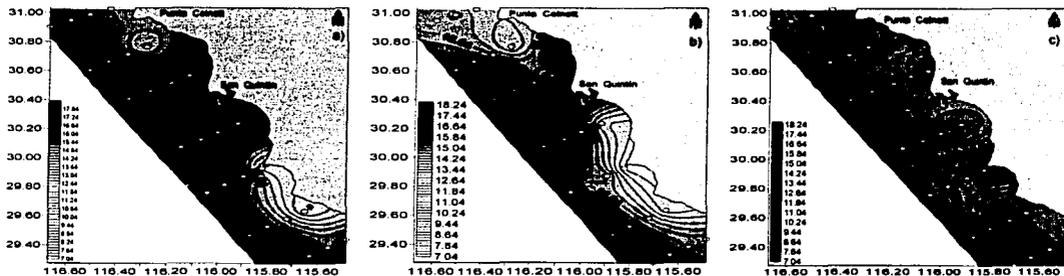


Fig. 32 a-c.- Perfiles horizontales de temperatura en la zona de muestreo. Diciembre 2000

a): 10m, b): 25m c) 50m.

### Salinidad

La salinidad muestra regiones de alta y baja concentración que complementan las descritas para temperatura. En marzo se identificaron dos zonas con un valor de salinidad de 34.15 ups en la región nerítica de los transectos 3 y 5. Estas zonas se hacen más intensas a medida que se incrementa la profundidad (fig. 33 a-c). Para julio la salinidad es menor, y los gradientes se pierden en el perfil hecho a los 25 m. En el estrato inferior, se pueden observar ambas zonas, desplazadas hacia los transectos 2 y 6 (fig. 34 a-c). En diciembre la tendencia de esta variable es restringirse al transecto 3 en su porción oceánica y al transecto 7. A 25 m todavía se detecta esta zona, y comienzan a diferenciarse otras regiones en los transectos 4 y 5, identificables a 50 m. La distribución de las isohalinas no es regular, los mayores valores se pueden encontrar entre los 10 y los 25 m (fig. 35 a-c).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

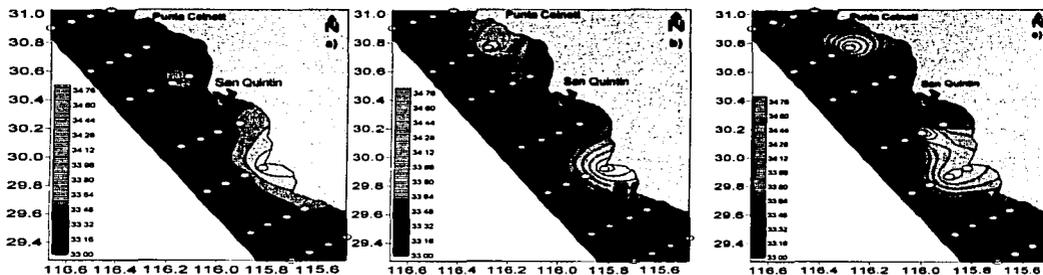


Fig. 33 a-c.- Perfiles horizontales de salinidad en la zona de muestreo. Marzo 2000

a) 10m, b) 25m c) 50m.

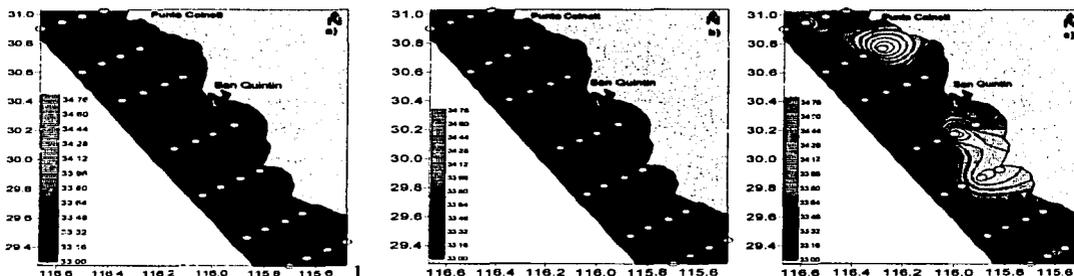


Fig. 34 a-c.- Perfiles horizontales de salinidad en la zona de muestreo. Julio 2000

a) 10m, b) 25m c) 50m.

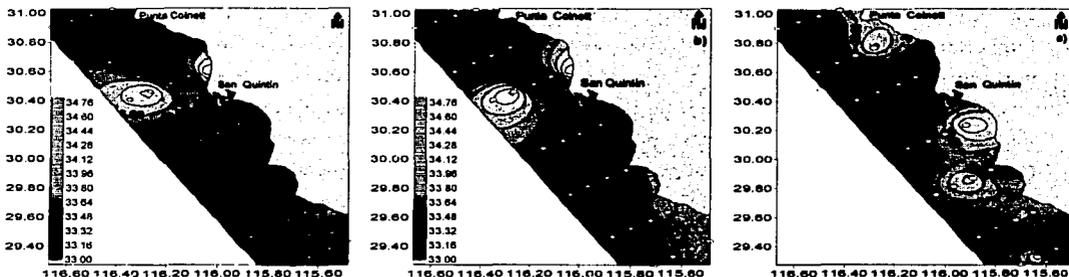


Fig. 35 a-c.- Perfiles horizontales de salinidad en la zona de muestreo. Diciembre 2000

a) 10m, b) 25m c) 50m.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ambas variables, la distribución de sigma-t a nivel vertical y temporal, refleja un desarrollo similar a estos. En marzo se presenta una zona de mayor densidad en las regiones costeras a 10 y 25 m, con valores de  $25.00 \text{ Kg m}^{-3}$  a  $26.16 \text{ Kg m}^{-3}$  hacia la costa, a  $24.00 \text{ Kg m}^{-3}$  en mar abierto. A 50 m la zona es homogénea con la presencia de altos valores (fig. 36 a-c). En julio los valores más altos de densidad se encuentran en los estratos de 25 y 50 m. A 10 m predomina el agua poco densa (sigma t=  $24-25 \text{ Kg m}^{-3}$ ) el gradiente se atenúa pero sigue presentándose en las mismas localidades (fig. 37a-c). Los perfiles de densidad vuelven a aumentar en diciembre presentándose fuertemente a 50 m, y manteniéndose hasta los 10 m con valores entre 25 y  $26 \text{ Kg m}^{-3}$ . Esta presencia de aguas densas en la costa y aguas poco densas en mar abierto sugiere la presencia de una surgencia costera, aunque el comportamiento de otras variables muestra justo lo contrario (fig. 38a-c).

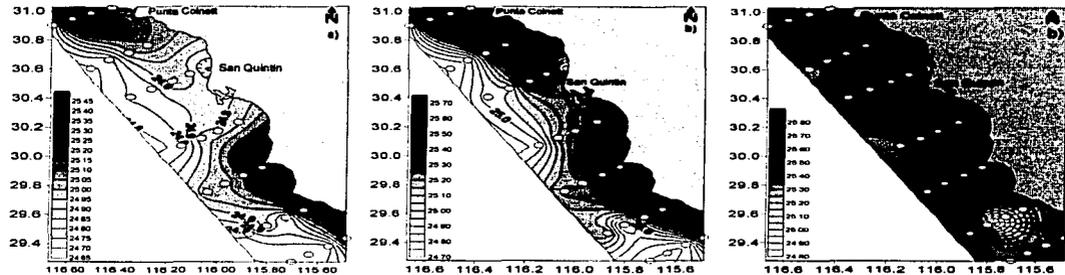


Fig. 36 a-c.- Perfiles horizontales de sigma-t en la zona de muestreo. Marzo 2000

a): 10m, b): 25m c) 50m.

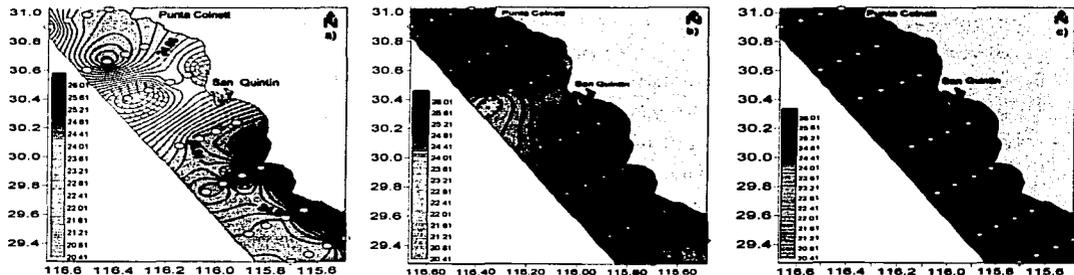


Fig. 37 a-c.- Perfiles horizontales de sigma-t en la zona de muestreo. Julio 2000

a): 10m, b): 25m c) 50m.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

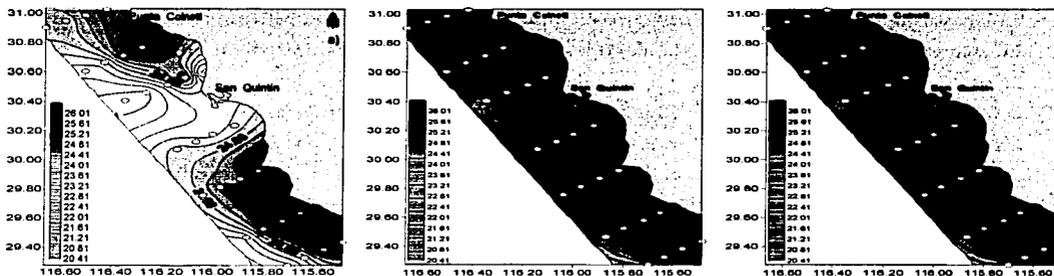


Fig. 38 a-c.- Perfiles horizontales de sigma-t en la zona de muestreo. Diciembre 2000

a): 10m, b): 25m c) 50m.

#### Oxígeno disuelto

La distribución de los valores de oxígeno sigue una tendencia opuesta a la de los parám anteriores, con excepción de la temperatura. La región nerítica muestra una depresión de los valores de oxígeno que rondan los  $3.50 \text{ mg l}^{-1}$  y que se muestran en mayor grado en los transectos 2 y 5 en el mes de marzo (fig. 39 a-c). En julio se produce una distribución alternada de alta y baja oxigenación a partir de los 25 hasta los 50 m, a 10 m la disminución del oxígeno se produce en los transectos 3 a 7, con el mínimo en el transecto n5 y el máximo entre lo transectos 1 y 2. A 25 m, el centro de alta concentración de oxígeno ubicado en el transecto 1 y 2 es ahora una zona de baja oxigenación similar a los transectos 5 y 6 a esta misma profundidad. El comportamiento es el mismo a 50 m de profundidad (fig. 40a-c). En diciembre no hay un patrón latitudinal diferenciado a 10 m. A nivel costa-oceano los transectos 5 y 6 muestran el gradiente observado para otras variables, en tanto que a 25 m se muestra la presencia de una zona alta en oxígeno (transectos 3 y 4 ) entre dos zonas bajas esto muestra regiones con límites diferenciados. Una zona de bajo aporte se encuentra en los transectos 2 y 6 a 50 m, condiciones que se vuelven a encontrar en el estrato de 25 m. Finalmente, a 50 m la zona comienza a homogeneizarse alrededor de valores bajos de oxígeno, lo cual se refleja en la distribución de las isolíneas (fig 41a-c).

#### Concentración de clorofila "a"

Como primera variable biológica considerada, el patrón de distribución espacial y temporal de clorofila "a" tiene variaciones importantes con respecto a las otras variables. El intervalo de variación general va desde  $0.28$  a  $0.59 \mu\text{g l}^{-1}$ . En marzo se registra un comportamiento particularmente interesante, ya que además de identificarse una mayor concentración de clorofila en la porción costera, en especial en los transectos 2, 5 y 6, la concentración cae abruptamente a 25 m y sólo persiste un núcleo en la zona

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

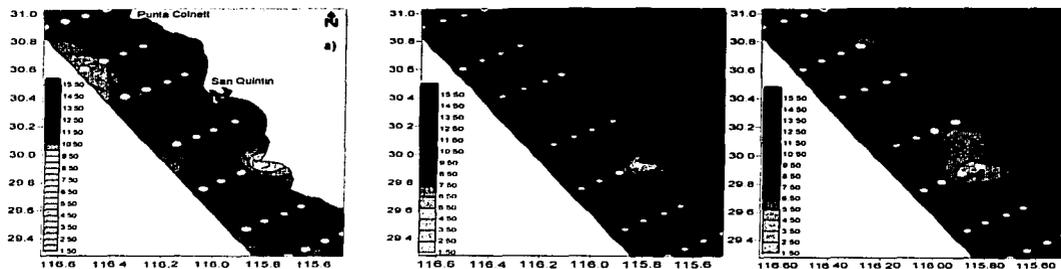


Fig. 39 a-c.- Perfiles horizontales de oxígeno disuelto en la zona de muestreo. Marzo 2000  
a) 10m, b) 25m c) 50m.

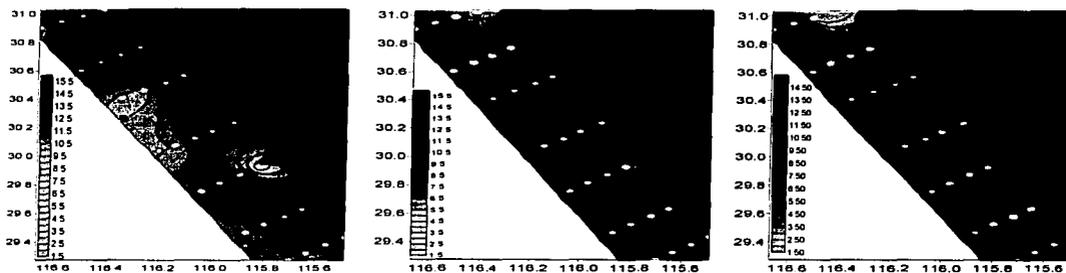


Fig. 40 a-c.- Perfiles horizontales de oxígeno disuelto en la zona de muestreo. Julio 2000  
a) 10m, b) 25m c) 50m.

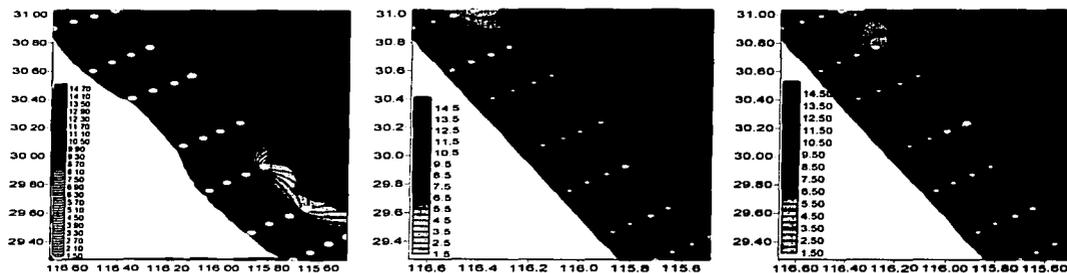


Fig. 41 a-c.- Perfiles horizontales de oxígeno disuelto en la zona de muestreo. Diciembre 2000  
a) 10m, b) 25m c) 50m.

TESIS CON  
LA DE ORIGEN

oceánica del transecto 3 con la mayor concentración encontrada en este estudio ( $0.58 \mu\text{g l}^{-1}$ ) y, a 50 m, prácticamente toda la zona de estudio (transectos 2 al 7) muestran valores de clorofila "a" entre  $0.30$  y  $0.37 \mu\text{g l}^{-1}$ , similares a los de la superficie. Esta distribución sólo se presenta en marzo (fig. 42a-c), ya que en julio no se registraron valores de clorofila en esta escala, salvo en la región nerítica del transecto siete, que se encuentra a los 10 y 25 m (fig. 43a-c). En diciembre se presentan valores de clorofila en las mismas zonas que en marzo, pero de magnitud considerablemente menor y más restringidos espacialmente, aunque en los transectos del sur (5 al 7) se extiende a todas las estaciones. A 10 m hay una alta concentración de clorofila en la región nerítica del transecto 2, aparte de este dato, no hay una gradación definida. El patrón todavía se observa en menor grado a los 25 m de profundidad. Un dato aislado a 50 m muestra un pico de clorofila; sin embargo, en el resto de las estaciones no hay registros evidentes de su presencia (Fig. 44a-c).

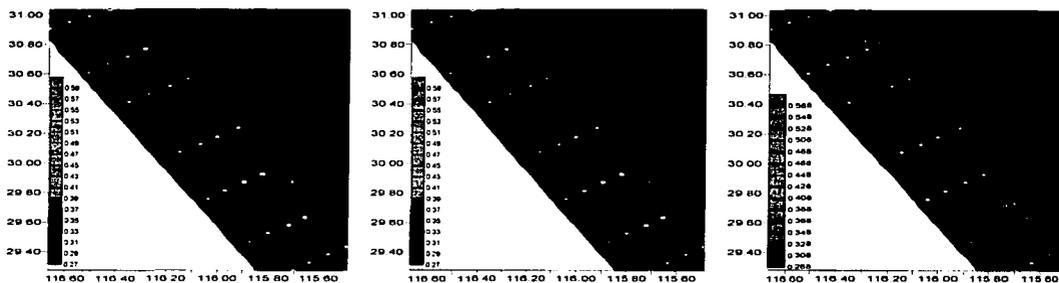


Fig. 42 a-c.- Perfiles horizontales de clorofila en la zona de muestreo. Marzo 2000

a): 10m, b): 25m c) 50m.

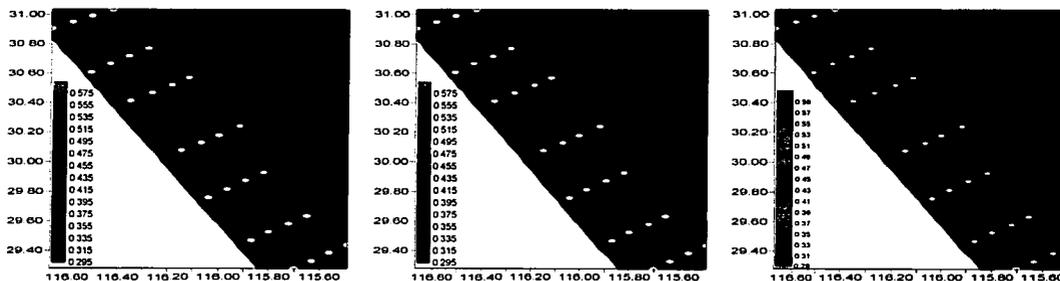


Fig. 43 a-c.- Perfiles horizontales de clorofila en la zona de muestreo. Julio 2000

a): 10m, b): 25m c) 50m.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

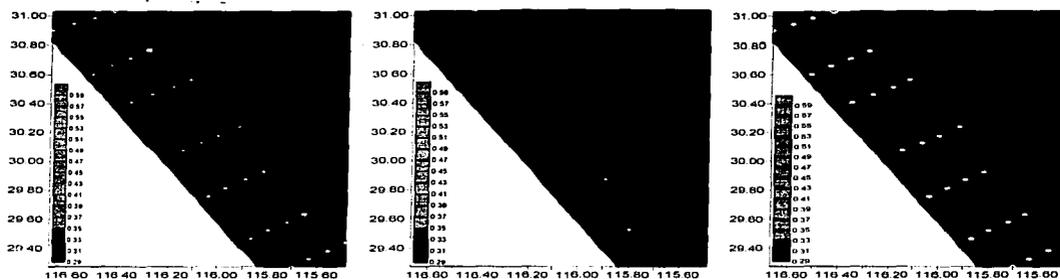


Fig. 44 a-c.- Perfiles horizontales de clorofila en la zona de muestreo. Diciembre 2000

a): 10m, b): 25m c) 50m.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **VII.- DISCUSIÓN**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **Validez de los datos acústicos**

En este estudio se reafirmó la utilidad de las prospecciones acústicas como herramienta para la evaluación de recursos vivos marinos. A través de esta técnica se obtuvo información que permitió determinar tendencias de distribución para pelágicos menores, langostillas y eufáusidos, en varias escalas espaciales y temporales. Fue posible identificar patrones de distribución vertical, costa-océano y norte-sur que a su vez permitieron establecer diferencias en la abundancia a nivel estacional y latitudinal de los organismos estudiados, estos pudieron ser asociados con la dinámica ambiental de la zona, y se pudo identificar la relación de un grupo en particular (eufáusidos) con el oxígeno disuelto. Podría considerarse que es válido intentar predecir los movimientos del recurso con la sola intensidad acústica, pero debe considerarse que la cuantificación de este parámetro está sujeta a varios criterios potenciales de error. La semejanza entre las tendencias de abundancia comparada para los tres grupos puede ser debida a un error de colinealidad entre los datos, esto es un error inherente a la información acústica, ya que mientras dos datos se encuentren en intervalos de fuerza de blanco contiguos, o muy cercanos dentro de una misma escala de fuerzas de blanco, más alta es la probabilidad de su traslapamiento.. Robotham y Rodríguez (1986) mencionan a este punto como una de las fuentes de sesgos más comunes en evaluaciones acústicas, sobre todo cuando se monitorean recursos similares, ya sea de peces o bien de zooplancton, una correcta calibración de los equipos acústicos utilizados permite corregir en cierto grado este artefacto. Esto debe tenerse en cuenta al seleccionar los intervalos de fuerza de blanco representativos de cada grupo. Por otro lado, también es cierto que las variaciones en la abundancia fueron evidentes para grupos acústicamente más diferenciados, como los eufáusidos y los pelágicos, e incluso para organismos cuya fuerza de blanco fue mayor a este último grupo, por lo que es razonable suponer que los procesos operaron en una amplia gama de organismos, lo cual conduce a pensar que puede ser una combinación de ambos factores, es decir, que efectivamente haya problemas en la diferenciación acústica de los organismos, pero también que estos responden de manera similar a cambios en el escenario ambiental bajo el cual se desarrollan, lo que resulta viable si se toma en cuenta la similitud entre las estrategias de vida de estos grupos. El grupo de los eufáusidos es especialmente sensible, ya que, al contrario de otros organismos, es fácilmente identificable acústicamente, debido a una

fuerza de blanco característica y a los patrones de agregación que forma, los cuales han sido ampliamente estudiados ya sea en zonas donde son especies clave, como el ecosistema antártico (Hewitt y Demer, 2000), bajo la migración vertical (Sameoto, 1976) e inclusive en la misma zona de muestreo (González, 1996) de la cual son organismos clave.

El patrón de composición íctica muestra que la relación número-abundancia de especies aumenta en los meses más estables, en tanto que el mes con mayor dinámica de surgencias (julio) es también el que menor diversidad y abundancia de individuos presenta. Aparentemente hay una contradicción entre lo obtenido por métodos hidroacústicos y lo obtenido en los arrastres, ya que la tendencia de una es disminuir de manera secuenciada y la de otra es la de aumentar en el mismo mes en que se registra la menor cantidad de ecos para todos los casos, y lo esperado sería que ambos registros coincidieran, ya sea en altos o bajos valores. Por esto debe examinarse con mayor detenimiento el procedimiento de muestreo en los arrastres. En diciembre el número de arrastres fue mayor que en marzo y julio, y en transectos como n3 y n5 la cantidad aumentó, y consecuencia el número de muestras. También debe tomarse en cuenta el estadio de desarrollo para los organismos recolectados, ya que para todas las especies (con la probable excepción de *Triphoturus mexicanus*) los estadios predominantes fueron juveniles y/o larvas, acústicamente les confiere propiedades reflectivas diferentes debido al poco desarrollo de la vejiga natatoria, y le otorga una intensidad acústica más débil. La consecuencia de esto es que, salvo los ejemplares adultos de *Synodus lucioceps*, *Engraulis mordax*, y *Sardinops caeruleus*, el resto de los ejemplares queda fuera del rango acústico determinado para pelágicos menores adultos, así que lo que en realidad se está detectando con la ecosonda es la ocurrencia y cantidad de individuos adultos, y esta sí disminuye con la estación. Existe además otra fuente de sesgo en los datos acústicos y proviene de la naturaleza del sistema empleado, es decir, la utilización de una ecosonda implica necesariamente un muestreo en dirección vertical, justo sobre el eje del transductor que en el barco se encontraba aproximadamente a la mitad del barco, por lo cual, los organismos ecodetectados debieron estar justo debajo del barco. Es difícil que en zonas profundas las especies de peces pelágicos permanezcan estáticos ante la aproximación del buque, usualmente e vaden a este desplazándose hacia mayores profundidades, o hacia otro punto. Los organismos planctónicos no presentan esta desventaja dada su baja capacidad de

desplazamiento horizontal, lo que los hace mejores organismos-blanco para muestreos con ecosonda, en este sentido es más recomendable la utilización de sonares para la detección de cardúmenes, ya que al ser de barrido horizontal permiten obtener una prospección del recurso antes de tener contacto físico, o con una mínima perturbación. En todo caso la información acústica obtenida con la ecosonda si es un elemento útil para la diagnosis de recursos marinos planctónicos y pelágicos, siempre y cuando se cuente con una buena estimación de la fuerza de blanco correspondiente a la especie, o especies estudiadas.

#### Eficiencia de los arrastres

En la sección anterior se comentó acerca de la discrepancia entre la información acústica y la información de los arrastres y se planteó también porqué no puede ser considerada como un complemento de la información de la ecosonda. Otro argumento se plantea, y es el referente a la estrategia de las especies, de los cuatro tipos de hábitat diferenciado la predominancia de peces de hábitos demersales y/o asociados a arrecifes indican que el arte de pesca empleado es más eficiente para capturar este tipo de organismos, los peces pelágicos (*Engraulis mordax*, *Sardinops caeruleus* y *Leuresthes tenuis* están pobremente representados, o bien como el caso de peces de aguas profundas (*Tripotherus mexicanus* y *Argentina sialis*) cuya presencia solo puede explicarse por migraciones verticales importantes, especialmente para *T. mexicanus*, que es considerado un grupo fuertemente vinculado a las capas de dispersión profunda. Otras especies como *Porichthys notatus* aún con ser demersales pueden realizar migraciones verticales importantes. Usualmente las especies pelágicas tienen una mayor velocidad de escape propia de su carácter pelágico, y si se toma en cuenta que el marco de la red utilizada es poco hidrodinámico, cuyo efecto es generar perfiles de turbulencia que son captados por la línea lateral, por llamarlo de alguna manera "anuncia" su presencia. Este factor, y el sonido de la propela del barco propagado en el agua así como las burbujas producidas en la propulsión, generan rápidas respuestas evasivas, que repercuten en el éxito del arrastre ( Freon y Misund, 1999); lo cual ofrecería una explicación parcial no sólo de los resultados de los arrastres, sino de la detección acústica. Por esto se considera que la red empleada es un arte de pesca poco adecuado para obtener un muestreo representativo de la comunidad de peces pelágicos menores. Así el alcance de cualquier inferencia hecha sobre la dinámica espacial y costa-oceano de los organismos estará limitada por la pobre representatividad del muestreo

biológico, al menos en cuanto a los peces pelágicos menores. Por lo tanto, se recomienda optar por un arte de pesca tipo red de cerco o redes de media agua sin marco, que han probado ser excelentes muestreadores de peces pelágicos menores.

#### Eventos oceanográficos

Oceanográficamente, el año 2000 fue un período de normalización hacia las condiciones previas al evento El Niño-ENSO ocurrido en 1997, que fue uno de los más intensos registrados, y al posterior enfriamiento ocasionado por la intrusión de aguas del Pacífico Norte. Los datos de temperatura y salinidad a 10 metros son menores a la isoterma de 15.5 grados, valor que es indicado por Durazo (2001) como característico de la zona. Los afloramientos posteriores a este evento fueron de mayor magnitud, que los de años anteriores, y los gradientes se extendieron hasta marzo del 2000 (Bograd, *et al.* 2000). De hecho, todavía en abril del 2001 se seguían reportando fuertes anomalías negativas del índice de ENSO, así como de temperatura superficial (Durazo, 2001). En lo referente a las surgencias este autor informa de la presencia de dos centros de afloramiento, uno cerca de Ensenada, que entra en la zona prospectada, y el otro en Punta Eugenia. Las observaciones hechas por este autor concuerdan con los datos determinados en campo y además encuentra evidencia de otro centro en Punta Baja (transecto n5). Para el mes de julio menciona que las condiciones típicas de muestreo fueron la presencia de un meandro muy energético y una zona de surgencias extendida a la zona norte de la península, en ese punto nuestros datos también concuerdan, ya que el centro de surgencia se regionaliza en el transecto norte 5 (zona de Punta Baja) que anteriormente ya ha sido reportado como un punto formador de surgencias (Bakun, 1996). Esto puede explicar las fuertes anomalías positivas para el índice de surgencias encontrado en el transecto n5. En los perfiles horizontales de temperatura para marzo y julio la isoterma de los 14 grados domina a 10 y 25 m, esto es un indicador de condiciones de surgencia muy fuertes de acuerdo con lo reportado por González-Morales y Gaxiola-Castro (1991), aunque el período de muestreo de estos autores fue de 15 días a diferencia del empleado en este trabajo, que fue de 4 días. Finalmente, en la prospección realizada en diciembre-enero los gradientes de las variables en general se han debilitado al igual que el movimiento de la corriente de California, solamente es detectada una pequeña región de surgencias fuera del área estudiada, y no hay un reestablecimiento de los procesos de mezcla. También aquí difieren los datos de

---

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

este trabajo, ya que en este mes la concentración de clorofila es intermedia entre marzo y julio, mes con el que es comparativamente mayor. En general, se reporta para esta zona que las condiciones fueron una termoclina muy profunda, quizá debida a un debilitamiento de la actividad de surgencias. La actividad estacional de las surgencias descrita en este estudio concuerda con lo reportado por Barton y Argote (1980) quienes mencionan la intensificación del periodo de surgencias en Junio y Julio consecuencia del patrón de circulación de los vientos y del debilitamiento en noviembre-diciembre como un resultado del debilitamiento de estos, y de la corriente en general. El gradiente de oxígeno encontrado sugiere un reemplazo del agua de la corriente de California, que es rica en oxígeno disuelto, por agua más cálida, y con menores concentraciones de este, los datos de temperatura apoyan lo anterior, ya que la tendencia estacional en la temperatura es de aumentar de marzo a diciembre, con la excepción bien localizada de la porción exterior del transecto n5, esto refuerza el carácter de transición de la zona. En apoyo a esto Lynn y Simpson (1987) mencionan como una componente del sistema de corrientes a la presencia de la contracorriente superficial costera, por lo que el calentamiento progresivo del agua en la zona de muestreo se debe a la intensificación de la contracorriente superficial costera, que fluye de sur a norte a lo largo de la costa occidental de Baja California, y cuya influencia comienza a intensificarse en verano y se manifiesta más plenamente en invierno.

Ya que la influencia de una u otra corriente depende de su balance, lo que se observa en realidad es la alternancia entre estas y su efecto en función de la estacionalidad. Los valores de sigma-t caracterizados son muy similares, los datos entre 10 y 25 m muestran que la isopicna de 25.00 Kg m<sup>-3</sup> domina a los 25m, sin embargo, es reemplazada gradualmente por aguas menos densas en julio ( $\sigma_t = 24.9$  Kg m<sup>-3</sup>) y en diciembre, esta isopicna domina a esta profundidad, lo que constituye otro elemento más que apoya la sustitución de la corriente de California por aguas con influencia de la masa de agua norecuatorial. En realidad, los valores de sigma-t encontrados entran más en el dominio de la masa de agua ecuatorial con densidades menores que su contraparte, la masa de agua subártica, la cual tiene mayor influencia en la parte norte del sistema de corrientes de California. No obstante, debe tomarse en cuenta que el comportamiento de las variables en los meses de muestreo corresponde a periodos de transición entre las diferentes fases de intensidad de la corriente de California, por

lo que acaso sea poco recomendable tratar de establecer un patrón de variación anual con sólo tres muestreos, ya que en el periodo transcurrido entre uno y otro (tres y cinco meses respectivamente) la variación en las variables ambientales es significativa, y no está totalmente representada en las referencias de campo, más aún cuando los periodos de mínima y máxima surgencia no coinciden con los periodos de muestreo. Sería útil para futuros estudios modificar las fechas y el número de los muestreos de tal manera que puedan hacerse cuatro o cinco campañas que coincidan con los periodos de intensidad máxima y mínima de la corriente de California.

#### Patrones de distribución biológica

Al analizar la distribución espacial de la abundancia de los tres grupos caracterizados hidroacústicamente se percibe que existe una estación en que la abundancia total es mayor (marzo), así como una región situada en la porción norte de la zona de muestreo (transectos n1 a n3) que persiste como región de alta abundancia en primavera y verano, y una gama en las respuestas de estos grupos a las diferentes variables de acuerdo al mes de muestreo.

Si se compara la dinámica oceanográfica de la zona descrita se observa que marzo representa un periodo intermedio entre meses con alta dinámica ambiental (julio) ocasionada por surgencias, y meses más homogéneos ambientalmente (diciembre). Así, la zona de estudio en marzo es caracterizada por aguas frías ( $14.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), densas ( $25.0\text{ Kg m}^{-3}$ ), y con altas concentraciones de oxígeno ( $11.6\text{ mg l}^{-1}$ ). Quizá la acción del viento y en consecuencia el índice de surgencias no son tan evidentes comparadas con julio, sin embargo al contrastar el valor promedio estacional obtenido ( $3.29\text{ m-s}^{-1}$ ) con lo reportado en literatura se encuentra que ha sido reportado por autores como González-Morales y Gaxiola-Castro (1991) como valores de surgencia, si bien moderados, dado que su magnitud puede incrementarse hasta  $8\text{ m-s}^{-1}$ . En un estudio anterior, Amador-Buenrostro (1976) relaciona condiciones de surgencias costeras en Punta Banda (cercana al transecto n1) durante el verano de 1971 con valores de intensidad promedio de  $3\text{ m-s}^{-1}$  durante los días anteriores al muestreo. Si se compara con julio la intensidad del viento es mayor ( $5.7\text{ ms}^{-1}$ , con máximos de  $7.5\text{ m s}^{-1}$ ) la abundancia conjunta decrece notablemente, en diciembre los valores de surgencias también son moderados ( $2.6\text{ m s}^{-1}$ ), pero la abundancia para todos los grupos ha caído. Este resultado señala la posibilidad de que en marzo se produzcan óptimos de surgencia y/o velocidad de viento que favorezcan la

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

presencia de peces pelágicos, larvas de peces y zooplancton, óptimos que son excedidos en julio y no son alcanzados en diciembre, por lo cual la relación entre la abundancia acústica por estaciones y el campo de esfuerzo del viento indica que la mayor parte de los individuos se concentran en rangos estrechos de valores de surgencias y con velocidades de viento también moderadas, y lleva a concluir que la intensidad de surgencias puede tener un efecto importante para explicar este patrón.

Esta relación entre surgencias-organismos concuerda parcialmente con los trabajos de Cury y Roy (1989) y Cury *et al.*, (1995) donde mencionan que existe una relación de tipo domo entre las surgencias tipo Eckman y el reclutamiento de las larvas de anchoveta en la corriente de California, y que el punto de inflexión de la curva, equivalente a la mayor biomasa incorporada, se produce cuando el viento alcanza una velocidad de  $5-6 \text{ ms}^{-1}$ . En los resultados de este estudio la densidad más alta de organismos se encontró asociada a intervalos de velocidad entre los  $3$  y  $4 \text{ m s}^{-1}$ , que aunque en magnitud es mínima la diferencia, traducido al efecto sobre la profundidad de mezcla puede tener efectos importantes. Una explicación a esto puede ser que las poblaciones de eufáusidos y reproductores de pelágicos sean más sensibles a los cambios en el nivel de turbulencia y requieran de zonas con menor advección para alimentarse u ovipositar. Lo anterior permite plantear la hipótesis de la presencia de una ventana ambiental óptima en la zona de Isla San Martín. Esto es apoyado por los trabajos de Waldron *et al.* (1997), Roy, *et al.* (1992) y Methot (1989) quienes establecen relaciones entre la estrategia reproductiva y el éxito del reclutamiento en sistemas de surgencias, y en la productividad anual que se genera. La importancia de establecer al viento como generador de turbulencia y en consecuencia como factor limitante o como mecanismo de transporte para los zooplanctones es tácita, ya que se ha demostrado que la producción primaria y la biomasa de zooplancton en la zona de surgencias del noroeste de África (Somalia) también es afectada por la mezcla turbulenta del viento (Huntsman y Barber, 1977). Bakun y Parrish (1982) lo mencionan como uno de los mecanismos que, junto con el transporte mar afuera y la intensidad del afloramiento son claves en la regulación de la reproducción en los peces pelágicos, o bien como el principal mecanismo en la alimentación y distribución de larvas de peces (Megrey y Hinckley, 2001; Smith *et al.*, 2001).

TFSIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En julio la velocidad de viento alcanza los  $7.5 \text{ ms}^{-1}$  en la zona de Bahía del Rosario y Bahía San Quintín y la abundancia comienza a decaer, para el mes de diciembre no se registra este evento, quizá a aquí la disponibilidad de alimento y la producción primaria sean los agentes limitantes en el reclutamiento ecológico. No es probable que las langostillas se vean afectadas de igual manera, dado que una fase de su vida se desarrolla en modo bentónico. Aunque no se contaron con suficientes muestras de los arrastres como para identificar grupos de pelágicos, los transectos donde hubo mayor ecodetección de individuos con rango de fuerzas de blanco que los asocian a este grupo convergen con zonas de afloramientos moderados, lo que coincide con la estrategia reproductiva de la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*) reportada por estos mismos autores. Así en un sentido costa-océano, la actividad de surgencias puede ser el elemento determinante en su distribución, ya sea como proceso que aporta nutrientes, o intervienen como factor ambiental determinante en el transporte de larvas planctónicas de peces y crustáceos a través de la columna de agua, vía advección (Pitts, 1999). En apoyo a esto, Rodríguez *et al.* (1999), estudiando un filamento de surgencia en el noroeste de África concluye que las larvas de sardina son buenos indicadores del desplazamiento de aguas de surgencia y que el giro ciclónico funciona como un sitio de guardería (nursery ground) para especies neríticas de peces, esto podría explicar el haber encontrado en lances de media agua larvas de peces de fondo, y Lluch-Cota *et al.* (1999) identifican relaciones entre centros de retención y la variabilidad en la captura de la sardina *Sardinops caeruleus*.

La temperatura no parece haber influido en la misma magnitud que el viento o el oxígeno disuelto, ya que el intervalo detectado en los tres muestreos (entre 13 y 19 °C) se sitúa enteramente dentro de los intervalos de temperatura reportados para anchoveta y sardina (Lluch-Belda, *et al.* 1991), o bien para las especies de eufáusidos típicas en el área (*Nichthynaes simplex*, *Euphausia pacifica*, *Thysanoessa gregaria*) el significado biológico de la isoterma de 14.4° C encontrada para marzo y julio es que se trata de una temperatura considerada dentro del rango óptimo de desove de anchoveta (Chávez *et al.*, en Rojas, 2000; Vidal-Talamantes, 1995). La desventaja para aceptar totalmente este argumento, es que la presencia-ausencia de surgencias no necesariamente explica completamente los resultados obtenidos, ya que opera en una escala relativamente pequeña, y en realidad fueron detectados pocos centros de afloramiento, aunque las condiciones de temperatura y sigma-t sí

corresponden con lo esperado para este proceso. En realidad la información proveniente del análisis estacional sólo ofrece una visión fragmentada de la relación entre el ambiente con la variación de los organismos, por lo cual hay tendencias que sólo se pueden observar al conjuntar los datos de los tres muestreos, como en el caso de la relación oxígeno vs abundancia total. Es muy probable que la tendencia descrita sugiera fuertemente una escala anual de variación, es decir, un efecto de masas de agua, corrientes, o giros.

A través del análisis de los datos y de los resultados del modelo de correlación canónica se encontró una diversidad de respuestas a la acción de las variables ambientales en función del grupo biológico y mes estudiados, esto es, no existe una respuesta común de los grupos hacia una sola variable, y en consecuencia, hay grupos de organismos más sensibles que otros a los cambios ambientales. Para los muestreos, el valor de correlación canónica más alto se obtuvo para la relación eufáusidos-oxígeno, y en menor medida para los peces. Esta relación coincide con la época en que mayor cantidad de oxígeno disuelto hubo, por lo que puede establecerse que los eufáusidos son más sensibles a los cambios en esta variable. En este sentido, la presencia del oxígeno parece ser la variable limitante. Esto puede deberse a la estrategia de vida de los organismos definida en parte por el carácter ecológico del grupo considerado. Debe recordarse que los eufáusidos, junto con los copépodos, representan dentro del sistema de surgencias de Baja California, los principales consumidores primarios en el zooplancton, cuyo desplazamiento horizontal está condicionado por las corrientes en la zona y su sensibilidad a variables como temperatura y oxígeno puede determinar su presencia en determinadas regiones. De hecho, especies de eufáusidos como *Thyssanoessa gregaria* y *Nichthypanes simplex*, ambas presentes en la zona, son considerados como indicadores de variables oceanográficas debidos a corrientes o masas de agua oceánicas. Esto también es válido para mictófidios. En un estudio temprano, Funes-Rodriguez y Hernández-Trujillo (1988) mencionan un comportamiento estacional similar al encontrado en este estudio. Mencionan que en abril dominan dos especies (*Diogenichthys lanternatus* y *Protomyctophum crockeri*). En verano aumenta el número y frecuencia de las especies y en invierno ambas se incrementaron notablemente, además de las especies encontradas en el verano. Una especie en particular, *L. parvicauda* es indicadora de aguas cálidas, por lo cual, es válido asumir que los cambios estacionales en las condiciones fisicoquímicas del agua también influyen sobre las



comunidades, en este caso neotónicas, de la región. Hay que recordar que esta zona (entre Punta Baja y Bahía Vizcaíno) es considerada como zona límite en la distribución de las especies tropicales.

La presencia del oxígeno como variable estadísticamente significativa dentro del modelo de correlación canónica empleado permite suponer que los cambios estacionales en la abundancia pueden estar asociados a cambios en las concentraciones de este gas en solución. No es probable que el fitoplancton sea el responsable directo de los cambios en esta variable, ya que si bien la relación entre la concentración de oxígeno disuelto y nutrientes ha sido un elemento para medir florecimientos de fitoplancton (Davies y Morales, 1998) la producción de oxígeno no es inmediata, sino que hay que esperar un período de acondicionamiento del fitoplancton, que en algunos casos puede durar hasta siete días, período de reacción que excede nuestro muestreo. Un factor que puede influir es la acción del viento sobre períodos cortos y a profundidades someras, y sobre todo, por la dinámica de las corrientes en la zona. Este último factor puede estar más vinculado a los cambios dentro de la escala estacional, ya que la variación en la concentración de oxígeno disuelto podría explicarse estacionalmente como el resultado de la influencia alternada de las corrientes dominantes en la zona. En el caso de Baja California, el balance entre la expansión de la corriente de California y la contracorriente norecuatorial tiene una fuerte componente estacional cuya área de influencia se extiende incluso más allá de Bahía Vizcaíno cuando domina la corriente norecuatorial (octubre-febrero), y hasta la misma boca del Golfo cuando domina la corriente de California (marzo-julio), por lo consiguiente, la alternancia y mezcla de estas corrientes en las zonas de convergencia, así como de otras asociadas en menor escala, ocasionaría un gradiente en las variables descriptoras de ambas, entre las cuales se encontrarían cambios en este parámetro. En esto, los resultados son consistentes, la abundancia de marzo está asociada a concentraciones de oxígeno del orden de  $11-13 \text{ mg l}^{-1}$ , para julio el agua más oxigenada se repliega hacia la parte norte y para diciembre la zona en general es baja, con la isolínea de  $9 \text{ mg l}^{-1}$  presente en casi toda la zona, coincidente con la menor densidad de individuos. De lo anterior, es factible asumir que la abundancia estacional de pelágicos, langostillas y eufáusidos también es influida por cambios en el sistema de corrientes, la de California y la Norecuatorial, de las cuales el oxígeno representó la variable indicadora mas evidente.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Bajo este enfoque, Mackas, *et al.* (2000) han demostrado, entre otros autores, que la composición de la comunidad zooplanctónica responde fuertemente a las fluctuaciones en las condiciones oceanográficas en particular a los cambios en los patrones de circulación de las corrientes. Así, ha reportado que en la margen continental de Columbia Británica existen relaciones entre la abundancia de eufáusidos vs copépodos oceánicos de la región subártica asociados a la circulación local por lo que cabría esperar un fenómeno similar en esta provincia oceanográfica, lo cual podría confirmarse comparando índices de diversidad por mes de estudio, objetivo que no se contempló para este trabajo. Ciertamente, en lo referente a la validez del análisis estadístico empleado, el modelo de correlación canónica basa su robustez en la serie de combinaciones lineales que pueda efectuar entre pares de variables, por lo que asume que las relaciones encontradas son de tipo lineal. Esto no siempre sucede en los ecosistemas de surgencias, lo más común es encontrar relaciones de tipo no-lineal, esto explicaría el bajo valor de correlación lineal entre peces y oxígeno para marzo, o temperatura en julio en los que sí se observa una relación, pero más semejante a un modelo exponencial. Por tanto, un modelo lineal tiene la ventaja de ser relativamente sencillo de realizar e interpretar, pero esa misma linealidad tiene la desventaja de enmascarar o minimizar otro tipo de relaciones. Los resultados del análisis son consistentes con la literatura ya que Hemingway (1979) definió siete factores necesarios para describir las relaciones entre un conjunto de 21 variables bióticas y abióticas para el ecosistema de la corriente de California, sin pérdida significativa de información, entre las cuales ubicó a las surgencias, mezcla y fitoplancton en el primer, tercer y sexto factores respectivamente, variables estas que también aparecen, con la excepción de la mezcla, e estructuradas en factores en este trabajo. La surgencia también es importante para describir tales cambios, ya que la porción de agua subsuperficial que emerge lleva consigo un déficit de oxígeno, el cual es compensado parcialmente por el aporte del viento expresado a través de la mezcla y circulación vertical. Aún así, el agua no es rica en oxígeno y esta condición se acentúa cuando la acción del viento disminuye.

Además de la de abundancia estacional, se identificó un gradiente norte-sur en el cual la porción norteña concentra mas del 80 % de la población cuantificada. Esta diferencia ha sido confirmada estadísticamente por lo que no es casual que la mayor abundancia entre los grupos

se produzca precisamente en un mes que es oceanográficamente estable y sin embargo presente actividad de afloramientos. Marzo representa oceanográficamente un mes de transición entre un período de relajación de la corriente de California (diciembre) y un período de incremento de surgencias, como lo es junio, por lo tanto, presenta condiciones más propicias para la concentración de los organismos y no julio, que desarrolla una actividad de surgencias más intensa, y mayor advección, una explicación razonable sobre la mayor presencia de individuos encontrada para los transecto n1 a n3 es que en marzo se produzca un efecto retentivo de materiales por la acción de algún proceso (probablemente un giro ocasionado por la línea de costa) cuyo límite se encuentre aproximadamente a la altura del transecto n3, entre la porción norte de la Bahía de San Quintín y la Isla de San Martín esto es, la acción de algún Centro de Actividad Biológica (BAC) o centro de retención, asociado a la topografía de la costa y/o la batimetría en la cual se producirían los tres procesos mencionados por Bakun (1996) citados en su teoría de la "triada" –enriquecimiento, concentración y retención-. El lugar es viable para apoyar esta hipótesis. La línea de costa forma una pequeña curva justo antes de entrar a la Bahía de San Quintín. Este tipo de perfil permite modificar el patrón de circulación generando pequeños giros que concentran y retienen el transporte de partículas (nutrientes, fito y zooplancton) derivado de la corriente de California, para provocar una acumulación de nutrientes. En verano y otoño, el efecto disminuye debido a la contracorriente y por eso se encontrarían los gradientes atenuados. Si se observa un mapa topográfico de la zona, se podrá establecer una concordancia entre los transectos con mayor abundancia (generalmente someros), con localidades en las que hay prominencias topográficas, como pequeños cabos que otorgan porciones cóncavas de la línea de costa. Este planteamiento ya ha sido reportado en otras localidades de la península. Lluch-Belda (2000) en Lluch-Belda *et al.* 2000) señala que en la península existen tres zonas BAC, una ubicada en Punta Baja (transecto n5), otra ubicada en Bahía Sebastián Vizcaíno y otra en el Golfo de Ulloa. Estas últimas son las que reportan mayor actividad en concentración de pigmentos y abundancia de macrozooplancton, y para Sebastián Vizcaíno se encuentra un centro casi permanente, son asimismo las de mayor extensión. La importancia de la zona de Punta Baja y Bahía San Quintín reside en que es un punto de enlace entre Sebastián Vizcaíno y otras regiones de alta productividad situadas más al norte, como la Bahía de Monterrey (California), o la Cuenca de Santa Bárbara, zonas que pertenecen al sistema de la Ensenada

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

del Sur de California (Southern California Bight) que es donde se producen las surgencias más intensas, fuertes. La distancia entre los transectos n3 y n5 (sitios donde se produce tanto el punto de mayor actividad como el que usualmente reporta) es de 40 millas náuticas, en términos de los eventos propuestos no representa una distancia considerable, quizá pueda producirse un desplazamiento del centro de productividad de Punta Baja a Isla San Martín, y que este centro sea de carácter estacional, o bien que el radio de acción del BAC de Punta Baja se extienda hasta Isla San Martín (Morales-Zárate, *et al.*, 2000).

Debe tomarse en cuenta que en la costa occidental de Baja California la influencia de procesos oceánicos sean estas corrientes, giros, o surgencias costeras, es marcada y constante a lo largo del año, en el que pueden predominar unos u otros, por lo cual la influencia de las corrientes ya sea en uno u otro sentido debe ser considerable a favor o en contra del proceso de reclutamiento en los organismos. Estudios al respecto muestran que el proceso advectivo sí puede ser un mecanismo importante ya sea de transporte y dispersión, y una influencia física importante en el reclutamiento, como es reportado por Botsford (2001), para larvas del crustáceo (*Cancer magister*); Bruce *et al.* (2001) para larvas de poliquetos y Lluch-Belda, *et al.* (1991) para desoves de anchoveta y sardina. Sería recomendable para estudios posteriores evaluar el efecto del transporte debido a la corriente por medio de la medición de la dirección y velocidad de las corrientes en los puntos de muestreo, para así poder determinar regiones (o meses) de mayor o menor intensidad, y acoplar los datos con la abundancia acústica detectada. La extensión del BAC también es un factor a considerar, ya que las otras dos zonas de alta productividad en la península (Bahía Sebastián Vizcaíno y Golfo de Ulloa) son comparativamente mayores. Otro evento oceanográfico podría estar explicando los resultados de campo, se trata de los "eventos Lasker" que son el número de períodos de aproximadamente cuatro días en los que la velocidad de viento no excede los  $5 \text{ ms}^{-1}$ , dentro de los cuales se produce un incremento en la advección y en la productividad de la zona, es viable tomar en cuenta esta idea, aunque por el poco tiempo de muestreo por período (máx. 5 días), no fue posible caracterizar alguna serie de eventos de este tipo (Cury, 1995).

La relación encontrada también tiene otro significado, y entra en función del rango de distribución de las especies identificadas. A partir de la proporción de especies por período se

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

encontró que del total de muestreos, el porcentaje de las consideradas "residentes" (aquellas que se encontraron en los tres muestreos) fue bajo en comparación con las especies encontradas en un solo muestreo (con la excepción de julio). Las especies residentes son típicas de la zona (*Engraulis mordax*, *Sardinops caeruleus*, *Paralychthis californicus* y *Tripophorus mexicanus*) y son esencialmente especies de aguas templadas a frías, aunque su rango de tolerancia térmica es bastante amplio, particularmente para *Engraulis mordax* y *Sardinops caeruleus*. Whitehead (1988) reporta que la temperatura de las zonas de desove de *Sardinops caeruleus* va de 13 a 22 °C y por eso puede encontrarse en los tres casos. Por el contrario, la relación entre la presencia de las cuatro especies tropicales con las condiciones oceanográficas hacen viable agrupar a marzo y diciembre como parte de una misma etapa en el comportamiento del sistema Corriente de California-contracorriente costera, en las que hay una presencia relativamente fuerte asociada a calma relativa, y en marzo, como preludeo a la intensificación de surgencias comienza a disminuir el rango y al intensidad de las especies colectadas estos dos muestreos. La información de julio puede ser un referente importante para aprender el comportamiento en etapas más extremas. Sin embargo, la poca cantidad de arrastres no permite completar una tendencia clara, salvo el hecho de que efectivamente apunta hacia una menor densidad relativa.

La identificación de varias de las especies se realizó sobre estadios juveniles con la utilización de claves para individuos adultos, así que se admite la posibilidad de error en la identificación. En el caso de los mictófididos, los individuos se agruparon bajo dos grandes grupos representados por la especie *Tripothurus mexicanum* y la fam. Myctophiidae, ya que debido al estado de conservación de las muestras, y a la destrucción parcial de varias de sus estructuras por efecto del arrastre no se pudo identificar con precisión, es de esperarse otra fuente de error potencial en este punto.

#### Patrones de clorofila

Al analizar la comparación de datos de clorofila contra la abundancia por meses de muestreo se encontró que la concentración de clorofila en la porción superficial de la capa aumentaba en diciembre, que como se ha descrito, es escasa de individuos, posteriormente en marzo la abundancia alcanza su máximo y la clorofila comienza a disminuir, este desfase entre los picos de abundancia de los organismos sugiere que diciembre puede ser el mes donde se

comienzan a formar las condiciones propicias en cuanto a producción de fitoplancton para que posteriormente se establezcan poblaciones más o menos numerosas de zooplancton y eventualmente de consumidores secundarios, esto no es un efecto nuevo, pues es una consecuencia de eventos secuenciados que inician con el ascenso de las aguas subsuperficiales ricas en nutrientes, e inician un proceso de fertilización, al respecto, Alongi (1998) cita este proceso para la corriente Leeuwin en la porción oeste de Australia, también de tipo eólico. Por lo tanto, es aceptable proponer que el desfase entre la concentración de clorofila y la abundancia de consumidores primarios encontrado entre diciembre y marzo es un resultado de la respuesta diferida del fitoplancton al aporte de nutrientes producido por la advección. y que durante fases de surgencia intensa hay una dispersión de los organismos, como es reportado por Peterson *et. al.* (1988) para la costa central de Chile. No obstante el haber una relación entre el aumento o disminución de clorofila también podría deberse a un fenómeno de agregación inducido por la convergencia de corrientes, o masas de agua. Es decir, por la presencia de frentes, aunque debido a la extensión de los transectos, no sería factible considerarlos como un elemento de discusión, ya que la longitud de los transectos no permite caracterizar en toda su magnitud la extensión de las surgencias, esto conlleva un problema metodológico que por un lado toma como unidad de muestreo una distancia en la cual se desarrollan normalmente las estrategias de pesca, pero limita la identificación de frentes, en los que podrían encontrarse concentraciones de organismos, pero a una mayor distancia de la costa, esta es una de las limitantes del estudio, por lo que estos resultados, y las conclusiones derivadas de ellos, son extrapolables principalmente a la zona costera.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## VII.-CONCLUSIONES

A partir de la observación y análisis de los datos se pudo concluir lo siguiente:

- Las técnicas de prospección acústica representan una herramienta confiable para la evaluación rápida, y no intrusiva de la abundancia y distribución de los recursos pesqueros considerados en este estudio.
- Se identificó la presencia de un gradiente continuo y descendente de abundancia de pelágicos menores, langostillas y eufáusidos en la costa noroccidental de Baja California (Punta Colnett-Punta Bluff) con un máximo de individuos en marzo, seguido de julio y diciembre.
- El cambio en la abundancia puede estar relacionado con la alternancia estacional entre la corriente de California y la contracorriente costera.
- Existe evidencia que permite suponer la presencia de un efecto de ventana ambiental óptima en los muestreos de marzo y julio, expresado a través de la concentración de individuos con surgencias costeras. aunque el punto crítico de velocidad de viento es menor a lo reportado por la literatura..
- La respuesta de los organismos a la variabilidad ambiental se encuentra en función del grupo y mes considerados.
- Dentro de esta, el oxígeno disuelto es, dentro de las variables ambientales exploradas en este estudio, la variable que muestra un efecto más claro sobre la distribución de los organismos, particularmente sobre los eufáusidos.
- La distribución de organismos por estaciones permite plantear la existencia de un centro de retención alrededor de las localidades de Isla San Martín y Bahía San Quintín, B.C.
- Existe evidencia biológica que hace factible la hipótesis de una sucesión faunal en la comunidad de peces demerso-pelágicos colectados, derivado de los cambios en la dominancia de las corrientes en la zona.
- El arte de pesca empleado es poco eficiente para obtener capturas representativas de las poblaciones de pelágicos menores, por lo cual se recomienda sustituirlo por redes de cerco de media agua, o bien por redes con mayor apertura de boca y sin marcos de soporte.

**VIII.- BIBLIOGRAFIA**

- Abad. R., J Miquel., M. Iglesias y F. Alvarez. 1998. Acoustic estimation of abundance and distribution of sardine in the northwestern Mediterranean. *Fis. Res.* 34 239-245
- Amador-Buenrostro, A. 1976. Características de las aguas de surgencia en las áreas adyacentes a la Bahía de Todos los Santos. Tesis Profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas. UABC. 54 pp.
- Alongi, D.M. 1998. Coastal Ecosystem Processes. CRC Press. Boca Raton, Fla. Pp 299: 308.
- Arx.,W.S. 1960. An Introduction to Physical Oceanography. Adisson-Wesley Publishing Co. Massachussets. pp 118-134.
- Auriolles-Gamboa, D. 1992. Inshore.Offshore movements of Pelagic red crabs *Pleuroncodes planipes* (Decapoda : Anomura : Galatheidae) off the Pacific Coast of Baja California Sur, Mexico. *Crustaceana* 62 (1). 71-84.
- Auriolles-Gamboa, D., Castro-González, M.I. y R-. Pérez-Flores.1993. Annual mass strandings of pelagic red crabs *Pleuroncodes planipes* (Crustacea: Anomura: Galatheidae), in Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Fish. Bull.* 92: 464-470
- Bahri, T. y P. Freon. 2000. Spatial structure of coastal pelagic school descriptors in the Mediterranean Sea. *Fish. Res.* 48: 157-166.
- Baker, A.C. de, B.P., Boden y E. Brinton.1990. Euphausiids of the world. *Nat. His. Mus Publ.* London, 97 pp.
- Bakun, A. y C.S. Nelson, 1977. Climatology of upwelling proceses in Baja California. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest.* 23:99-112.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Bakun, A. y R. Parrish. 1982. Turbulence, transport and pelagic fish in the California and Peru Systems. CalCOFI Rep. XXII. 99-112.
- Bakun, A. 1996. Patterns in the Ocean. Centro de Investigaciones Biológicas de la Paz.
- Barton , E.D. Y M.L. Argote. 1980. Hydrographic variability in an upwelling area off northern Baja California in June 1976. *J. Mar. Res.* 38:4 pp 1-19.
- Bernal, P.A. y J.A. McGowan. 1981. Advection and upwelling in the Californian Current, in coastal upwelling, F.A. Richards, dc. *Am. Geoph. Union.* Washington., D.C., 381-399.
- Blackburn, M. 1977. Temporal Changes in pelagic Biomass of *Pleuroncodes planipes* Stimpson (Decapoda Anomura, Galatheidae) off Baja California México. *Crustaceana.* 32(2) 178-184.
- Blackburn M. y Richard E. Thorne. 1974. Composition, biomass and distribution of pelagic nekton in a coastal upwelling area off Baja California, Mexico. *Tethys.* Paris. 6: (1-12) pp 281-290.
- Batteen, M.L. y P. W. Vance. 1998. Modelling studies of the effects of wind forcing and thermohaline gradients on the California Current System. *Deep Sea Res.* II. 45 1507-1556.
- Botsford, L.W. 2001. Physical influences on recruitment to California Current invertebrate populations on multiple scales. *ICES J. Mar. Sci.* 58: 1081- 1091.
- Bograd, S.J., P.M. Di Giacomo, R. Durazo, T. L. Hayward, K.D. Hyerenbach, R.J. Lynn, A.W. Mantyla, F.B. Schwing, W.J. Sydeman, T. Baumgartner, B. Lavaniegos, y S. Moore. 2000. The State of the California Current, 1999-2000: forward to a new regime? Calif. Coop. Oceanic, Fish. Invest. Rep. 41 :26-52.
- Butler, J. 1987. Comparison of the early life story parameters of Pacific Sardine and northern anchovy and implication for species interactions. Ph. D. Thesis. University of California. San Diego. 242 pp.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

- Bruce, B.D., K. Evans., C.A. Sutton, J.W. Young y D.M. Furlani. 2001. Influence of mesoscale oceanographic processes on larval distribution and stock structure in jackas morwong (*Nemadactylus macropterus*: Cheilodactylidae). *ICES j. Mar. Sci.* 58: 1072-1080.
- Castro-Aguirre, J.L., 1979. Catálogo de Peces Marinos. Ed. México. pp 76.
- Cervantes-Duarte, R. , Aguinaga-García, S. y S. Hernández Trujillo. 1993. Condiciones de surgencia asociadas a la distribución de zooplancton en San Hipolito, B.C.S. *Ciencias Marinas*. 19(1). México. pp 117-135.
- Chávez de Ochoa, M.C. 1975. Algunas condiciones de surgencia durante la primavera de 1974, para el área adyacente a Punta Banda, B.C. *Ciencias Marinas* 2 (2): 111-124.
- Chiappa,-Carrara, X. 1988. Consideraciones bioecológicas sobre la alimentación, crecimiento hábitos alimenticios y contenido calórico de la dieta de las poblaciones de la anchoveta *Engraulis mordax* Girard, localizadas en las costas occidentales de Baja California. Tesis. UACPyP-CCH-UNAM. 131 pp.
- Cisneros-Mata, M.A., M.O. Nevárez-Martínez y G. Hamann. 1995. The rise and fall of the Pacific Sardine (*Sardinops sagax caeruleus*) Girard, in the Gulf of California, Mexico. CalCOFI Rep. 36. pp 136-143.
- Cury, P., Roy, C., Mendelssohn, R., Bakun, A., Husby, D., y R. Parrish. 1995. Moderate is better: exploring nonlinear climatic effects on the Californian northern anchovy (*Engraulis mordax*) En: R.J. Beamish (ed. ) Climate change and northern fish populations . *Can Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 121 417:424.
- Cury, P., y C. Roy. 1989. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Can. Jour. Fish. Acquat. Sci.* 46:4 670-680.
- Davies, A. y Morales, C. 1998. An appraisal of the stoichiometry of dissolved oxygen/nutrient interrelationships in the upwelling system off northern Chile. *J. Mar. Biol. As.* 78: 697-706.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- De Silva-Dávila, R., Palomares-García, R., Martínez-López, A., y M.A. Carballido Carranza. 2002. Standing Stock of *Nyctiphanes simplex* in the southern region of the California Current System. *Jour. Plank. Res.* 24:10. 1057-1066.
- De la Lanza, G. 1991. Oceanografía de mares mexicanos. AGI Editores. México. pp 267-319.
- De la Cruz-Agüero, J. Arellano, M.M., Cota Gómez, V.M. y G. de la Cruz Agüero. 1997. Catálogo de los peces marinos de Baja California Sur. IPN-CICIMAR-CONABIO. México. Pp 229-238.
- Diachok, O. , B. Liourzu, y C. Scaliabrin. 2001. Estimation of the number density of fish from resonance absorptivity and echosounder data. *ICES Jour. Mar. Sci.* 58: 137-153.
- Dominguez, H. E. 1997. Migraciones verticales y costa-océano de la langostilla *Pleuroncodes planipes* durante ciclos de 24 horas en la costa occidental de Baja California utilizando técnicas de prospección acústica.
- Durazo, R., Collins, C.A., Hyrenbach, K.D., Schwing, F.B., Baumgartner, T.R., De la Campa, S., García, J. Gaxiola-Castro, G., Loya, S., Smith, R., Séller, P., Bograd, S., Huyer, A., Lynn, R.J., y W.S. J. Sydeman. 2001. The State of the California Current, 2000-2001. A third straight la Niña year. *CalCOFI Rep.* 42: 29-65
- Edwards, J.I. y Armstrong, F. 1984. Target Strength experiments on caged fish. *Scott. Fish. Bull.* 48. 12-20.
- García-Franco, W. ; Cota V. A. y F.J. Sánchez R. 1995. Análisis de la pesquería de pelágicos menores en la costa occidental de Baja California, México, en 1994. INP-SEMARNAP. *Ciencia Pesquera.* 11. México. pp 15-20.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- García-Franco, W., A. Cota-Villavicencio y F. J. Sánchez-Ruiz 2001. Diagnóstico de la pesquería de peces pelágicos menores en la costa occidental de Baja California, México. INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 15
- Gómez, G.J. 1999. Latitudinal changes of euphausiid assemblages related to the morphological variability of the sound scattering layer along Baja California, October, 1994. *Sci. Mar.* 63(1), Barcelona (en prensa).
- Gómez-Valdéz, J. y Vélez-M, H.M. 1982. Variaciones estacionales de temperatura y salinidad en la región costera de la Corriente de California. *Ciencias Marinas.* 8(2). Ensenada, México. pp 167-178.
- González, M.A. y G.X. Gaxiola. 1991. Variación día a día de características fisicoquímicas, biomasa y productividad primaria del fitoplancton en una zona costera de Baja California. *Ciencias Marinas.* V 17 (3): 21-37.
- González, CH. G. 1996. Estudio de la migración, distribución y abundancia de eufáusidos por medio de la hidroacústica en la costa occidental de Baja California, México. Tesis Profesional. UNAM. Facultad de Ciencias. 66 pp.
- González-Morales, A. y G. Gaxiola-Castro. 1991. Variación día a día de las características fisicoquímicas, biomasa y productividad primaria del fitoplancton en una zona de surgencias costeras de Baja California. *Ciencias Marinas.* 17(3): 21-37.
- Félix-Uraga, R. R.M. Alvarado-Castillo y R. Carmona-Piña. 1996. The sardine fishery along the Western Coast of Baja California, 1981-1994. *CalCOFI Rep.* 37: pp 188-192.
- Fell, B. 1975. Introduction to Marine Biology. Harper & Row Publishers. New York. pp. 32-35.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Fischer, W; Krupp, F., Schneider, W., Somer, C., Compton, K.E., Nien, V.H. (redactores). 1995. Guía para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico Centro oriental, Vol. III. FAO.CE.FIS. Roma,
- Freon , P. y O. Misund. 1999. Dynamics of Pelagic Fish and Behaviour: Effects on Fisheries and Stock Assessment. Fishing News Books. Pp 102-126.
- Funes-Rodriguez, R. y S., Hernández-Trujillo. 1988. Larvas de mictófidios y copépodos mesopelágicos: Distribución y abundancias en la costa occidental de Baja California Sur. *Ciencias Marinas*, 14(2): pp 69-84.
- Hair, J.F., R.E.Anderson, R.L.Tatham, y W.C.Black.1999. Análisis multivariante. 5° ed. Prentice Hall. Nueva York. pp 141-174.
- Hamman, G. , J.S. Palleiro, y O.S. Nishizaki. 1995. The effects of the 1992 el Niño on the fisheries of Baja California México. *Cal COFI Rep.* 36: 127-133.
- Hayward, T.L. y E.L.Venrick. 1998. Nearsurface pattern in the California Current: coupling between physical and biological structure. *Deep. Sea Res.* II 45: 1617-1638.
- Hemingway, G. 1979. A description of the California Current Ecosystem by Factor Analysis. *CalCOFI Rep.* XX: 164-177.
- Hewitt, R.P., y D.A. Demer. 2000. The use of acoustic sampling to estimate the dispersion and abundance of euphausiids, with an emphasis on Antarctic Krill, *Euphausia superba*. *Fis. Res.* 47: 215-229.
- Hickey, B. M. 1979. The California Current System. Hypotheses and Facts. *Prog. Oceanogr.* 10. 191-279.
- Hickey, B.M. 1998. Western North America, Tip to Baja California to Vancouver Island. In: Robinson, A.R. y K.H. Brink. *The Sea*, Wiley, New York, pp 379-403.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Holly, G.M. y Hampton, I. 1990. A stratified random transect design for acoustic surveys in fish stocks. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:
- Huntsman, S.A. y R.T. Barber., 1977. Primary productivity off northwest Africa: the relationship to wind and nutrient conditions. *Deep Sea Res.* 24: 25-34
- Husby, D. M. y C.S. Nelson. 1982. Turbulence and vertical stability in the California Current. *Calif. Coop. Ocean. Fish. invest. Rep.* 19: 128-137.
- Huyer, A., Barth, J.A., Kosro, P.M., Shearman, R.K. y R.L. Smith. 1998. Upper-ocean water mass characteristics of the California Current, summer 1993. *Deep Sea Res. II* 45: 1411-1442.
- Huyer, A. ; Kosro, P.M. Fleischbein, J. Ramp, S.R.; Stanton, T; Washburn, L.; Chavez, F.P.; Cowles, T.J.; Pierce, S.D.; Smith, R.L. 1991. Currents and water masses of the coastal transition zone off southern California, June to August 1988. *J. Geoph. Res. C: Oceans* 96 (C8) 1809-14831.
- INP, 2000. Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación. Tomo DLXIII No. 20. 2º sección. pp 38-39.
- Idyll, C.P. 1973. La crisis de la anchoveta peruana. *Investigación y Ciencia.* 6(5). Time-Life eds New York . pp 457-464.
- Jech, J.M. y Horne J.K. 2001. Effects of *in situ* target spatial distributions on acoustic density estimates. *ICES. Jour. Mar. Sci.* 58: 123-136.
- Johnson, D.E. 1998. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. International Thomson Editores. México. pp 93-124.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Johnson, R.A. y D.W. Wichern. 1998. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. 4° ed. Prentice Hall. New Jersey. pp 458-498.
- Lawson, G.L., M. Barange, y P. Freon. 2001. Species identification of pelagic fish schools on the South African continental shelf using acoustic descriptors and ancillary information. *ICES. Jour. Mar. Res.* **58**: 275-287.
- López, S.A. (2000). Distribución y abundancia de las poblaciones de pelágicos menores cuantificada mediante métodos hidroacústicos de alta frecuencia en la costa occidental de Baja California durante octubre de 1994. *Tesis profesional*. UNAM Campus Iztacala. México. 87 pp
- Lluch-Belda, D. Hernández, V.Z., Lluch, C.D., Salinas, C.A., Magallón, F.B., y F de Lachica. 1988. Variación climática y oceanográfica global: Sus efectos en el Noroeste Mexicano. *Ciencia y Desarrollo*. 17(98). México. pp 79-98.
- Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D., Hernández-Vázquez, S., y R. Schwartloze. 1991. Sardine and anchovy spawning as related to temperature and upwelling in the California Current System. *CalCOFI Rep.* 32: 105-110.
- Lluch-Belda, D. 1995. El Niño y la Pesca del Noroeste en México. *Oceanología*. UCET-MAR. México. pp 19-39.
- Lluch-Cota, S.E., Lluch-Cota, D.B., Nevárez-Martínez, M.O., Lluch-Belda, D., Pares-Sierra, A. y S. Hernández-Vázquez 1999. Variability of sardine catch as related to enrichment concentration and retention processes in the central Gulf of California. *CalCOFI Rep.* 40. pp 184-190.
- Lluch-Belda, D. 2000. Centros de Actividad Biológica en la Costa Occidental de Baja California. en: Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz (eds.). 2000 BAC. Centros de Actividad Biológica en el Pacífico Mexicano.

- Lucas, M.C., T. Mercer, E. Batley, P.A. Fear, G. Peirson, A. Duncan, y J. Kubecka. 1998. Spatio-temporal variations in the distribution and abundance of fish in the Yorkshire Ouse system. *The Sci. Tot. Env.* 210/211: 437-455.
- Lynn, R.J. 1967. Seasonal variation of temperature and salinity at 10 meter in the California Current. *Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest.*, Rep. 11: pp 157-186.
- Lynn, R.J. y J.J. Simpson. 1987. The California Current System: The seasonal variability of physical characteristics. *Jour. Geoph. Res.* 92: 12947-12966.
- Mackas, D.L., Thompson, R.E., y M. Gailbraith. 2000. Changes in the zooplankton community of the British Columbia continental margin, 1985-1989 and their covariation with oceanographic conditions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 685-702.
- McLennan, y J. Simmonds. 1992. Fisheries Acoustics. Chapman & Hall Fish and Fisheries series 5. London,
- McCall, A.D. 1986. Changes in the biomass of the California Current ecosystem. In : *Proceedings of a Symposium on Variability and management of large marine Ecosystems*, New York, may 1984. Sherman, K.L., and L.M. Alexander (eds): 33-54 (AAAS Selected Symposia Series 99).
- Melcer, J.Z., W.G. Franco, E.M. Corona, y A.C. Villavicencio, 1976. Estimaciones de biomasa y distribución de peces pelágicos con métodos hidroacústicos en la corriente de California frente a la costa occidental de Baja California. Memorias del Primer Congreso Nacional de Recursos Pesqueros Masivos de México. Programa Anchoqueta del Instituto Nacional de Pesca., S.I.C.
- Melcer, J.Z., y A.C. Villavicencio. 1976. Pérdida de blancos acústicos y su dependencia en el rango. Memorias del Primer Congreso Nacional de Recursos Pesqueros Masivos de México. Programa Anchoqueta del Instituto Nacional de Pesca., S.I.C.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Megrey, B.A. y S. Hinckley. 2001. Effect on turbulence on feeding on larval fishes: a sensitivity analysis using an individual-based model. *ICES J. Mar. Sci.*
- Mendenhall, W., y J.E. Reinmuth. 1998. Estadística para la administración y economía. Grupo Editorial Iberoamérica. pp 413-440.
- Methot, R.D. 1989. Synthetic estimates of historical abundance and mortality for northern anchovy. *Am. Fish. Soc. Symp.* 6: 66-82
- Misund, O. A. y J. Coetzee, 2000. Recording fish schools by multibeam sonar: potential for validating and supplement echointegration recordings of schooling fish. *Fis. Res.* 47: 149-159.
- Mitson, R.B. 1983. Fisheries Sonar. Fishing News Books, Ltd. England, pp 113-117.
- Montemayor, G.1982. Patrones de crecimiento de tres especies de eufáusidos (Crustácea: euphausiacea) del área de Ensenada. Baja California, México., *Ciencias Marinas* 13(1) 52-60.
- Morales-Zárate, M.V. S.E. Luch-Cota, D. Voltolina y E.M.M..2000. Comparación entre zonas de alta actividad Biológica en la costa occidental de Baja California. Punta Eugenia y Punta Baja. En: Luch-Belda, J: Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz (eds.). 2000 BAC. Centros de Actividad Biológica en el Pacífico Mexicano.
- Olivieri, R. A. y F. P. Chavez. 2000. A model of plancton dynamics for the coastal upwelling system of Monterey Bay, California. *Deep. Sea. Res.* II 47: 1077-1106.
- Peterson, W.T., Arcos, D.F., Mcmanus, G.B., Dam, H., Bellantoni, D., Jhonson, T., y Tiselius, P. 1988. The nearshore zone during coastal upwelling daily variability and coupling between primary and secondary production off Central Chile, *Prog. Oceanog.* 20:1.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Petitgas, P. y Levenz, J.J. 1996. Spatial organization of pelagic fish; echogram structure, spatio temporal condition and Biomass in Senegalese waters. *ICES Jour. Mar. Sci.* 53 : pp 147-153.
- Pitts, P.A. 1999. Effects of summer upwelling on the abundance and vertical distribution of fish and crustacean larvae off's central Florida Atlantic coast. *J. Exp. Mar. Biol. and Ecol.* 235: 135-146.
- Ramos, P.J. 2003. Determinación hidroacústica de la distribución de los pelágicos menores en la costa oeste de Baja California, México. Tesis de Maestría. UNAM-Facultad de Ciencias. 75 pp.
- Reid, J. L., Rodeb, G.I and Wyllie, J.G. 1963. Studies of the California Current System. *CalCOFI. Progress REP.*, 7-1-56 a 1-1-58. pp 27-57.
- Robinson, C.J., Gómez J. y Arenas, F.V. 1995 . Diel vertical and offshore-inshore movements of anchovies off the central Baja California coast. *J. Fish. Biol.* 47. pp 877-892.
- Robinson, C.J., Gómez, J. y V. Arenas. 1998. On the structure of a deep scattering layer on the coastal shelf off Bahía Magdalena, Baja California, México. *Ciencias Marinas* . 23 (1): pp 141-154.
- Robinson, C.J., Gómez, J., Uraga, R.F. y V. Arenas. 2000. Seasonal hydroacoustical observations of small pelagic fish behaviour in Bahía Magdalena, México. *Aquat. Liv. Resourc.* 13 (1). pp 11-18.
- Robotham, H.V. y .L.Rodríguez O. 1986. Fuentes de sesgos en evaluaciones acústicas de recursos ícticos compartidos. *Invest. Pesq.* 33:125-127.
- Rodríguez, J.M., Hernández-León, S. Y E. D. Barton. 1999. Mesoscale distribution of fish larvae in relation to an upwelling filament off northwest Africa. *Deep Sea Res.* I: 46. pp 1969-1984.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Rojas, J. A. 2000. Cambios en la disponibilidad de anchoveta noroesteña en la costa occidental de Baja California. Tesis de Licenciatura. UABC. pp 4-7.
- Roy, C, P: Cury y S. Kifani. 1992. Pelagic fish recruitment success and reproductive strategy in upwelling areas: environmental compromises. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 12: 135-146
- Rudstam, L.G., S. Hansson, T. Lindem, y D.W. Einhouse. 1999. Comparison of target distributions and fish densities obtained with split and single beam echosounders. *Fish. Res.* 42: 207-214.
- Sameoto, D.D. 1976. Distribution of sound scattering layers caused by euphausiids and their relationship to Chlorophyll a concentrations in the Gulf of St. Lawrence estuary. *Fish. Res. Board. Can.* 33: 681-687.
- SIMRAD, 1997. Simrad EP 500 v. 5.3 Echo Processing System. instruction manual. SIMRAD Corp. Oslo. 70 pp.
- SIMRAD, 1997. Simrad EY500 Portable Scientific Echosounder, Instruction Manual. SIMRAD Corp. Oslo. 70 pp.
- Smith, P.E., J. K. Horne., y D.C. Schneider. 2001. Spatial dynamics of anchovy, sardine, and hake pre-recruit stages in the California Current. ICES . *J. Mar. Sci.* 58: 1063-1071.
- Strickland, J.D.H. y T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. Ottawa 1977. pp 21-26.
- Sverdrup, H. U. , M.W. Johnson y H. Fleming. 1942. The oceans: Their physics, Geology and Marine Biology. Prentice-Hall Ed. Inc. New-York. 187pp
- Varios, 11999. Model 10-AU-005 CE Fluorometer User'S Manual. Turner Designs. CA. 128 pp.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Vidal-Talamantes, R. 1991. Variaciones en la composición por edades de la captura de anchoveta (*E. mordax*) y alternativas para el manejo del recurso. *Ciencias Marinas*. 17:31 73-80.
- Vidal-Talamantes, R. 1995. Desarrollo de la pesquería de Anchoveta Norteña (*E. mordax*) en Baja California durante el período 1972-1992. *Ciencias Marinas* 21:3 243-263.
- Whitehead, P.J.P., G.J. Nelson y T. Wonarata. 1988 FAO Species Catalogue. Vol. 7. Clupeoid Fishes of the world (Suborder clupeioidi): An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, anchovies and wolf-herrings. Part 2. Engraulidae. *FAO Fish. Synop.*; (125) Vol. 7, PT2:305-579.
- Waldron, H.N. G. B. Brundrit y T.A. Probyn. 1997. Anchovy biomass is linked to annual potential new production in the southern Benguela: support for the "Optimal Environmental Window" Hypothesis. *S. Afr. J. Mar. Sci* 18: 107-112
- Walsh, J.J., J.C. Kelley., S.A. Huntsman y R.D. Pillsbury. 1977. Further transition states of the Baja California upwelling ecosystem. *Limnol. Oceanogr.* 22(2): 264-280.
- Zar, J.H. 1999. Biostatistical Analysis. 4<sup>ed</sup>. Prentice May. New Jersey. pp 231-272.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

NOV 2007  
ESTADÍSTICA

## Apéndice 1.- Coordenadas de los transectos y puntos de muestreo.

transecto	punto	estaciones	Lat N.	Long. W.	Prof. aprox (m).	Prof. muestreo	Interv. (m.n.)	Dist. (m.n.)
N1	1	1,5,9,13,17	30° 54.09'	116° 40.69'	1500	200	0	+17
	2	2,6,10,14	30° 56.78'	116° 35.24'	1400	200	4	+13
	3	3,7,11,15	30° 59.20'	116° 30.51'	105	90	8	+9
	4	4,8,12,16	31° 01.56'	116° 25.54'	72	60	12	+5
N2	1	1	30° 36.18	116° 30.47'	1250	200	0	+16
	2	2	30° 39.79'	116° 25.92'	700	200	4	+12
	3	3	30° 42.78'	116° 21.51'	102	90	8	+8
	4	4	30° 45.91	116° 16.96'	59	50	12	+4
N3	1	1,5,9,13,17	30° 24.42'	116° 20.09'	1640	200	0	+16
	2	2,6,10,14	30° 27.90'	116° 15.73'	1450	200	4	+12
	3	3,7,11,15	30° 30.85'	116° 11.11'	100	95	8	+8
	4	4,8,12,16	30° 34.22'	116° 07.40'	30	25	12	+4
N4	1	1	30° 04.39'	116° 08.68'	1200	200	0	+17
	2	2	30° 07.54'	116° 03.98'	420	200	4	+13
	3	3	30° 10.46'	116° 00.02'	93	80	8	+9
	4	4	30° 14.23'	115° 54.95'	62	50	12	+5
N5	1	1,5,9,13,17	29° 45.24	116° 02.11'	1450	200	0	+13
	2	2,6,10,14	29° 48.77'	115° 58.11'	700	200	4	+11
	3	3,7,11,15	29° 55.53'	115° 53.84'	27	25	8	+7
	4	4,8,12,16	29° 55.56'	115° 49.54'	27	25	12	+3
N6	1	1	29° 28.01	115° 52.01'	1700	200	0	+22
	2	2	29° 31.50'	115° 47.89'	1100	200	4	+18
	3	3	29° 31.50'	115° 43.15'	82	75	8	+14
	4	4	29° 38.02'	115° 39.04'	30	25	12	+10
N7	1	1,5,9,13,17	29° 16.47'	115° 42.02'	1353	200	0	+19
	2	2,6,10,14	29° 19.40'	115° 38.02'	800	200	4	+15
	3	3,7,11,15	29° 22.95'	115° 33.50'	110	100	8	+11
	4	4,8,12,16	29° 26.27'	115° 29.22'	90	80	12	+7

TEJES CON  
FALLA DE ORIGEN