

00344

7



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**“DETERMINACIÓN HIDROACÚSTICA DE LA  
DISTRIBUCIÓN DE LOS PELÁGICOS MENORES EN  
LA COSTA OESTE DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO”.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**(BIOLOGIA DE SISTEMAS Y RECURSOS ACUATICOS)**

**P R E S E N T A:**

**BIOL. PATRICIA JACQUELINE RAMOS  
CHAPARRO**

**DIRECTOR DE TESIS: Dr. CARLOS J. ROBINSON MENDOZA**

**MEXICO D. F.**

**2003**



**A**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

*Diego no conocía la mar. El padre,  
Santiago Kovadloff, lo llevo descubrirla.*

*Viajaron al sur.*

*Ella, la mar, estaba más allá de los altos médanos, esperando.  
Cuando el niño y su padre alcanzaron por fin aquellas cumbres de arena,  
después de mucho caminar, la mar estalló ante sus ojos. Y fue tanta la  
intensidad de la mar, y tanto el fulgor, que el niño quedó mudo de hermosura.*

*Y cuando por fin consiguió hablar, temblando,  
tartamudeando, pidió a su padre:*

*- ¡ Ayúdame a mirar !*

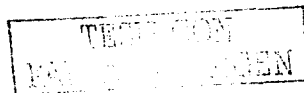
*Galeano / El libro de los abrazos.*

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

NOMBRE: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

FIRMA: \_\_\_\_\_



## **Agradecimientos**

Al Dr. Carlos Robinson Mendoza, por permitirme nuevamente incursionar en la ciencia.

Al Dr. Virgilio Arenas Fuentes y Dr. Arturo Ruiz Luna, por sus valiosas revisiones y comentarios.

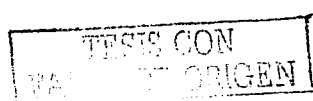
Al Dr. Manuel Gallardo Cabello, por su apoyo.

Al Dr. Xavier Chiappa Carrara, por su apreciable atención.

A la Dra. Adela Monreal Gómez, por su apoyo incondicional.

A la Dra. Cecilia Vanegas, por su apoyo a lo largo del presente trabajo.

A mis maestros la Dra. Guadalupe de la Lanza Espino, Dr. Steven Czitrom Baus, Dra. Andrea Raz Guzmán, Dr. David Salas, Dra. Adela Monreal y al Dr. Virgilio Arenas, por esas clases tan emotivas.



## Dedicatoria

### A MIS ABUELOS

Soledad Olaguibel Álamo  
Pablo Ramos Jurado  
Teodora García  
Ignacio Chaparro

Por su ternura.

### A MIS PADRES

Eva Chaparro García  
Pablo Ramos Olaguibel

Por su gran cariño.

### A MIS HERMANOS

Aarón, Sergio, Pablo, Cris, Bárbara y Abigail.

Por las porras secretas.

### A MIS CUÑADOS

Anselmo, Jesús, Clementina y Cuca.

Por su gran apoyo.

A Monica Esparza, Fernando Almanza y Gabriel Elías.

A Gabriel González, Antonio López, Vicente Anislado y Carlos Robinson.

Por compartir sus conocimientos

A la Dra. Nuria Méndez Ubach

Por sus pláticas

### A MIS SOBRINOS

Erika, Lalo, Beto, Yare, Pablito, Jessy, Aide y Cris (mi chiquita linda).

Por los abrazos.

### A MIS TÍOS

Juanito, Toño, Andrés, Trini, Alfredo, Perico, Edgar, Gerardo y Meme.

Por darme lo mejor de ustedes siempre.

### A MIS AMIGOS DE SIEMPRE

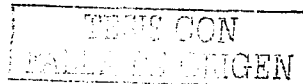
Francisco López, Antonio Valdes, Noemí Castrejón, Laura Rosete, Luz Noriega y Margarita Jacome.

Por su amistad y cariño.

### AL PERSONAL DEL BUQUE OCEANOGRÁFICO "EL PUMA"

Pascual Barajas Flores, Héctor U. Gutiérrez Granja, Adrián Cantú Alvarado, Ezequiel Vázquez Ibarra, J. Octavio Chávez Osuna, Julio Ruiz Ramírez, Aurelio Ovalle Martínez, Luis Castañeda Segura, René Abel García Torres, Fernando Lavín Zatarain, Manuel Suárez Sierra, José de Jesús Hernández Flores, Arturo Trujillo Meza, Miguel Ángel Aguilar Guzmán, Federico Zamora Lizarraga, Abel Fco. Mendía González, Hernán Tirado Galindo, Ramón Flores Munguía, Ernesto Soriano Padilla, Mauricio Rodríguez Aragón, Manuel Rodríguez Aragón, Laurencio Triana Valles, Félix, Rodolfo y Lupita.

Por su grata compañía.



A TODO EL PERSONAL DE LA UNIDAD DE BIBLIOTECAS

José Luis, Pedro, Arturo, Pedro Gutiérrez, Jaime, Ofelia, Angélica, Toño.

Por su amable atención.

A MIS AMIGOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

Toño y Verónica, Cris, Gerardo Carmona, Gerardo, Daniel Gasca, Hugo, Víctor, Ángel López, Juan, Víctor, Daniel Lechuga, Celina, Anita, Hannan, Héctor, Rafael, Pablo, Genaro, Javier, Isabel, Rosario, Marina, Gladis Pérez, Lupita Saenz, Víctor Ochoa, Luis, Angélica Ruiz, Javier Sánchez, Rogelio Lira, Josefina Gómez, Alicia Vázquez, Sebastián y Norma.

A MISAMIGOS DE LA SEC. 194 Y 261

Alberto, Baldomero, Herminia y Mariano.

Por las porras.

A LOS COMPAÑEROS Y AMIGOS QUE HAN COMPARTIDO AL B/O "EL PUMA"

Fabrizio Barbosa, Ignacio Romero, Raúl Niño, Quetzalli, Norma Salgado, Gabriel González, Ruth Villanueva, Carlos de Luna, Héctor Villalobos, Gloria Panecatí, Gustavo Melo, Ramón Guillé, Antonio López, Xavier Valencia, Javier Yañez, Carmen Gallo, Coni, Margarita, Maribel, Alejandra Espinoza, Tania Gómez, Flor Rivera, Alicia Abadía, Alicia Butista, Rosalba, Vannesa, Alejandra Sandoval, Flor Rivera, Norma, Mercedes, Ariosto, Iban Murillo, Miguel Ambrosio, Edna, Bety, América, Marú, Carlos Carmona, Francisco, Vicente Anislado, Héctor Lobera, Pedro, Margarita García, Ángel Ruiz, Carlos Ramos, Vanía Chagoya, Alfredo Roldán, Bernardo Baig, Julián Santamaría, Edgar, Marcela Sarabía, Alejandra Melo, Antonio Almazán, Jesús A. Rojas, Ernesto Bravo, Agustín Cruz, Nicolás Álvarez.

Por los gratos momentos en alta mar.

A TODO EL PERSONAL DEL ICMYL, COMPAÑEROS Y AMIGOS

Dra. Lety Rosales, Dr. Merino, Dra. Paty, Biol. Juan Carlos Campos, Juan, Alicia Durán, Ricardo Ramírez, Chuy, Marco Martínez, Javier Tovar, Angélica Alvaréz, Jesús Soto, Javier Aldeco, Ignacio Palomares, Rocio Tafoya, Constanza Flores, Marú Zamudio, Alicia Cruz, Toño López, Gabriel, Anita, Susy, Carlos, Víctor Ochoa, Pablo Hernández, José Luis, David Uriel, Isabel, Valvina, Mario, Claudia Rodríguez Cahue, Raymundo Vega, Magdalena Hernández, Myrna, Esther, María Elena Estrella, Lety, Norma, Gaby, Candy, Lupita, José, Jesús, María Elena Polín, Rafael, Abigail, Guille, Judith, Andrea, Mary, Javier, Carlota, Jorge, Iván, Chely, Magda y Oscar.

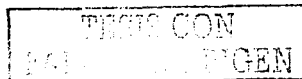
Por compartir día a día su sonrisa.

A MISAMIGOS DEL CAFÉ "LA CABAÑA DE LUCIO"

Jaime y Alejandra, Valery, Toño, Alfonso, Braulio, Jesús Cabello, Edgar Vivanco, Paz, Edgar Miguel Ángel Espeso y Lupita Blancas.

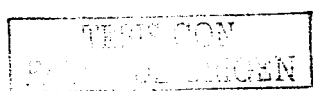
Gracias por las canciones, ¡Chuy!

Y A TI PUEBLO MIO

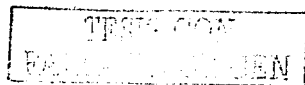


E

<b>RESUMEN</b> .....	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>4</b>
<b>1.0 Introducción</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1 Procedimientos para la estimación de la abundancia y la distribución de los pelágicos menores</b> .....	<b>9</b>
<b>2.0 Antecedentes de uso de la hidroacústica como método de estudio de los peces pelágicos</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1 Hidroacústica : ventajas y desventajas.</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2 El Sistema Hidroacústico y su funcionamiento</b> .....	<b>13</b>
<b>2.3 HADAS (Hydro Acoustic Data Acquisition System)</b> .....	<b>14</b>
<b>2.4 La fuerza de blanco</b> .....	<b>15</b>
<b>3.0 Objetivo</b> .....	<b>17</b>
<b>4.0 Hipótesis</b> .....	<b>17</b>
<b>5.0 Área de Estudio</b> .....	<b>18</b>
<b>5.1 La Corriente de California</b> .....	<b>18</b>
<b>5.2 Surgencias</b> .....	<b>20</b>
<b>6.0 Material y Método</b> .....	<b>22</b>
<b>6.1 Muestreo hidroacústico</b> .....	<b>23</b>
<b>6.2 Análisis de datos hidroacústicos.</b> .....	<b>24</b>
<i>Definición de ecograma y ecograma positivo</i> .....	<b>24</b>
<b>6.3 Índice de Proporcionalidad de Abundancia</b> .....	<b>25</b>
<b>6.4 Arrastres con red de media agua</b> .....	<b>25</b>
<b>6.5 Información biológica</b> .....	<b>26</b>
<b>6.6 Información oceanográfica</b> .....	<b>27</b>
<b>6.7 Análisis estadístico</b> .....	<b>28</b>
<b>7.0 Resultados</b> .....	<b>29</b>



<b>7.1 Hidroacústica .....</b>	<b>29</b>
<i>Densidad (individuos / hectárea) .....</i>	<i>30</i>
<i>Distribución por regiones.....</i>	<i>31</i>
<i>Individuos por hectárea en el estrato de 5 a 25 m por regiones.....</i>	<i>33</i>
<i>Individuos por hectárea en el estrato de 25 a 50 m por regiones.....</i>	<i>33</i>
<b>7.2 Arrastres de media agua .....</b>	<b>36</b>
<b>7.3 Datos Oceanográficos.....</b>	<b>38</b>
<i>Temperatura.....</i>	<i>38</i>
<i>Salinidad.....</i>	<i>39</i>
<i>Densidad del agua (sigma-t) .....</i>	<i>40</i>
<b>7.4 Temperatura y Densidad del agua (sigma-t) a lo largo de los transectos ...</b>	<b>42</b>
<i>octubre 95 .....</i>	<i>42</i>
<i>marzo 96 .....</i>	<i>49</i>
<i>junio 96.....</i>	<i>56</i>
<b>8.0 Relación entre variables oceanográficas y datos de abundancia obtenidos por medio de hidroacústica .....</b>	<b>61</b>
<b>9.0 Discusión.....</b>	<b>63</b>
<b>10.0 Conclusiones .....</b>	<b>67</b>
<b>11.0 Referencias.....</b>	<b>68</b>





## RESUMEN

Los peces pelágicos menores han sido el soporte de grandes pesquerías del mundo y aportan más de un 50% de la captura anual marina. El éxito de estas pesquerías se debe básicamente a la explotación del comportamiento gregario que las caracteriza. El objetivo de este trabajo fue analizar la distribución y abundancia de peces pelágicos menores con métodos hidroacústicos y su relación con parámetros oceanográficos, en tres épocas de muestreo: octubre de 1995, marzo y junio de 1996 en la costa oeste de Baja California entre Punta Eugenia y Bahía Asunción, a bordo del B/O "EL PUMA". El muestreo hidroacústico se realizó con una ecosonda SIMRAD modelo EY-200 de un solo haz y con una frecuencia de 200 kHz. El análisis de datos se realizó con el programa Hydro Acoustic Data Acquisition System (HADAS) que proporciona la densidad de organismos (ind/ha) y para la validación de la composición específica de los organismos detectados por la ecosonda se realizaron muestreos con una red de arrastre de media agua. Con los datos obtenidos por HADAS se encontró que en el muestreo de octubre de 1995 se presentó mayor abundancia de peces, le siguió junio de 1996 y por último marzo de ese mismo año. En las tres épocas de muestreo, el estrato que presentó mayor abundancia de peces fue de 5 a 25 m. Comparado con el análisis del estrato de 25 a 50 m no se encontró tendencia alguna en la distribución por regiones (i.e. nerítica, talud u oceánica). Con los resultados obtenidos se concluye que la hidroacústica es una herramienta útil para la valoración de la abundancia y distribución de los peces pelágicos menores.

La relación encontrada entre las variables hidrográficas y los datos de abundancia (individuos por hectárea) obtenidos con hidroacústica para las tres épocas de muestreo refleja que a mayor temperatura (14.4 -18.0 °C) mayor abundancia, mostrando una relación positiva y significativa ( $r= 0.824$ ,  $P<0.05$ ). Respecto a la salinidad, la relación fue negativa y lineal ( $r= -0.62$ ,  $P<0.05$ ). La relación encontrada con  $\sigma-t$  y la abundancia de peces fue que a mayor densidad del agua existió una menor abundancia ( $r=-0.84$ ,  $P<0.05$ ). Con el análisis de los datos de bajas temperatura registradas cerca de la costa se identificaron procesos de surgencias. El muestreo de marzo de 1996 presentó temperaturas más bajas cerca de la costa, por lo tanto un mayor índice de surgencias, donde probablemente los peces tuvieron como factor limitante para su reclutamiento a la turbulencia.



## ABSTRACT

The more important fisheries of the world regarded landing are supported by small pelagic fishes like sardines and anchovies. These species have an important commercial value and are the 50 % of annual marine capture. The objective of the present work was to use hydroacoustics methods to characterize the distribution of small pelagic fish related to oceanographic during October 1995, March and June 1996 along the west coast of Baja California, between Punta Eugenia and Bahía Asunción, on board the R/V "EL PUMA" (50 m long). Hydroacoustics consisted in a single beam echo sounder SIMRAD model EY-200, frequency 200 kHz. Analysis of the data in density (ind/ha) was done using the algorithm contains into the Hydro Acoustic Data Acquisition System (HADAS) software. Moreover a mid water net was used to identify the specific composition of the organism detected by the echo sounder. The data obtained by HADAS shows that most of the abundance of echoes related to small pelagic fish (strong echoes) was found during October 1995, followed by June 1996 at last March of the same year. In the three sample period the surface (5-25 m depth) strata showed most of the abundance. Compared to the 25-50 m depth strata. There was not regional trend in abundance in any survey (i.e., neritic, slope and oceanic). It is concluded that hydro acoustics is a useful tool to evaluate abundance and distribution of small pelagic fishes. Analysis of oceanographic data and abundance using acoustics (expressed as individuals per hectare) for the three sample periods shows that as the temperature increases (14.4 - 18.0 °C) abundance increases with a positive and significant relation ( $r=0.824$ ,  $P<0.05$ ). Regarding salinity, the relation was negative and lineal ( $r=-0.62$ ,  $P<0.05$ ). Density of the water, expressed as sigma-t and fish abundance shows that as the density increases, abundance decreases. ( $r=-0.84$ ,  $P<0.05$ ). Upwelling processes were identified near the coast. This was noted by a reduction of temperature in the neritic area. In March 1996 sea surface temperature was the lowest registered and also the lowest record in abundance. This could be due to the more intense upwelling, regarded as turbulent and process of advection of eggs and larvae.



## 1.0 Introducción

Los peces pelágicos son el soporte de grandes pesquerías del mundo, aportan más de un 50% de la captura anual marina, entre 30-40 millones de toneladas métricas (Parrish, 1999). Una de las características más importantes de los peces pelágicos es la formación de cardúmenes (Pitcher, 1983), considerada como una estrategia exitosa para su sobrevivencia. Dentro de un cardumen de peces la jerarquía está ausente y cada individuo es responsable de su máximo desarrollo y propio éxito. Este comportamiento es una convivencia de individuos donde el alimento y la predación son los factores clave para entender la formación de cardúmenes (Pitcher, 1986). Otras de sus características son sus patrones de migración, marcados por la relación con las características oceanográficas marinas y su relación con cambios estacionales que se asocian con el abastecimiento de alimento y con el ciclo de maduración (Bailey, 1992). Los pelágicos menores se encuentran dentro de las familias: Clupeidae, Engraulidae, Osmeridae, Scomberesocidae, Gadidae, Carangidae y Scombridae (Tabla 1). Los grupos más importantes son sardinas, anchovetas, macarelas, sardinetas, machuelos, sábalos, piquitingas y arenques entre otras y se localizan en áreas geográficas específicas alrededor del mundo, principalmente en zonas de alta productividad como son las áreas de surgencias costeras, localizadas en las costas occidentales de los océanos (Bailey, 1992).

**Tabla 1.** Especies de peces pelágicos menores más abundantes según Bailey (1992).

Familia	Nombre científico	Nombre común (según FAO)
Clupeidae	<i>Clupea harengus</i> <i>Clupea pallasii</i> <i>Sardinella gibbosa</i> <i>Sardinella longiceps</i> <i>Sardinella aurita</i> <i>Sardinops melanostictus</i> <i>Sardinops caeruleus</i> <i>Sardinops sagax</i> <i>Sardinops ocellatus</i> <i>Brevoortia tyrannus</i> <i>Brevoortia patronus</i>	Arenque del Atlántico Arenque del Pacífico Sardinela dorada Sardinela aceitera Sardina japonesa Alacha Sardina Monterrey Sardina sudamericana Sardina del África Austral Lacha tirana Lacha escamuda
Engraulidae	<i>Clupeonella cultriventris</i> <i>Sardina pilchardus</i> <i>Sprattus sprattus</i> <i>Engraulis encrasicolus</i> <i>Engraulis japonicus</i> <i>Engraulis mordax</i> <i>Engraulis ringens</i> <i>Engraulis capensis</i> <i>Cetengraulis mysticetus</i>	Espadín del mar de Azov Sardina Europea Espadín Boqueron Anchoita japonesa Anchoveta de California Anchoveta Anchoa de África Austral Anchoveta chueco
Osmeridae	<i>Mallotus villosus</i>	Capelán
Scomberesocidae	<i>Cololabis saira</i>	Parpada del Pacífico
Gadidae	<i>Micromesistius poutassou</i> <i>Micromesistius australis</i>	Bacadilla Polaca Austral
Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i> <i>Trachurus japonicus</i> <i>Trachurus murphyi</i> <i>Trachurus mediterraneus</i> <i>Trachurus capensis</i> <i>Trachurus trecae</i> <i>Trachurus declivis</i>	Jurel Jurel japonés Jurel chileno Jurel mediterráneo Jurel del cabo Jurel Cumene Jurel verde
Scombridae	<i>Scomber japonicus</i> <i>Scomber scombrus</i> <i>Rastrelliger kanagurta</i>	Estornino Caballa del Atlántico Caballa de la India

Las capturas históricas de los peces pelágicos y el estudio de los patrones de abundancia y distribución de estas especies han facilitado un estudio integral y multidisciplinario. El éxito de estas pesquerías se basa en la explotación del comportamiento gregario de estas especies, así como el conocimiento de la relación de la distribución y abundancia con los procesos físicos; un ejemplo de esto es el conocimiento empírico de los pescadores para recordar donde ocurren acontecimientos estacionales y circunstancias ambientales específicas asociadas a la presencia de cardúmenes (Parrish, 1999).

En nuestro país la producción pesquera de pelágicos menores ha tenido una alta demanda en el mercado por el consumo humano indirecto mediante la producción de harina y aceite de pescado. En los años cincuenta, la pesquería de los pelágicos menores fue utilizada en una escala mínima para el enlatado y consumo en fresco. En 1964 fue destinada nuevamente para el enlatado por empacadoras en Baja California (Villamar *et al.*, 1979).

En la década de los setentas, la captura de pelágicos menores se desarrolló en altos niveles industriales para satisfacer la demanda de harina del mercado nacional e internacional. En 1977, el 96% de la captura en nuestro país se destinó a la producción de harina, el 3.0% se enlató, y el resto se utilizó como carnada en la pesca deportiva (Chávez *et al.*, 1979). Con la marcha del Plan Nacional de Desarrollo Pesquero, se presentó un crecimiento claro en la pesquería de los pelágicos menores en la costa Nor-Occidental de Baja California (Villamar *et al.*, 1979). A partir de 1981, se presentó una disminución de las capturas, reflejada en los desembarques y actualmente esta pesquería no ha vuelto a registrar los volúmenes obtenidos a finales de los años de los setentas y principios de los ochentas (Lluch-Belda *et al.*, 1994).

Pese a lo anterior las capturas de pelágicos menores en el ámbito nacional ocuparon el primer lugar de 1980 a 1997, promediando 400,000 toneladas (INP, 2000). Por otra parte estos recursos han presentado grandes fluctuaciones en su abundancia. Existen trabajos sobre la evaluación de cambios en la abundancia y las fluctuaciones espacio temporales, que explican la caída de este recurso debido a la sobre explotación pesquera (Cisneros-Mata, *et al.*, 1991; Pedrin-Ozuna, *et al.*, 1992; Vidal-Talamantes, 1995; Rojas, 2000). Sin embargo existe la hipótesis de que la abundancia de estos recursos fluctúa naturalmente debido a cambios en los parámetros oceanográficos que pueden ser temporales o a gran escala, por ejemplo interdecadal, pero que también se pueden explicar debido a variaciones en menor escala anual o estacional, (Peterman *et al.*, 1987; Cury *et al.*, 1988; Nervéz *et al.*, 2001).

Baumgartner *et al.*, (1992) reconstruyeron la historia de las poblaciones de sardina y de la anchoveta norteña, con series de tiempo de tasas de depositación de las escamas de estos peces obtenidas de los sedimentos laminados anaeróbicos en la cuenca de Santa Bárbara, al Sur de California. Estos autores han estimado la variabilidad de los stocks en un periodo de casi 2000 años. Los resultados de estos trabajos son una guía del comportamiento pasado de las poblaciones donde se demuestra su fragilidad, atribuida a factores como el control de la población asociado con los cambios climáticos a gran escala, la interacción biológica con otras especies, el medio ambiente y en épocas recientes el efecto de la sobrepesca.

## **1.1 Procedimientos para la estimación de la abundancia y la distribución de los pelágicos menores**

Los conocimientos de la abundancia y distribución de los pelágicos menores se han desarrollado principalmente por medio del análisis de datos provenientes de la pesca (FAO, 1990). En México las estadísticas de captura han sido las bases para conocer el estado de las pesquerías de estas especies y de acuerdo a ellas se hacen recomendaciones para su explotación (García *et al.*, 1996 ). Sin embargo, en otras partes del mundo es común el uso de métodos de estimación de distribución y abundancia de peces independientes de la pesca. Por ejemplo, se realizan censos o evaluaciones de recursos pesqueros en tiempos cortos gracias a los avances en el desarrollo de tecnologías como la hidroacústica que emplea aparatos como ecosondas, ecointegradores y sonares, los cuales proporcionan registros continuos de información en tiempos reales en extensas áreas del océano en los ejes horizontal y vertical. Otros métodos independientes de la pesca incluyen los censos aéreos de cardúmenes (Squire, 1993), así como el uso de rayos de luz (Light Detection and ranging, LIDAR) para el conteo de grupos de peces (Lo, *et al.*, 2000). Existen varias ventajas en el uso de métodos independientes. Primero, la información es adquirida en tiempos relativamente cortos. Segundo, es posible monitorear áreas en donde los barcos comerciales normalmente no operan, aunque en realidad los barcos pesqueros operan en áreas donde el recurso existe. Tercero, estos métodos evitan alteraciones en el reporte de desembarcos, por ejemplo en el hecho de que los pescadores algunas veces pueden reportar capturas mayores o menores de acuerdo con los precios del mercado. Un aspecto importante en el uso de métodos independientes, es que normalmente son realizados tomando en cuenta las características oceanográficas y biológicas de las áreas donde se realizan los censos.

De esa manera es posible relacionar abundancias y distribuciones con aspectos ecológicos. En México aún cuando la captura comercial proveniente de especies pelágicas como anchovetas y sardinas ha comprendido más del 50% de la producción pesquera nacional en peso, el estudio sobre la estimación de la abundancia y distribución de los peces pelágicos independiente de la pesca ha permanecido prácticamente inexistente. El conocimiento que se tiene proviene únicamente de investigaciones que se hicieron en los años setenta al realizarse una evaluación de la biomasa y distribución del recurso por medio de prospecciones hidroacústicas y observaciones aéreas (Sokolov y Wong, 1972; Melcer, *et al.*, 1976). Conjuntamente con un análisis clásico de la dinámica de poblaciones, el manejo apropiado de estas pesquerías idealmente debería contemplar los cambios en la distribución y abundancia de estas especies debido a factores oceanográficos y biológicos (Radovich, 1979). Esta dirección en el estudio es conveniente por que a pesar de una gran diversidad de estrategias de manejo convencionales, las poblaciones de este tipo de especies continúan en alto riesgo de colapsarse y se requiere necesariamente de un mejor entendimiento de los mecanismos que las regulan. El objetivo de este trabajo está encaminado hacia el estudio de la abundancia y distribución de peces pelágicos por medio de métodos acústicos y de los factores oceanográficos que los regulan.



## 2.0 Antecedentes de uso de la hidroacústica como método de estudio de los peces pelágicos

Algunas de las primeras pruebas de aplicación de la acústica en el mar fueron desarrolladas a partir de la primera guerra mundial para la detección de submarinos y posteriormente fue eventualmente utilizada para la detección de peces en el mar. En 1930 y en 1935 se publicó la aplicación del uso de la acústica en recursos pesqueros para el bacalao del Atlántico, así como en la pesquería del arenque en Inglaterra (Brandt, 1996). Después de la segunda guerra mundial la hidroacústica se transforma en un importante método en las ciencias pesqueras para el mapeo de los stocks y distribución de los peces de importancia comercial.

En los años sesentas y principios de los setentas con el desarrollo del ecoconteo de fondo y de los procedimientos de ecointegración, se lograron obtener las estimaciones comparativas de la abundancia de peces, esto fue posible al convertir los ecos en medidas de abundancia de peces, por medio de programas de cómputo y el análisis de datos que continuaron mejorando a través de los años ochenta con el desarrollo de los transductores de haz múltiple (Burczynski y Jonson, 1986; Foote *et al.*, 1987) y los procesos estadísticos asociados con el análisis de datos (Clay, 1983).

Para la valoración de la densidad de la población de cardúmenes, se ha considerado la relación de las fuerzas de blanco y el tamaño de los peces y la suma de las fuerzas de blanco en el cono sonificado (Dickie *et al.*, 1983). En los años noventas se han desarrollado ecosondas de multifrecuencia y de haz dividido capaces de detectar la velocidad y dirección de los organismos, con las que se traza la ruta de diferentes blancos acústicos. Además, el desarrollo de computadoras más veloces que permiten tener una simulación visual de los cardúmenes en pantalla (Gómez *et al.*, 1998). La

acústica también ha sido utilizada para estudiar los patrones específicos de movimiento de la anchoveta (*Engraulis mordax*) durante un ciclo diario, observando las diferencias en la abundancia y el grado de agrupamiento en relación con la cantidad de alimento disponible, en este caso eufáusidos (Robinson y Arenas, 1995).

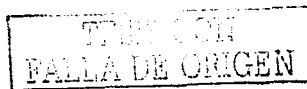
## **2.1 Hidroacústica : ventajas y desventajas.**

El muestreo acústico ha sido reconocido potencialmente como el método más directo y eficiente de la estimación de la abundancia, distribución de peces y han resuelto problemas como la variación entre tamaños de las especies de peces (Dickie *et al.* , 1983). Una de las ventajas de los métodos acústicos es la posibilidad de estudiar la distribución espacial de los recursos y la interrelación de las condiciones ambientales, como la influencia de la termoclina en sentido vertical (Brandt, 1996), así como la estimación de stocks de peces pelágicos, por muestreos acústicos, tomando en cuenta la distribución espacial de bancos individuales y la dispersión de los peces (Marchal y Petitgas, 1993). La acústica también nos ayuda a conocer la densidad, posición, distribución y migración de los cardúmenes (Gunderson, 1993; Tameishi *et al.*, 1996). Este método también permite la realización de un alto promedio de muestreos a bajo costo, el registro continuo de amplias áreas del océano en dos ejes simultáneos, horizontal y vertical, visualización en tiempo real de información útil e inmediata para el procesamiento de datos. Esto permite la evaluación de los recursos en lapsos relativamente cortos, la visualización de patrones de comportamiento, abundancia y distribución de agregaciones de cardúmenes y plancton. Por otra parte, al igual que otros sistemas de percepción remota, la hidroacústica tiene una serie de desventajas operacionales como la necesidad de intensos

muestreos biológicos en la columna de agua por medio de redes, así como de experimentos de laboratorio para identificar a cual especie corresponde la fuerza de blanco. Un problema con el uso de la acústica es que no es posible obtener información detallada sobre la biología de las especies (tamaño, edad, sexo y dieta) ya que solo pueden ser reconocibles mediante la obtención de muestras recolectadas con redes (Brand, 1996; Gómez *et al.*, 1998). Otra desventaja de la técnica hidroacústica es que la información del muestreo decrece en ambientes poco profundos o profundos, esto es cuando los peces están cerca de la superficie o muy cerca del fondo de la columna de agua. La máxima profundidad a la que pueden ser detectados los peces también es limitada porque el sonido pierde energía cuando viaja a través del agua (Unger y Brant, 1989).

## **2.2 El Sistema Hidroacústico y su funcionamiento**

La ecosonda funciona produciendo una señal eléctrica, esta señal llega al transductor el cual la convierte o transforma en un pulso de sonido. Ese pulso lleva una frecuencia, duración y amplitud específica que se propaga en el agua. Cuando éste pulso encuentra un objeto (blanco) con propiedades distintas a las del agua (e.g. densidad), una parte de la energía es reflejada esféricamente en todas direcciones, una parte de la energía es absorbida por el blanco, otra pasa sobre el blanco y continúa su trayectoria. La energía que es directamente reflejada hacia el transductor, se le denomina eco y es la que se registra en la ecosonda. La onda reflejada lleva la misma frecuencia que la incidente. Cuando el eco llega al transductor, la señal acústica es convertida en señal eléctrica para posteriormente mostrarla en la pantalla en forma de pixeles como parte de un ecograma.



### 2.3 HADAS (Hydro Acoustic Data Acquisition System)

El Sistema de Adquisición de Datos Hidroacústicos (HADAS) desarrollado por Lindem y Hourri (1988), es un sistema de computo creado para el análisis cuantitativo de los blancos acústicos. En este sistema se integran modelos estadísticos indirectos y matemáticos para separar los blancos acústicos de acuerdo a su fuerza de blanco (ver inciso 2.4). El sistema proporciona información hasta 200 metros de profundidad de la abundancia de los blancos acústicos en número de individuos por hectárea y el grado de agrupación de los organismos. La dispersión de la capa zonificada se visualiza en la pantalla de la computadora en un ecograma y a la vez es almacenada en archivos para cada uno de los puntos de muestreo para su análisis posterior. Las fuerzas de blanco de los peces y otros organismos aparecen como puntos en una localización apropiada. Los puntos son códigos de color para indicar el voltaje recibido (relativo al tamaño); esta representación es útil para realizar una inspección visual preliminar de los datos (Figura 1).

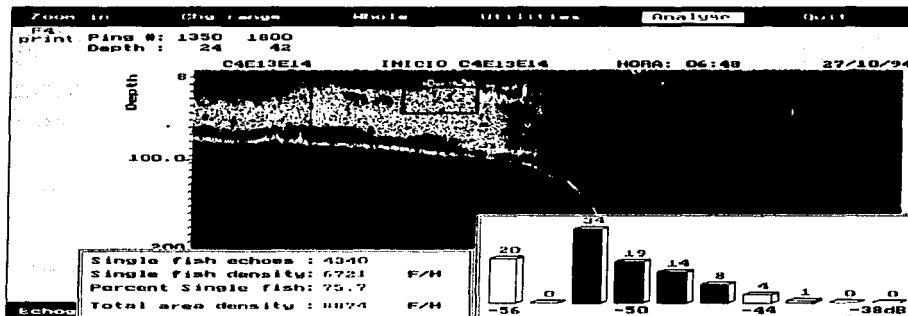


Figura 1. Ejemplo de un ecograma generado por el sistema HADAS.

Este programa hidroacústico ha sido utilizado para la valoración de la densidad y la distribución de peces y zooplancton marino y dulce acuícola (Walline *et al.*, 1992; Rudstam *et al.*, 1999). Existen otros programas que analizan datos acústicos y que han sido aplicados en diferentes usos. Por ejemplo el Echo signal processing (EP de Simrad para una ecosonda EY-500), utilizado por Rudstam *et al.* (1999). Otros programas de análisis de datos acústicos son el Sonar Data Ecoview, Fish Viewer y para el análisis de cardúmenes el MOVIES-B entre otros.

Los resultados obtenidos de las abundancias y distribución de peces han sido validadas por Misund, (1993) con registros de sonares y González (com. Pers., 2002) con muestreos biológicos por medio de una red de media agua pesquera. Para la validación de la fuerza de blanco en años recientes varios autores han expresado su preocupación y entre otros tenemos a MacLennan, (1990), MacLennan y Simonds (1992) y MacLennan *et al.*, (1996) quienes comparan datos de fuerza con muestras de peces colectadas por medio de redes pelágicas. Por su parte Barenge *et al.* , (1996) trabajaron con fuerzas de blanco *in situ* de tres agregaciones de peces pelágicos.

#### 2.4 La fuerza de blanco

La reflectividad de un blanco está determinada por la sección transversal de dispersión y se refiere al tamaño acústico del blanco. Está definido como sigma ( $\sigma$ ), que se expresa como el área que intercepta la energía transmitida por la onda incidente.

$$\sigma = \frac{I_r}{I_i} * 4 \pi$$

donde  $I_r$ = intensidad reflejada  
 $I_i$ = Intensidad incidente

La fuerza de blanco (ts por sus siglas en ingles: target strength) es el sigma expresado en decibeles y está dado por:

$$ts = 10 \text{ Log } [(lr/li) / 4\pi]$$

El decibel (dB) es una unidad utilizada para expresar diferencias logarítmicas en la intensidad del sonido. Por medio de la fuerza de blanco podemos inferir la longitud de los peces utilizando la ecuación propuesta por Love (1971):

$$L = \text{antilog} \left( \frac{23.9\text{db} - 0.9\log\lambda + ts}{19.1} \right)$$

Donde:

$\lambda$  es la longitud de onda en metros

L es la longitud total del pez en metros

ts es la fuerza de blanco en dB

### 3.0 Objetivo

Analizar la distribución y abundancia de peces pelágicos menores con métodos hidroacústicos y su relación con parámetros oceanográficos en tres épocas de muestreo en la costa oeste de Baja California.

### 4.0 Hipótesis

La distribución y la abundancia de los peces pelágicos a lo largo del año en la costa oeste de Baja California no es azarosa, está determinada por las fluctuaciones de las variables oceanográficas.

## 5.0 Área de Estudio

El área de estudio está comprendida dentro del Sistema de la Corriente de California y se localiza en la costa oeste de Baja California entre Punta Eugenia y Bahía Asunción (Figura 2).

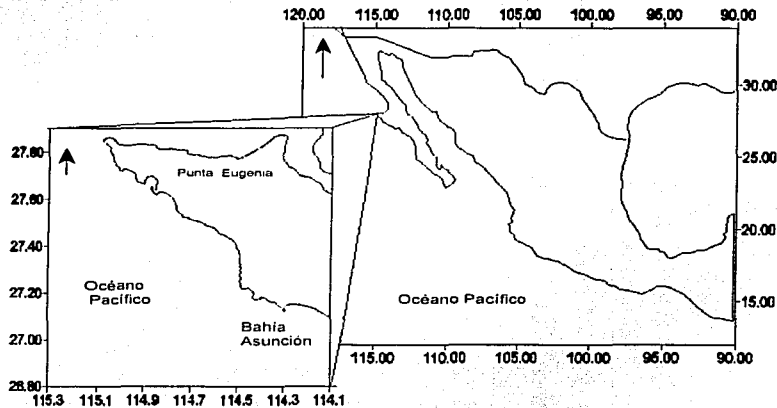


Figura 2. Área de estudio

## 5.1 La Corriente de California

La Corriente de California es parte del sistema que lleva el mismo nombre. Se divide en dos regiones con dinámicas diferentes, una es hacia el mar a partir del Talud Continental frente a Washington y Oregon y la otra se dirige hacia el Noroeste entre Cabo Mendocino y Punta Concepción. La Corriente de California es una consecuencia del efecto del viento y procesos de circulación atmosférica. Es una corriente angosta que se dirige hacia el sur y está confinada a la Plataforma Continental y Talud (Parés *et al.*, 1997). Existe también la Contracorriente Superficial



o Corriente de Davidson que está relacionada con los vientos que van hacia el Norte, es una corriente fuerte, comparada con la de California, es superficial, presenta de 40 a 50 millas de ancho, haciéndose más angosta en el extremo sur de Punta Concepción y ampliándose hacia el norte.

La Corriente de California, se origina en la latitud 43°N del océano Pacífico por la corriente de Japón (Kuroshio) de aguas cálidas y por la corriente Oyashio de aguas frías que provienen del norte. Ambas fluyen hacia el Este presentando un enfriamiento y una dilución por la abundancia de lluvias. Esta corriente se divide en dos brazos, uno de los cuales entra al Golfo de Alaska como una corriente cálida y el mayor se dirige hacia el Sur como una corriente fría y es llamada Corriente de California la cual es débil y lenta, y al llegar a la parte extrema de Baja California se encuentra con el agua del Pacífico Ecuatorial y se desvía hacia el Oeste. A medida que la corriente fluye hacia el Sur se calienta y aumenta la salinidad por evaporación hasta mezclarse con el agua Ecuatorial, formando así parte de la Corriente Norecuatorial (De la Lanza, 1991).

La Corriente de California es de naturaleza geostrofica. Cuenta con 1000 metros de ancho y 500 metros de profundidad, el flujo promedio es de 12.5 a 25 cm/s. Durante periodos cortos puede presentar velocidades de 50 cm/s. Los remolinos que se presentan en ella tienen un sentido general hacia el Sureste con velocidades de 12.5 cm/s (De la Lanza, 1991). La intensidad de la Corriente de California presenta una variación estacional; en el invierno ésta es débil puesto que el viento Norte se debilita e invierte de Sur a Norte, originando que la Contracorriente de California sea más intensa. En primavera los vientos del Norte se fortalecen y fortifican a la Corriente de

California presentando ésta su máxima extensión hacia el Sur alcanzando hasta los 25 °N, mientras la Contracorriente de California desaparece por el cambio de dirección de los vientos y se desarrollan intensivamente las surgencias. En verano, principalmente en julio la Corriente de California es más fuerte, también por efecto de los vientos del Noreste y a los 200 metros de profundidad se presenta un giro ciclónico que se extiende de los 25° a 38° N. En otoño se generan fuertes vientos del Norte y la magnitud y velocidad de la Corriente de California disminuye, en tanto que la Contracorriente de California alcanza su máxima velocidad y la Corriente de Davison su máximo desarrollo y se presentan giros ciclónicos a los 200 metros de profundidad entre septiembre y noviembre (Hickey, 1979; De la Lanza, 1991).

## 5.2 Surgencias

Las aguas de la Costa Oeste de Baja California se caracterizan por la presencia de surgencias. Este término se utiliza para describir movimientos verticales ascendentes que transportan agua de niveles subsuperficiales hasta la capa superficial del océano, así como los movimientos horizontales asociados que remueven esta agua. En general la extensión espacial es de por lo menos unas decenas de kilómetros y tiene una duración de unos cuantos días (Parés *et al.*, 1997). La presencia de surgencias es frecuente en las regiones ecuatoriales y en ciertas regiones a lo largo de las costas occidentales de los continentes (Figura 3), y se les da el nombre de surgencias costeras ya que ocurren en las aguas someras sobre la plataforma continental (aproximadamente hasta una profundidad de 200 metros) y son originadas por la acción del viento sobre la superficie del océano (transporte de Ekman), la costa misma y el efecto de Coriolis (Parés *et al.*, 1997). Las surgencias desde el punto de

vista químico, consiste en la transferencia de los elementos contenidos en las aguas del fondo hacia la superficie, donde los nutrientes normalmente agotados en las zonas superficiales iluminadas son aportados desde el fondo (Arenas, 1992), dando origen a una producción sostenida (Figura 4).

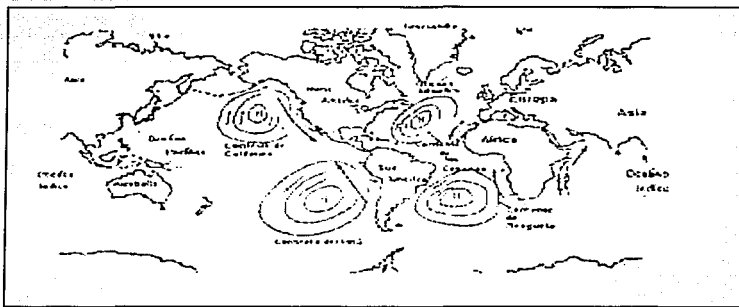


Figura 3. Presencia de las surgencias en las costas occidentales de los Continentes.

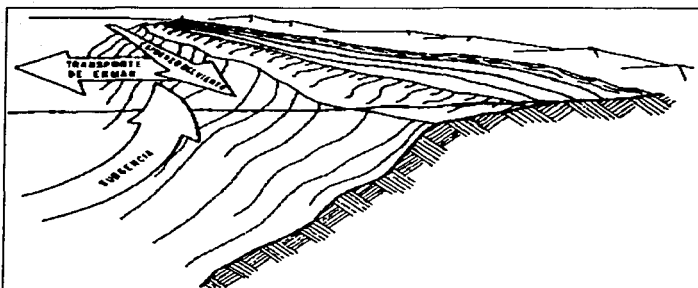


Figura 4. Diagrama conceptual de los procesos físicos que ocurren en las surgencias. (tomado de Bakun, 1977).

## 6.0 Material y Método

En octubre de 1995, marzo y junio de 1996, a bordo del Buque Oceanográfico "El Puma" se realizaron muestreos en 8 transectos perpendiculares a la costa (Figura 5).

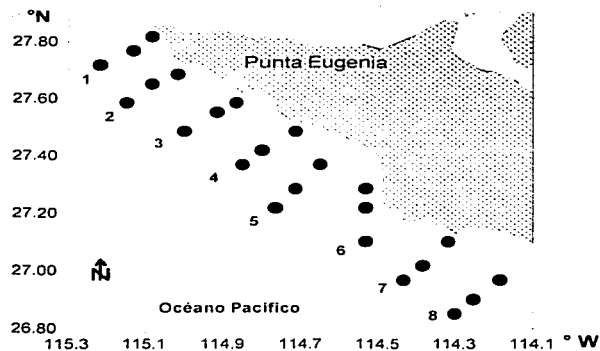


Figura 5. Localización de los transectos numerados del 1 al 8, y la posición de las estaciones oceanográficas (•).

Cada transecto tuvo una longitud de 10 millas náuticas y se establecieron de tal manera que cada uno cubriera la región nerítica (la más somera y más cercana a la costa), la región del talud (la parte media del transecto) y la parte oceánica (la más profunda y más alejada de la costa). Cada región cubrió aproximadamente 3.3 millas náuticas de longitud y la distancia entre transectos fue de 10 millas náuticas. En cada transecto se establecieron tres estaciones oceanográficas, dos de ellas ubicadas en los extremos de cada uno de los transectos y la tercera en la mitad.

### 6.1 Muestreo hidroacústico

Los muestreos hidroacústicos se realizaron utilizando una ecosonda SIMRAD EY-200, de un solo haz, con una frecuencia de 200 kHz y el pulso de repetición del sonido (ping rate) fue de tres transmisiones por segundo operando con una duración de pulso de 0.3 ms (Figura 6).

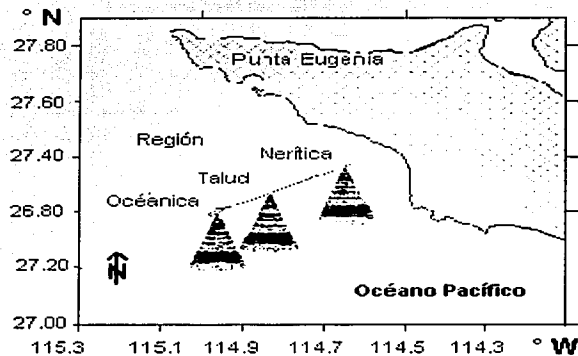


Figura 6. Ejemplo del muestreo hidroacústico en las diferentes regiones mostrando la forma en que teóricamente se expande el haz acústico.

Los muestreos hidroacústicos de octubre de 1995 y marzo de 1996 abarcaron los ocho transectos (1-8) y el muestreo de junio de 1996 solo seis (1-6). Todos los análisis se hicieron con un TVG (Time Varied Gain) de  $-40 \text{ Log } R$  con la finalidad de realizar eco conteos. El transductor se colocó en el pozo de instrumentos del barco a una profundidad de 4 metros. Para analizar los datos acústicos, la ecosonda fue interconectada al sistema HADAS (Hidro Acoustic Data Acquisition System), para la generación de ecogramas ( Figura 7).

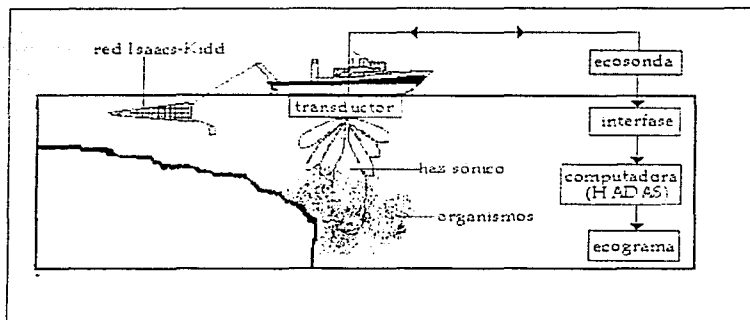


Figura 7. Sistema hidroacústico

## 6.2 Análisis de datos hidroacústicos.

### *Definición de ecograma y ecograma positivo*

Un transecto comprendió tres regiones (nerítica, talud y oceánica). Un ecograma correspondió a una región del transecto. Para realizar el análisis de densidad y la distribución de organismos, cada uno de los ecogramas fue dividido en dos profundidades, de 5 a 25 y de 25 a 50 m. HADAS calcula la abundancia de organismos a partir de 100 o más ecos. Basados en esto, se determinó un ecograma positivo como aquel que tuviera 100 o más ecos.

A partir de los ecogramas positivos, se calculó la densidad de peces expresada como individuos/hectárea (ind/ha), y se tomó en cuenta el rango de fuerza de blanco para la determinación de estos 100 o más ecos. El intervalo de fuerzas de blanco considerado fue de -44 a -32 dB por estar asociados a pelágicos menores (MacLennan, D.N. *et al.*, 1992).



Así también, se aplicó la ecuación propuesta por Love, (1971) :

$$\text{Fuerza de Blanco} = 19.1 \log L + 0.9 \log \lambda - 23.9 \text{ db,}$$

de acuerdo con esta relación, las fuerzas de blanco de -32 a -44 dB equivalen a longitudes de 4 a 17 cm de longitud total.

Todos los análisis acústicos se hicieron durante la noche (entre las 19:00 y las 06:00 horas), cuando los peces se encuentran más dispersos y se puede hacer eco conteo de individuos (Hoar y Randal, 1978; Weston y Andrew, 1990; Schalk, *et al.*, 1990; Brandt *et al.*, 1991; Argyle, 1992; Fréon *et al.*, 1993; Hansson, 1993).

### 6.3 Índice de Proporcionalidad de Abundancia

El número de ecogramas analizado por cada crucero fue diferente (Tabla 2), por lo tanto se obtuvo una proporción para poder comparar la abundancia de peces en cada época por medio del Índice de Proporcionalidad de Abundancia (IPA) definido como:

$$\text{IPA} = (\text{número de ecogramas positivos} / \text{número de ecogramas totales}) * 100.$$

### 6.4 Arrastres con red de media agua

Con la finalidad de identificar los ecos obtenidos se realizaron muestreos con una red de arrastre de media agua tipo Isaacs-Kidd (Figura 8). La red tiene una boca cuadrada con un área de 4 m<sup>2</sup>, una longitud de 7 m y un copo con luz de malla de 500 µm. La velocidad del arrastre fue entre 4 y 6 nudos con una duración de 15 a 30 minutos. El criterio tomado para la profundidad y duración de arrastre fue la predominancia de las fuerzas de blanco de -32 a -44 dB observadas en cada uno de los ecogramas. Las muestras de los organismos colectados se depositaron en



frascos de vidrio de un litro de capacidad, fijadas con formol al 10% neutralizado con una solución de borato de sodio al 20% y posteriormente conservadas en alcohol al 75% (Aladro-Lubel *et al.*, 1992) .

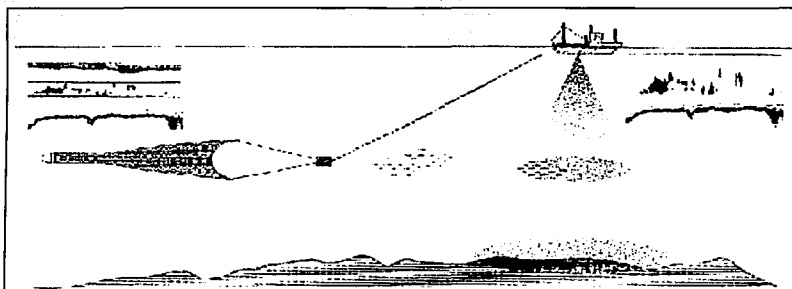


Figura 8. Ejemplo de cómo se realizaron los muestreos con la red de media agua basados en los registros acústicos.

### 6.5 Información biológica

Las muestras obtenidas con la red de media agua fueron determinadas al taxón más cercano a la especie, utilizando la guía para el Pacífico Central de la FAO (1995). Para cada uno de los peces se registró la longitud total (Lt), para comparar la longitud del blanco acústico y longitud estándar (Le) (Figura 9). Para la elaboración de los mapas de abundancia (ind/ha) se utilizó el programa Surfer versión 6.4 y 7.1.





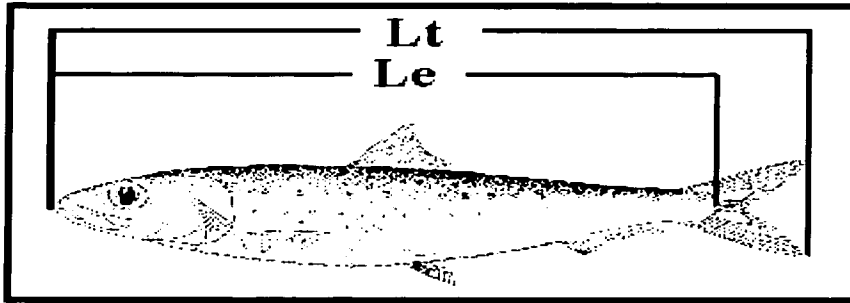


Figura 9. Ilustración de la toma de datos merísticos. Longitud total (Lt) y longitud estándar (Le).

#### 6.6 Información oceanográfica

La temperatura, salinidad y densidad del agua ( $\sigma_t$ ) a lo largo de la columna de agua se obtuvieron en cada una de las estaciones por medio de un CTD (Conductivity, Temperature, Depth) Mark III de General Oceanics. La máxima profundidad de muestreo fue de 100 m y en aguas someras el CTD se bajó hasta 10 m arriba del fondo. Para la elaboración de los perfiles verticales de temperatura y densidad se utilizó el programa Surfer versión 6.4. Las zonas de surgencia fueron establecidas de acuerdo a la propuesta de Walsh *et al.*, (1974) y Cervantes-Duarte *et al.* (1993), la cual consiste en el comportamiento ascendente de la isoterma de 13.5 °C como un indicador de la presencia de surgencias registrada a la profundidad de 25 m y de 45 m respectivamente; en este trabajo se utilizó la isoterma de los 14°C y la isopicna de 25.20  $\sigma_t$ , pues con ella se puede notar la presencia de surgencias, por su comportamiento ascendente.



## 6.7 Análisis estadístico

Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para corroborar las diferencias o similitudes entre los transectos; para conocer que transecto o transectos marcaban la diferencia, se utilizó el análisis de Bon Ferroni (Weimer, R., 1996) y por último se realizó una correlación de los parámetros hidrográficos (temperatura, salinidad y  $\sigma-t$ ) con la abundancia de peces (ind/ha). Debido a las diferencias de las magnitudes numéricas de las variables se utilizó  $\log_{10}$  en éstas correlaciones.

## 7.0 Resultados

### 7.1 Hidroacústica

Para octubre y marzo la evaluación hidroacústica a lo largo de los transectos se realizó durante cuatro noches. En la primera noche se obtuvo la información acústica de los transectos 1 y 2, en la segunda noche se obtuvo de los transectos 3 y 4, en la tercera noche de los transectos 5, 6 y en la última noche de muestreo se obtuvo la evaluación hidroacústica de los transectos 7 y 8. Para el crucero de junio, solo se hicieron tres noches de muestreo, cubriendo los transectos 1 a 6. Para el análisis de abundancia y registro de ecogramas positivos se cuantificó la información obtenida en cada una de las noches. Así entonces, la información que se obtuvo proviene de la suma de cada dos transectos y los datos acústicos son analizados conjuntamente (Tabla 2).

El crucero con mayor número de ecogramas positivos fue octubre 95, seguido de junio 96 y por último marzo 96. Así mismo, los valores del índice de proporcionalidad de abundancia (IPA) muestran que octubre 95 y junio 96 tuvieron valores muy similares (Figura 10).

**Tabla 2.** Resultados acústicos para cada uno de los cruceros.

Época	Transecto Hidroacústico Número	Transecto Abundancia Número	Total de Ecogramas Analizados	Ecogramas Positivos	IPA (%)	Ind/ha
octubre 95	1,2	1	37	25	67	710
	3,4	2	29	18	62	424
	5,6	3	18	13	72	640
	7,8	4	33	22	66	3396
						Σ 5175
marzo 96	1,2	1	20	5	25	54
	3,4	2	16	1	06	3
	5,6	3	16	4	25	15
	7,8	4	12	3	25	69
						Σ 141
junio 96	1,2	1	19	12	63	169
	3,4	2	13	5	38	634
	5,6	3	27	22	81	1580
					Σ 2109	

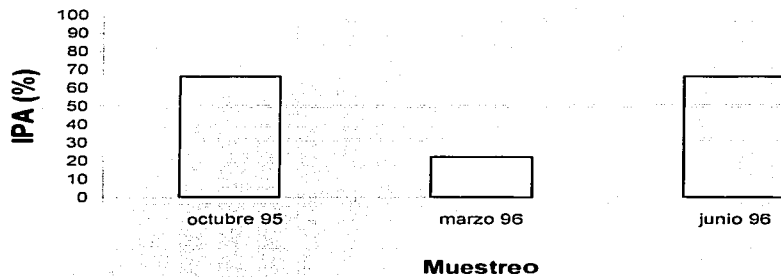


Figura 10. Número de ecogramas positivos / número de ecogramas totales \* 100 (IPA) obtenido en cada uno de los muestreos.

*Densidad (individuos / hectárea)*

Realizando una comparación entre las densidades de peces por muestreo, se encontró que la mayor densidad proveniente de todos los transectos fue en octubre 95 (5175 ind/ha), después en junio 96 (2109 ind/ha) y por último marzo 96 (141 ind/ha) (Figura 11).

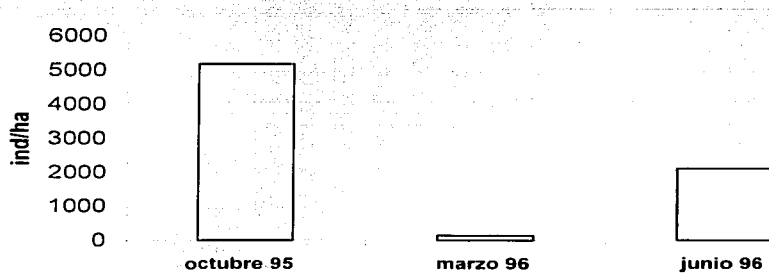


Figura 11. Abundancia total de peces (ind/ha) calculada por HADAS para cada uno de los muestreos.

### *Distribución por regiones*

Durante octubre 95, el transecto más sureño presentó la mayor abundancia en las tres regiones, en el transecto 4 (7,8) la mayor abundancia se encontró en la región talud (Figura 12a). En marzo 96 se encontró una mayor densidad en la región y oceánica en el transecto 1 (1,2) y en el transecto 4 (7,8) (Figura 12b). En junio la mayor concentración fue en la región nerítica del transecto 3 (5,6) (Figura 12c).

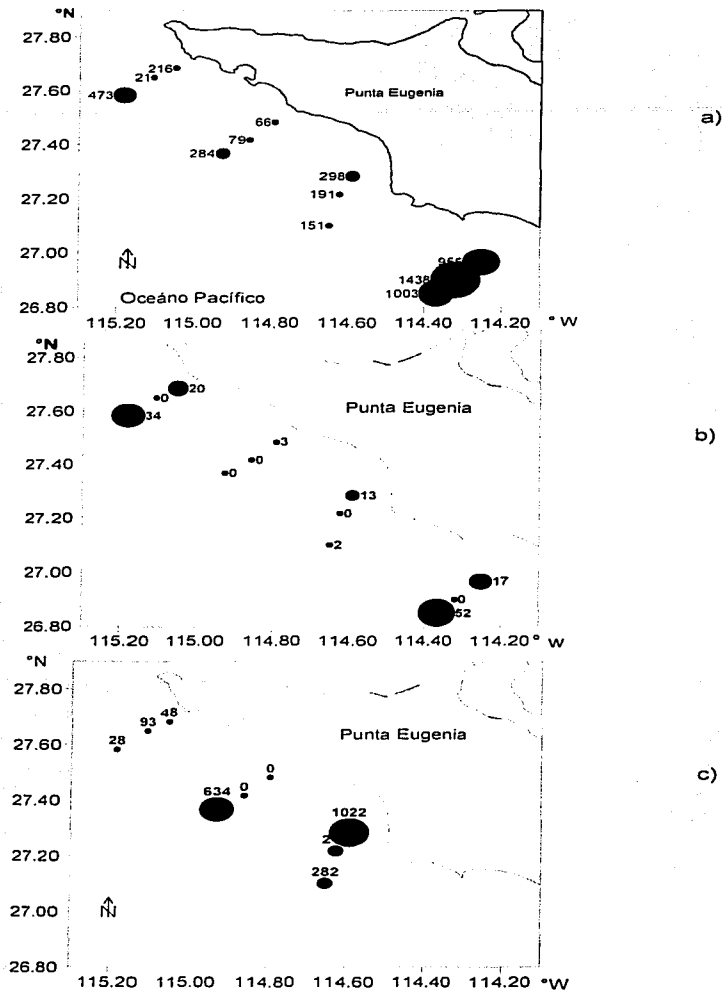


Figura 12. Abundancia total de peces (ind/ha) en cada uno de los muestreos. a) octubre 95 b) marzo 96 y c) junio 96.

*Individuos por hectárea en el estrato de 5 a 25 m por regiones.*

En octubre del 95, la mayor abundancia de peces se localizó en la región del talud (1424 ind/ha) del transecto 4 (7,8) (Figura 13a). En marzo del 96, la mayor abundancia 52 ind/ha se localizó en la región oceánica del transecto 4 (7,8) (Figura 13b) y en junio del 96 la mayor abundancia se encontró en la región nerítica del transecto 3 (5,6) (970 ind/ha) (Figura 13c).

*Individuos por hectárea en el estrato de 25 a 50 m por regiones.*

En octubre del 95 la mayor abundancia de peces se localizó en el transecto 4 (7,8) en la región nerítica con una densidad de 190 ind/ha (Figura 14a). En marzo del 96 la mayor abundancia (15 ind/ha) se localizó en el transecto 1 (1,2) en la región nerítica (Figura 14b). Para junio del 96, la mayor abundancia de peces (52 ind/ha) se encontró en la región nerítica en el transecto 3 (5,6) (Figura 14c).

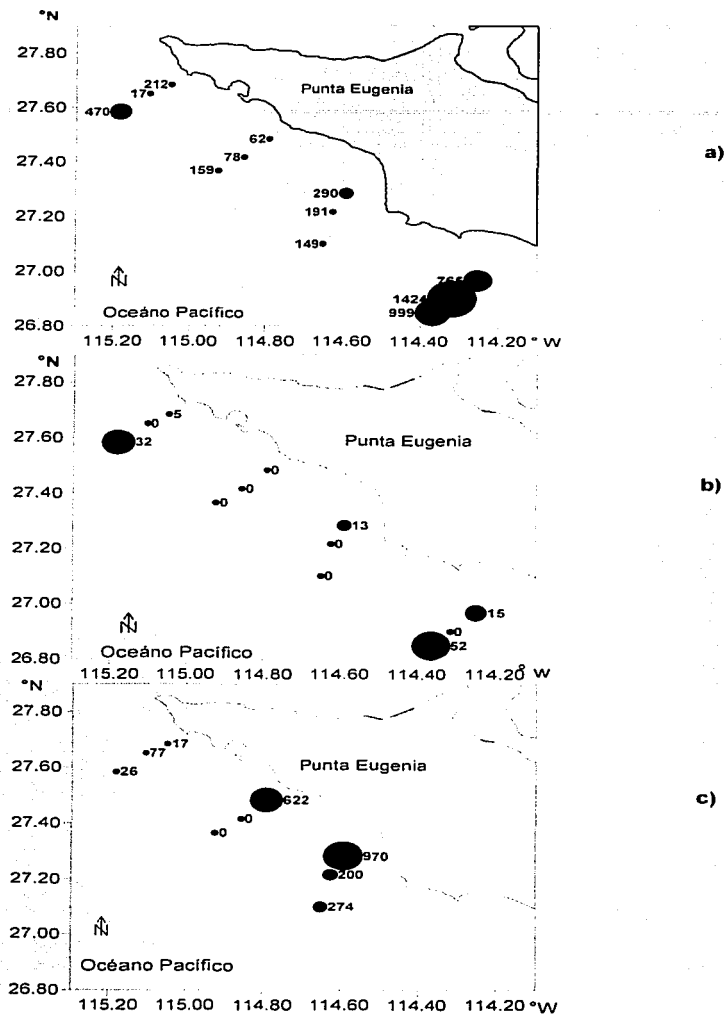


Figura 13. Abundancia total de peces (ind/ha) en el estrato de 5-25 m. a) octubre 95 b) marzo 96 y c) junio 96.



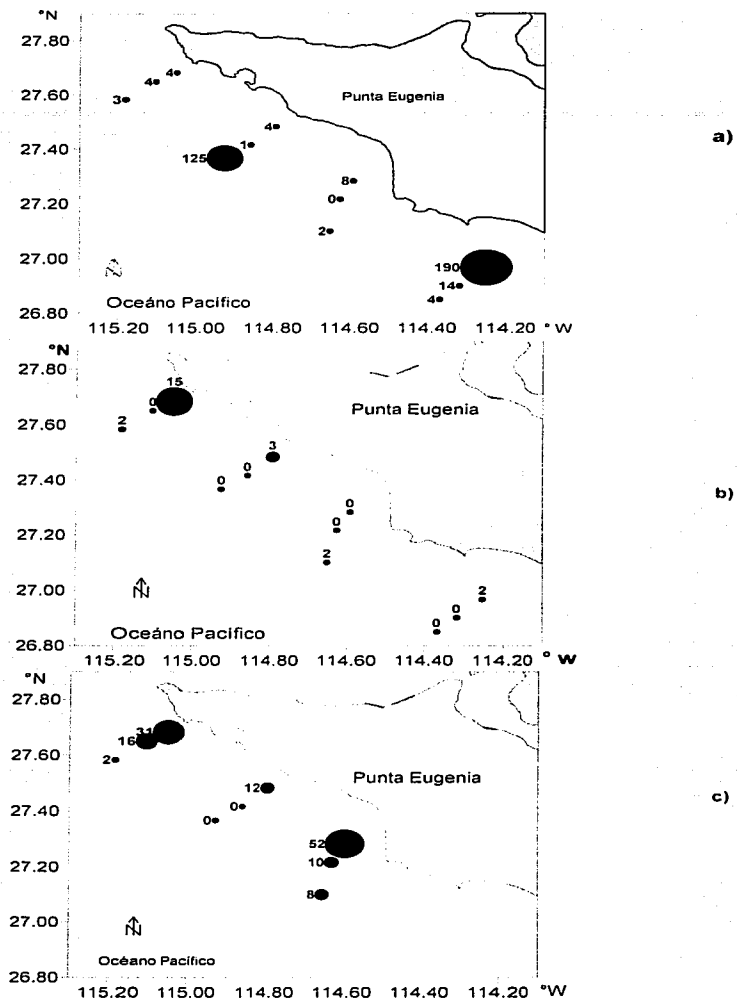


Figura 14. Abundancia total de peces ( ind/ha) en el estrato de 25-50 m. a) octubre 95, b) marzo 96 y c) junio 96.

## 7.2 Arrastres de media agua

Los muestreos con la red de media agua incluyeron capturas de eufáusidos, langostillas y peces. En la Tabla 3 se presenta una diagnosis de los peces capturados.

**Tabla 3.** Resultados de los arrastres con la red de media agua. Los datos solo son para peces.

Muestreo	Transecto	Región	Taxa	Longitud estandard (cm)				No. de Organismos
				Mínima	Máximo	Promedio	Std	
oct-95	2	Talud-Talud	Myctophidae	1.8	2.2	2.2	0.17	9
oct-95	2	Talud-Nerítico	Myctophidae	--	--	4	N.A	1
oct-95	3	Nerítico - Nerítico	<i>Engraulis mordax</i>	--	--	8.6	N.A	1
oct-95	3	Talud-Nerítico	<i>Sardinops caeruleus</i>	--	--	11.9	N.A	1
oct-95	4	Oceánico - Talud	Myctophidae	--	--	1.1	N.A	1
mar-96	1	Nerítico-Talud	<i>Engraulis mordax</i>	--	--	11	N.A	1
mar-96	1	Oceánico-Oceánico	Myctophidae	2.0	5.0	3.28	0.62	45
mar-96	1	Oceánico-Oceánico	<i>Argentina sialis</i>	5.5	8.25	6.72	1.40	7
mar-96	1	Oceánico-Oceánico	Myctophidae	2.73	4.27	3.44	0.78	53
mar-96	2	Talud	Myctophidae	2.57	5	3.68	0.97	7
mar-96	2	Talud	Myctophidae	2.7	4.4	3.15	0.58	31
mar-96	2	Talud	<i>Argentina sialis</i>	4.3	8.7	6.76	1.73	4
mar-96	2	Talud	Myctophidae	2.6	3	2.8	0.2	260
mar-96	2	Talud-Nerítico	<i>Argentina sialis</i>	4.0	8.7	7.15	1.50	18
mar-96	2	Talud-Nerítico	Myctophidae	2.66	5	3.59	0.90	29
mar-96	3	Oceánico-Oceánico	<i>Argentina sialis</i>	4.4	10.2	8.02	2.54	4

ESTADÍSTICAS CON  
ORIGEN

Tabla 4 continuación...

Muestreo	Transecto	Región	Taxa	Longitud Standard (cm)				No. de Organismos
				Mínima	Máximo	Promedio	std	
mar-96	3	Oceánico-Oceánico	Myctophidae	2.7	4.5	3.2	0.48	25
mar-96	3	Oceánico-Oceánico	<i>Argentina sialis</i>	2.5	8.4	4.4	1.22	66
jun-96	1	Talud-Oceánico	<i>Engraulis mordax</i>	--	--	8.5	N.A	1
jun-96	2	Nerítico-Talud	<i>Porichthys myriaster</i>	9.1	17.5	10.91	2.47	10
jun-96	2	Nerítico-Nerítico	<i>Prionotus ruscarius</i>	--	--	10.7	N.A	2
jun-96	2	Nerítico-Nerítico	<i>Argentina sialis</i>	--	--	4.8	N.A	1
jun-96	2	Nerítico-Nerítico	<i>Porichthys myriaster</i>	--	--	6.7	N.A	1
jun-96	2	Oceánico-Talud	<i>Engraulis mordax</i>	--	--	10.9	N.A	1
jun-96	3	Nerítico-Talud	<i>Porichthys myriaster</i>	--	--	10	N.A	2
jun-96	3	Nerítico-Talud	<i>Symphurus leei</i>	--	--	2.2	N.A	1
jun-96	3	Nerítico-Talud	<i>Porichthys myriaster</i>	13.5	16.2	15.3	1.24	4
jun-96	4	Nerítico-Talud	<i>Symphurus leei</i>	1.1	2.3	1.89	0.41	7
jun-96	4	Talud-Nerítico	<i>Scomber japonicus</i>	--	--	15	N.A	1
jun-96	4	Nerítico-Talud	Scomberesocidae	--	--	11.2	N.A	1
jun-96	4	Nerítico-Talud	<i>Macroranphosus gracilis</i>	--	--	3.6	N.A	1

TOTAL 596

TESIS CON  
FALLA DE CUBIEN

### 7.3 Datos Oceanográficos.

Los resultados se presentan primero por profundidad de muestreo en toda el área de estudio en las tres diferentes épocas del año, posteriormente se presentan por transecto y regiones.

#### *Temperatura*

En octubre 1995, el valor promedio de temperatura a 10 m de profundidad para todas las estaciones analizadas fue de 16.3°C con un mínimo de 12.8°C y un máximo de 19.9°C. A los 25 m de profundidad, la media fue de 13.9°C con un mínimo de 11.9°C y un máximo de 17.5°C. En la profundidad de los 50 m, el promedio fue de 12.3°C con un máximo de 13.2°C y un mínimo de 11.6°C (Figura 15a).

En marzo 1996 el valor promedio a los 10 m de profundidad fue de 14.4 °C con un máximo de 15.9 °C y un mínimo de 12.9 °C. A los 25 m de profundidad el promedio fue de 13.5 °C con un máximo de 15.2 y un mínimo 12.2 C°. En la profundidad de 50 m el valor promedio presentado fue de 12.1°C con 12.8°C como máximo y 11.1°C como mínimo (Figura 15a).

En junio 1996 a los 10 m de profundidad la temperatura promedio fue de 16.1°C con un máximo de 18.7 y un mínimo de 12.5 °C. A los 25 m de profundidad la media fue de 13.6 °C con un mínimo de 11.5 °C y un máximo de 17.4°C. En la profundidad de 50 m el promedio fue de 11.9°C con un máximo de 13.2 y un mínimo de 11.9°C (Figura 15a).

Existieron diferencias significativas entre las profundidades  $F=26.70$ ; g.l. 2,4;  $p = 0.001$ , pero no entre los muestreos  $F=1.45$ ; g.l. 2,4;  $p =0.05$

### *Salinidad*

En octubre 1995 a 10 m presentó valores de 33.91 como promedio, 33.24 su máximo y 33.67 su mínimo. A los 25 m de profundidad la media fue de 33.90 , el máximo de 34.27 y el mínimo de 33.58. En los 50 m de profundidad el promedio fue de 34.03 con un máximo de 34.33 y un mínimo de 33.57 (Figura 15b).

En marzo 1996 a los 10 m de profundidad se obtuvo una media de 33.90, un máximo de 34.14 y un mínimo de 33.86. A la profundidad de 25m el valor medio fue de 34.01 , valor máximo 34.16 y el mínimo 33.89. A los 50 m de profundidad el promedio fue de 34.11 con un máximo de 34.29 y un mínimo de 33.90 (Figura 15b).

En junio 1996 a los 10 m de profundidad el valor medio fue de 33.71 con un mínimo de 33.54 y un máximo de 33.94. A los 25 m el valor promedio fue de 33.75 con un máximo de 34.29 y un mínimo de 33.39. A los 50 m de profundidad 33.89 fue el valor medio, 34.47 el valor máximo y 33.40 el valor mínimo (Figura 15b).

Los tres muestreos entre las profundidades presentaron diferencias significativas, los valores de F para las épocas fueron  $F= 57.8$ ; g.l. 2,4;  $p< 0.05$  y para las profundidades  $F= 171.67$ ; g.l. 2,4;  $p< 0.05$

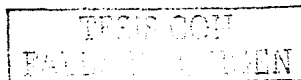
*Densidad del agua ( $\sigma_t$ )*

En octubre 1995, la profundidad de 10 m presentó un promedio de 24.74, un máximo de 25.69 y un mínimo de 24.04, a los 25m de profundidad el promedio fue de 25.23, el máximo de 25.82 y el mínimo de 24.31, a los 50 m de profundidad el promedio fue de 25.23, un máximo de 26.04 y un mínimo de 25.19 (Figura 15c).

Los valores para el muestreo de marzo 1996 en las profundidades de 10 y 25 m tuvieron un promedio de 24.82 y 25.35 respectivamente, con máximos de 25.73 para los 10 m de profundidad y 25.87 en los 25 m de profundidad y con mínimos de 25.11 y 25.60. Para los 50 m de profundidad el promedio fue de 34.11, un máximo de 34.11 y un mínimo de 33.90 (Figura 15c).

En junio 1996 el valor medio a los 10m de profundidad fue de 24.74 con un máximo de 25.69 y un mínimo de 24.04, en la profundidad de 25m se tuvo un promedio de 25.23 con un máximo de 25.82 y un mínimo de 24.31 el valores promedios a los 50m de profundidad fue de 25.67, un máximo de 26.04 y un mínimo de 25.19 (Figura 15c).

En el análisis de varianza de dos vías no se encontraron diferencias significativas para las épocas de muestreos, pero sí entre las profundidades, los valores de F para las épocas son  $F=1.80$ ; g.l. 2,4;  $p = 0.3$  y para las profundidades  $F=12.3$ ; g.l. 2,4;  $p = 0.02$



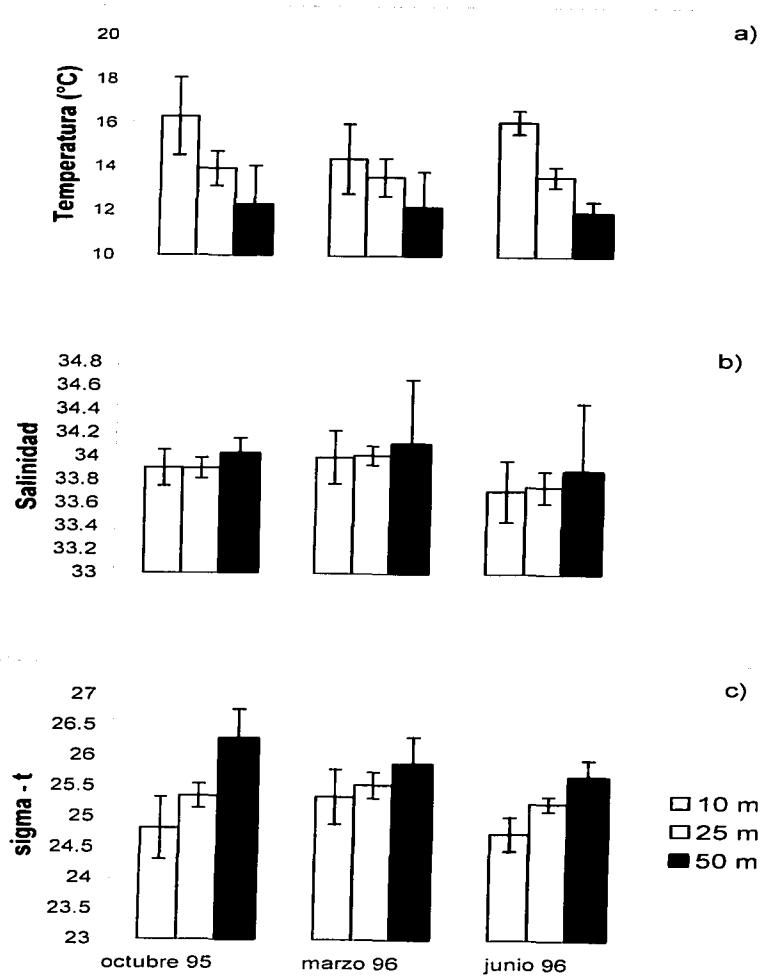


Figura 15. Valor promedio y desviación estándar, para los tres muestreos, a) temperatura, b) salinidad y c) sigma-t.

#### **7.4 Temperatura y Densidad del agua ( $\sigma\text{-t}$ ) a lo largo de los transectos**

*octubre 95*

La isoterma de los 14.0 °C se encontró en el primer transecto a los 30 m de profundidad en todas las regiones y se localizó en el transecto 2 y 3 en la región oceánica aproximadamente entre los 27 y 28 m de profundidad y en la región nerítica en la superficie, en el cuarto transecto ésta isoterma se localizó los 18 m en las tres regiones; en los transectos 5,6 y 7 ésta isoterma se localizó por debajo de los 30 m en la región oceánica y en la región nerítica a los 27 m aproximadamente (Figura 16-18).

Con lo que respecta a la isopícnica 25.20 se localizó en todos los transectos en la región oceánica entre los 20 y 30 m de profundidad, con excepción del transecto 6 que se localizó a los 50 m de profundidad. (Figura 19-21).





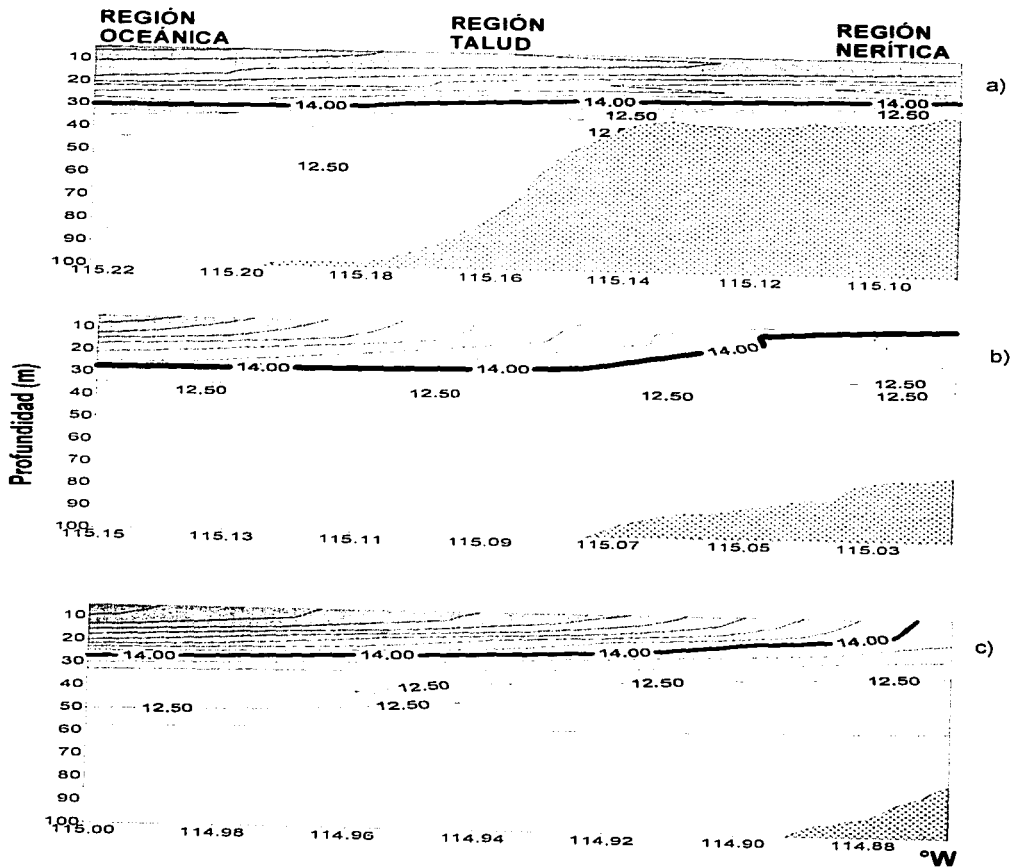


Figura 16. Perfiles de Temperatura de los transectos a) uno, b) dos y c) tres del muestreo de octubre 95.

TESIS CON  
FOLIOS DE ORIGEN

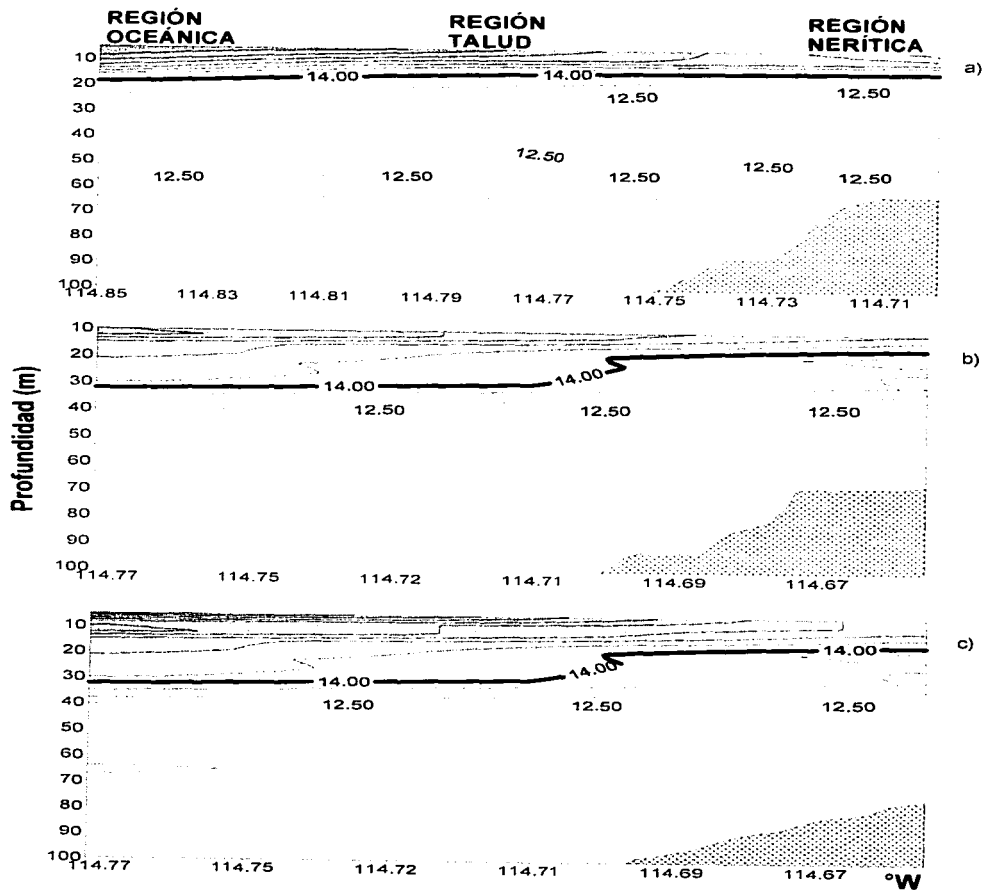


Figura 17. Perfiles de Temperatura de los transectos a) cuatro, b) cinco y c) seis del muestreo de octubre 95.

ESTADO CON  
MEXICANO

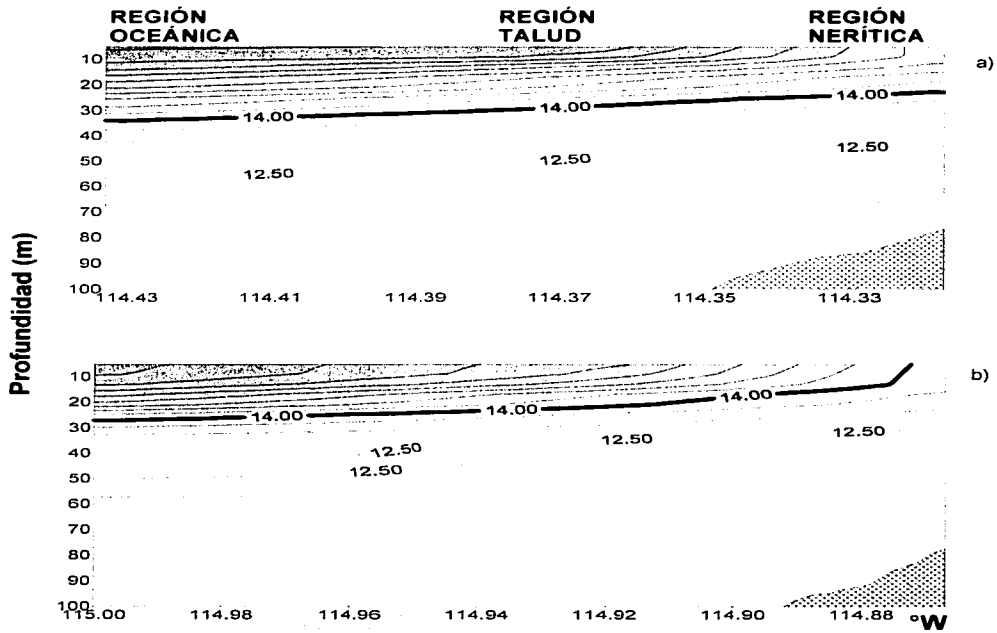


Figura 18. Perfiles de Temperatura de los transectos a) siete y b) ocho del muestreo de octubre '95.

IMPRESO CON  
FONTO ORIGINAL

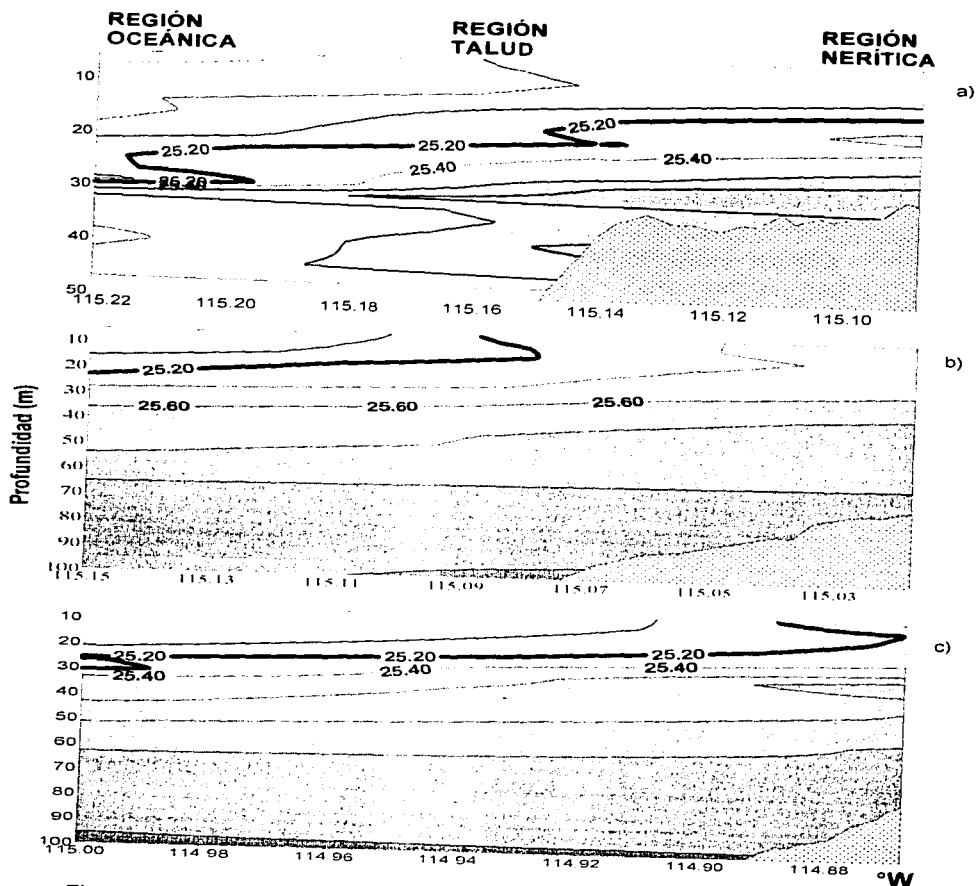
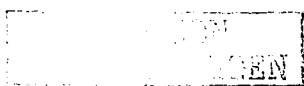


Figura 19. Perfiles de sigma-t de los transectos a) uno, b) dos y c) tres del muestreo de octubre 95.



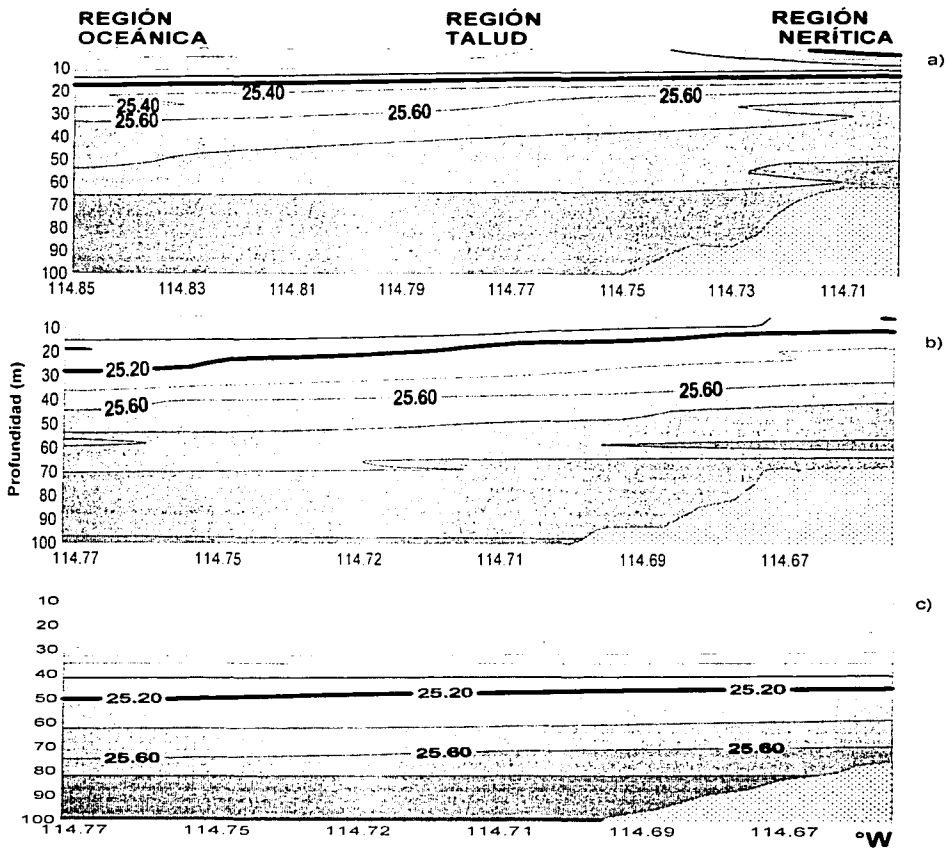


Figura 20. Perfiles de sigma-t de los transectos a) cuatro, b) cinco y c) seis del muestreo de octubre 95.

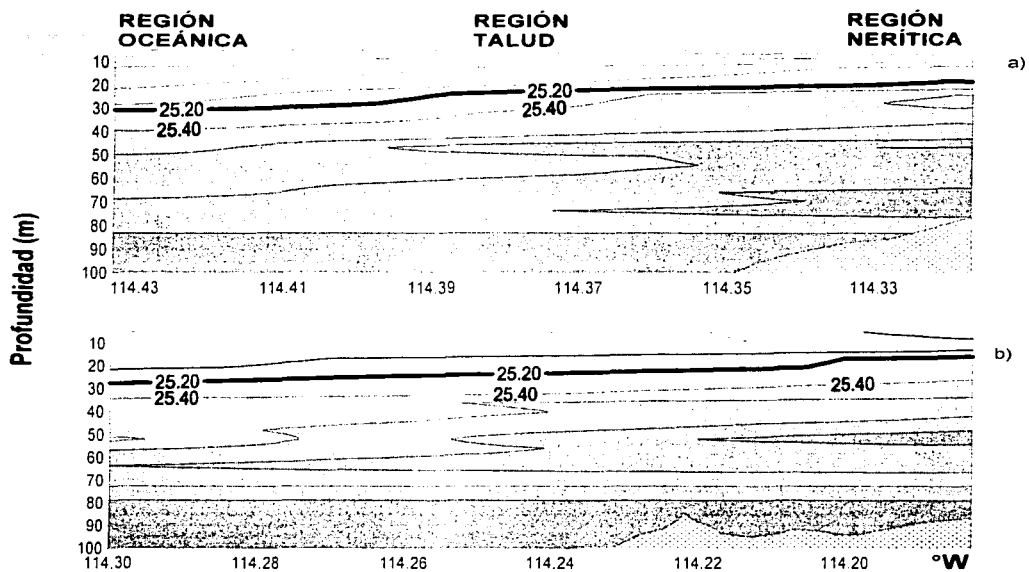


Figura 21. Perfiles de sigma-t de los transectos a) siete y b) ocho del muestreo de octubre 95.

marzo 96

La isoterma de los 14°C en el primer transecto se encontró a los 23 m en todas las regiones y entre los 5-18 m en la región talud y nerítica; en el transecto 2 y 4 solo se localizó en la región oceánica entre los 18 m de profundidad y la superficie, en el transecto 3 abarcó la región oceánica y talud, en los transectos 5, 6 y 7 se encontró entre los 30 y 40 m de profundidad en la región oceánica y en la región nerítica entre los 16 y 30 m (Figura 22-24).

Con lo que respecta a la isopicna 25.20 se notó un desplazamiento de la misma, del transecto 1 al 3, de la región nerítica a la oceánica de los 18 m de profundidad a la superficie; en los transectos 4 se localizó la isopicna de 25.60 a lo largo del transecto y la de 25.40 en el transecto 5 (podemos decir que la isopicna de 25.20 fue desplazada más allá del área donde se realizó el muestreo). En el transecto 6 la isopicna solo se localizó en la región oceánica a una profundidad de 12 m. En los transectos 7 y 8 se localizó solo entre la región oceánica y talud entre los 20 y 30 m de profundidad en la región oceánica y en la región talud entre los 30 m de profundidad y la superficie (Figura 25-27).

TRABAJO CON  
FACILIDAD DE ORIGEN

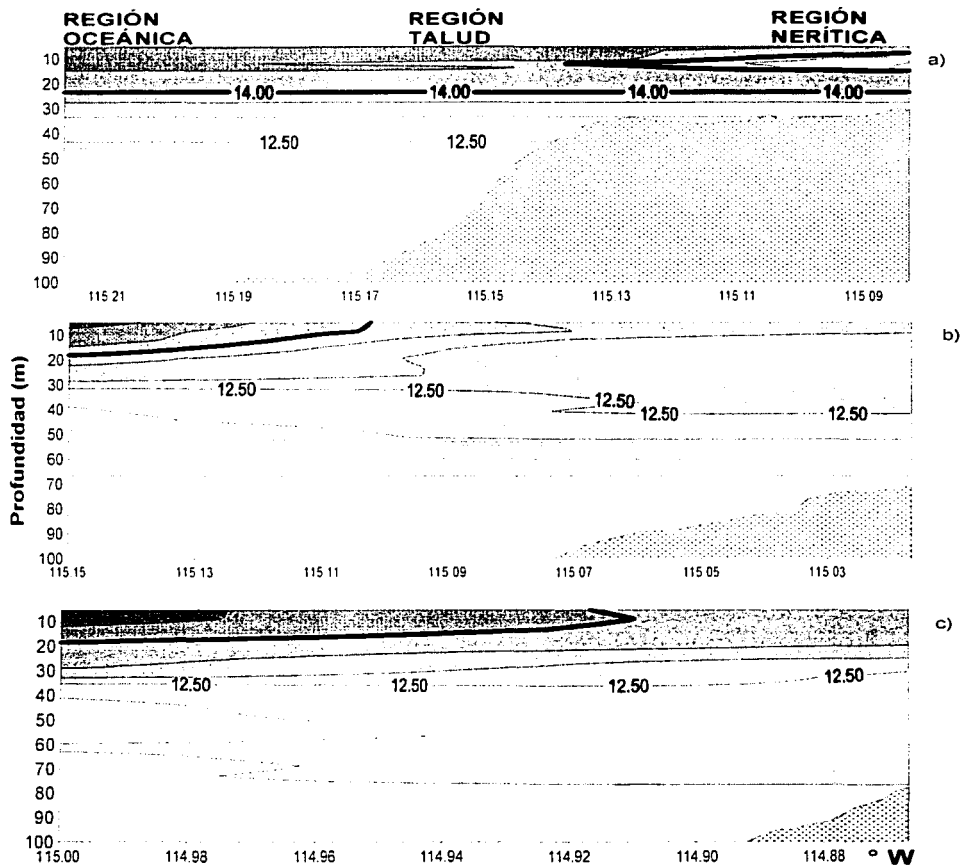


Figura 22. Perfiles de Temperatura de los transectos a) uno, b) dos y c) tres del muestreo de marzo 96.

WIS CON  
VAL DE OJENEN



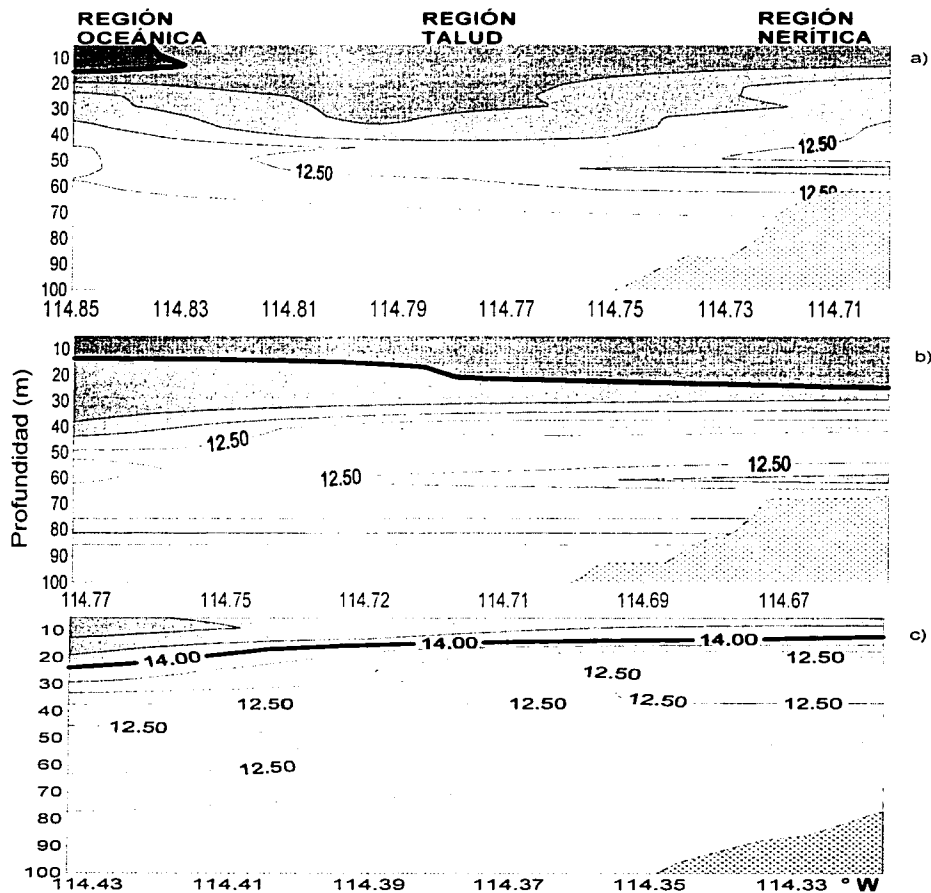


Figura 23. Perfiles de Temperatura de los transectos a) cuatro, b) cinco y c) seis del muestreo de marzo 96.

TRINIDAD  
CON  
COSTA RICA

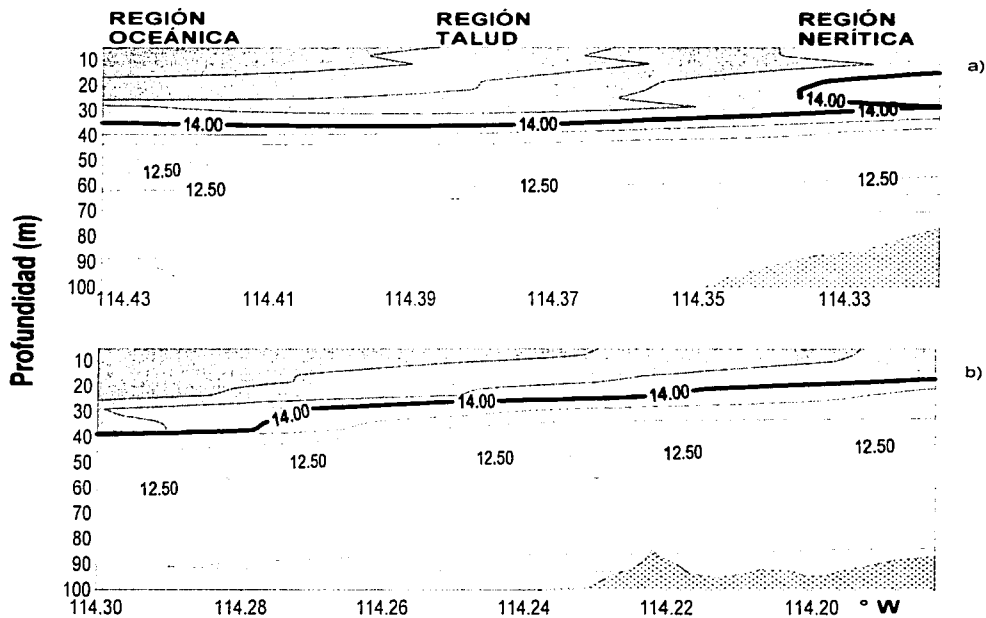


Figura 24. Perfiles de Temperatura de los transectos a) siete y b) ocho del muestreo de marzo 96.

TESIS CON  
ORIGEN

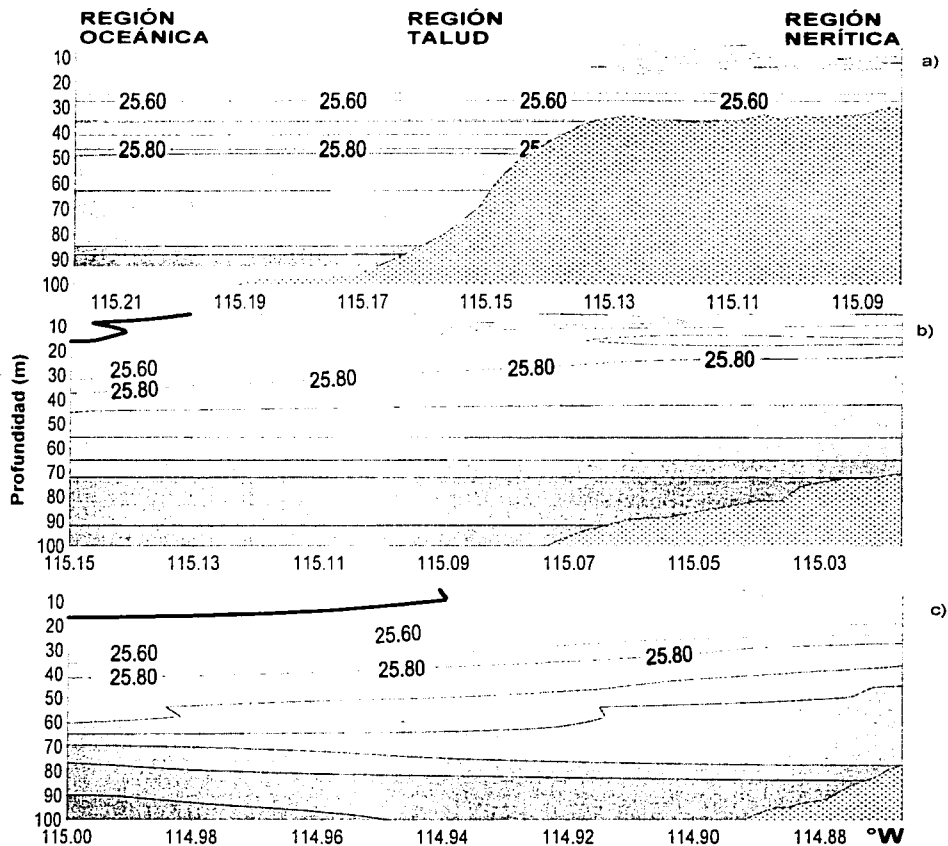


Figura 25. Perfiles de sigma-t de los transectos a) uno, b) dos y c) tres del muestreo de marzo 96.

TELEFON  
FALLA

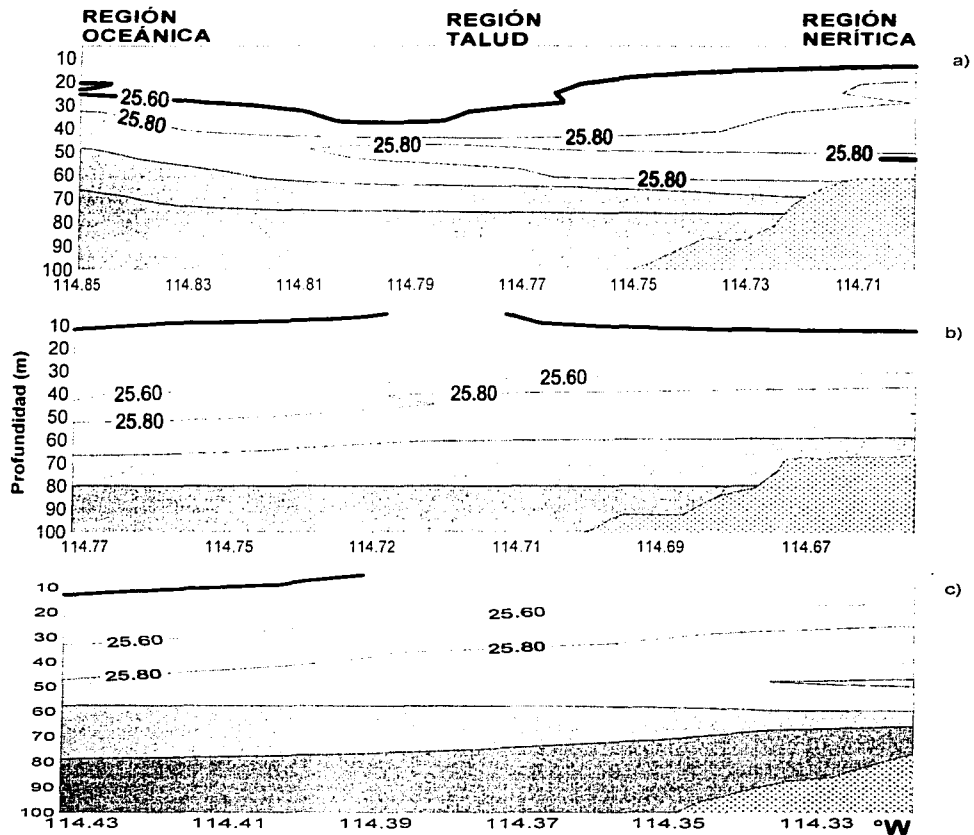


Figura 26. Perfiles de sigma-t de los transectos a) cuatro, b) cinco y c) seis del muestreo de marzo 96.

TRINIDAD  
FALLA DE CUBA

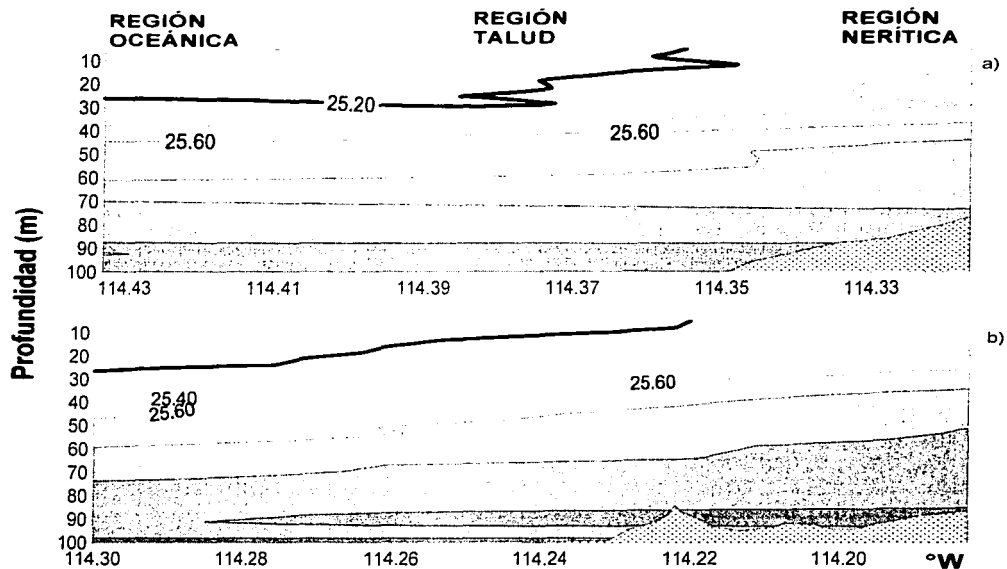


Figura 27. Perfiles de sigma-t de los transectos a) siete y b) ocho del muestreo de marzo 96.

TRINIDAD  
MARTÍN DELGADO

junio 96

La isoterma de los 14°C en el primer transecto se encontró a los 23 m en las regiones oceánica y talud; en el transecto 2 entre los 5-22 m de profundidad en la región oceánica y en la región talud y nerítica entre los 20 y 22 m de profundidad, en el transecto 3 se encontró a los 25 m de profundidad y abarcó la región oceánica y talud, en los transectos 5 se encontró a los 18 m de profundidad en las tres regiones y se desplazó de la región nerítica a la oceánica entre los 15 y 30 m de profundidad, en el transecto 6 la isoterma se localizó a los 30 m de profundidad en las tres regiones (Figura 28 y 29).

Con lo que respecta a la isopícnica 25.20 en el primer transecto se localizó a los 48 m de profundidad en las tres regiones, en el segundo transecto se localizó desde la superficie hasta los 28 m en la región nerítica, abarcando también la región talud, en la región oceánica solo se localizó en la superficie. En el tercer transecto se localizó en la región nerítica desde la superficie hasta los 18 m, y en la región talud y oceánica entre los 25 y 30 m de profundidad. En los transectos 5 y 6 se presentó abarcando las tres regiones en la profundidad de 22-15 m y 52-39 m respectivamente (Figura 30 y 31).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

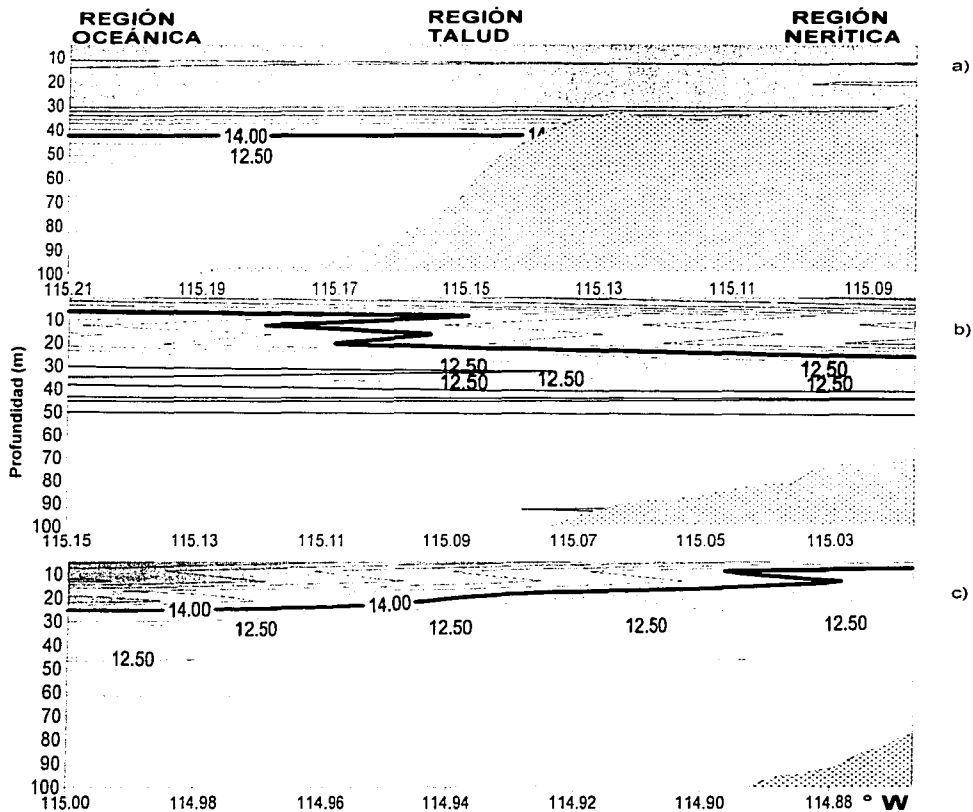


Figura 28. Perfiles de Temperatura de los transectos a) uno, b) dos y c) tres del muestreo de junio 96.

TESIS  
FALLA DE CUBIEN

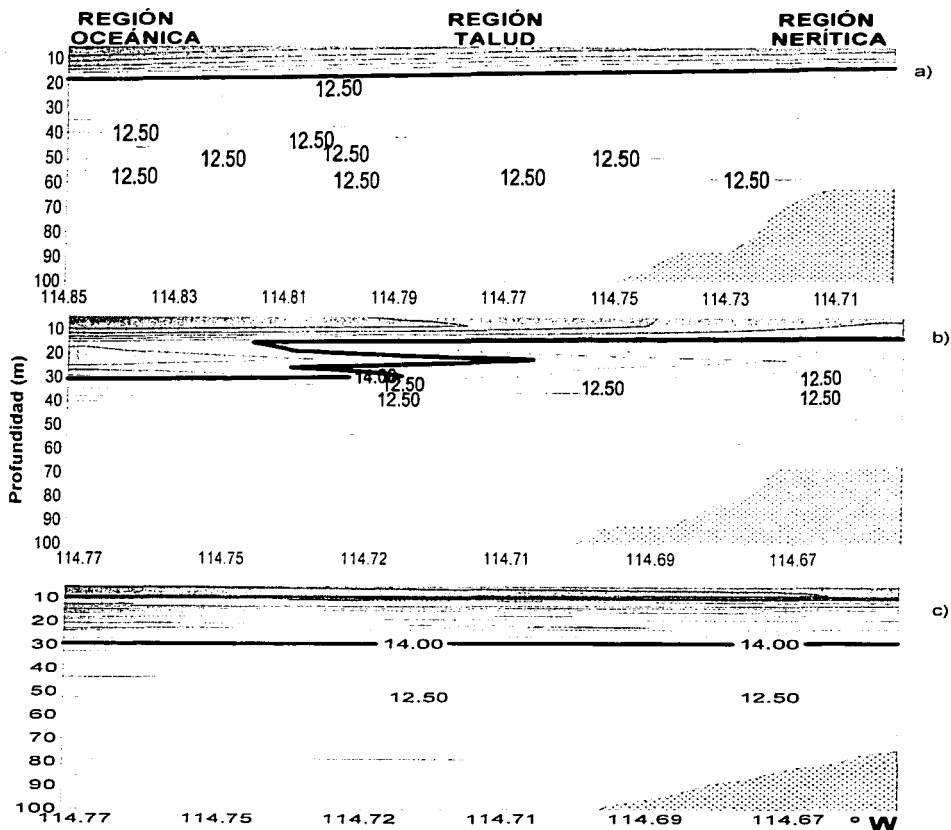


Figura 29. Perfiles de Temperatura de los transectos a) cuatro, b) cinco y c) seis del muestreo de junio 96.

TRABAJOS CON  
PALMARES EN CENCEN



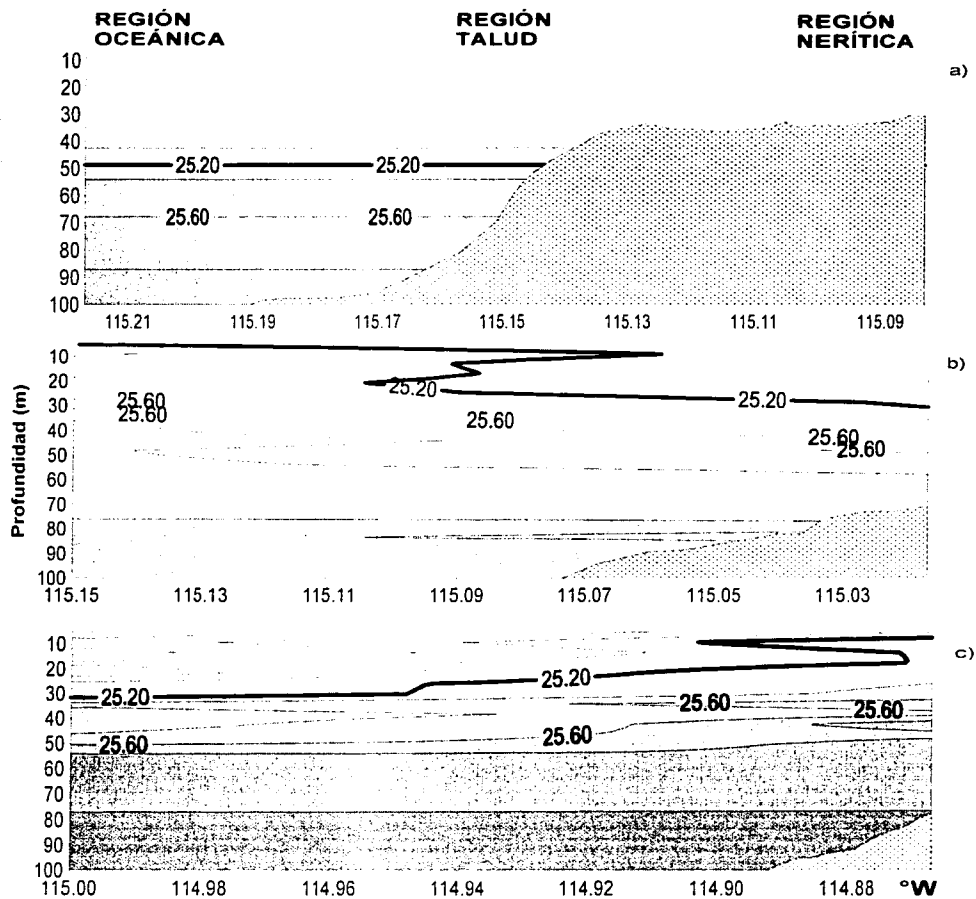


Figura 30. Perfiles de sigma-t de los transectos a) uno, b) dos y c) tres del muestreo de junio 96.

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO  
 FALLA DE CERCEN

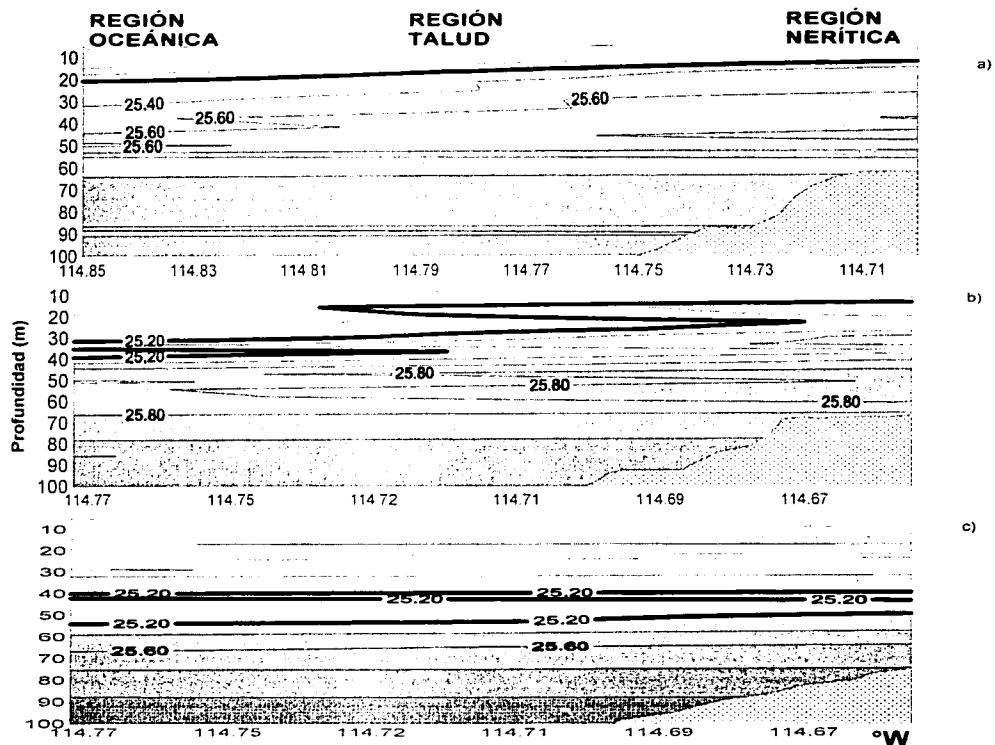


Figura 31. Perfiles de sigma-t de los transectos a) cuatro, b) cinco y c) seis del muestreo de junio 96.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **8.0 Relación entre variables oceanográficas y datos de abundancia obtenidos por medio de hidroacústica.**

Comparando las tres épocas de muestreo, se encontró una relación directa entre la temperatura promedio en el estrato de 5 a 50 m y la densidad de peces calculada por medio de acústica (Figura 32a). La tendencia es positiva y se ajusta mejor a una relación log-log. Con respecto a la salinidad, promediada en el estrato de 5 a 50 m, se encontró que la abundancia es mayor cuando la salinidad se reduce (Figura 32b). La relación es negativa y también se ajusta mejor a una relación log-log. Con respecto a la densidad del agua, la relación también es negativa (Figura 32c) y logarítmica en ambos ejes.

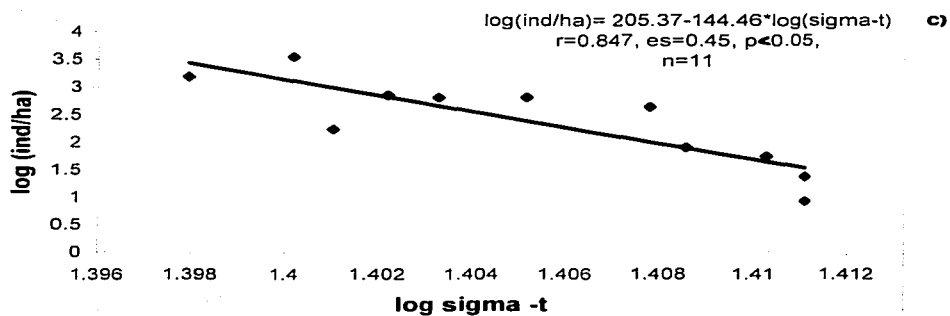
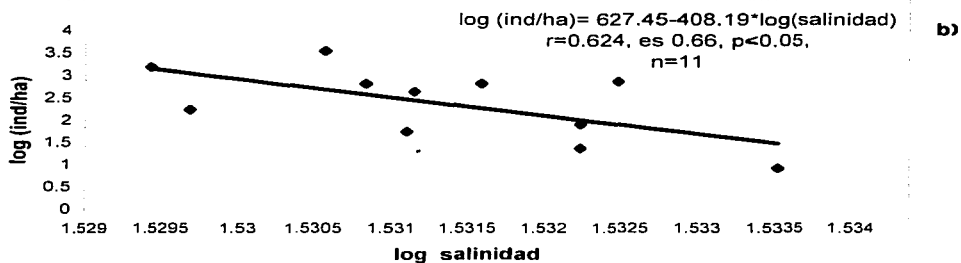
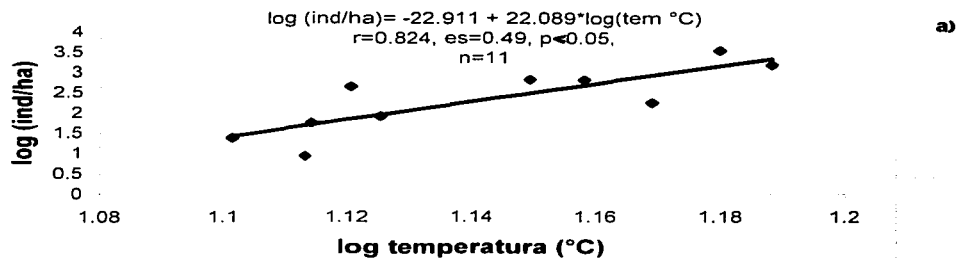


Figura 32. Relación de log (ind/ha) en los tres muestreos a) con temperatura, b) con salinidad y c) con sigma-t. (es= error estándar).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 9.0 Discusión

Los resultados sugieren que la distribución y abundancia de los peces en las tres épocas del año están relacionadas con las condiciones oceanográficas locales. En los muestreos de octubre y de julio se encontraron una mayor abundancia de peces, probablemente debido a condiciones ambientales favorables para la permanencia de peces pelágicos en el área. Específicamente, es probablemente que la temperatura del agua haya sido el controlador en la abundancia. Existen diversos trabajos que indican que los cardúmenes de peces pelágicos se distribuyen de acuerdo a rangos definidos de temperatura. Freón y Misund (1999), mencionan que los intervalos de temperatura donde se distribuyen los peces son amplios. Sin embargo, existe un intervalo estrecho óptimo para su captura. Kenmerer (1980, *in* Parrish, 1999) demostró que existe un nicho-espacio óptimo para los cardúmenes de *Brevoortia patronus*, donde la temperatura juega un papel muy importante. Adicionalmente a las variaciones en la temperatura y salinidad, los procesos de turbulencia debido a la surgencia pudieron haber influido en la distribución y abundancia de los datos registrados por medio de acústica. En este estudio, los procesos de surgencia se identificaron por medio de temperaturas bajas registradas cerca de la costa, así también como al seguimiento de las termoclinas y picnoclinas a lo largo de los transectos. Similarmente, Gómez-Valdéz (1982), en estudios realizados en punta Banda, Baja California y López (2000) han descrito que bajas temperaturas cerca de la costa indican la presencia de surgencias costeras. Cervantes-Duarte *et al.* (1993), utilizaron a la isoterma de los 13.5 °C como un índice de surgencia.

Marzo es uno de los meses con mayor índice de surgencia en la costa oeste de Baja California (Paulova *in* De la Lanza, 1996; Bakun y Parrish, 1982), por consiguiente existe una mayor disponibilidad de alimento (Summerhayes, 1995). Sin embargo los

procesos de turbulencia podrían limitar el éxito del desove de especies pelágicas. Bakun y Parrish (1982), mencionan que las condiciones de mezcla turbulenta y el transporte hacia fuera de la costa son procesos por los cuales las larvas y huevos de los peces pueden ser transportados muy afuera del área óptima de alimentación que son las zonas de surgencia. En el presente trabajo, la temperatura del agua más fría se encontró durante el muestreo de marzo, así también fue el mes con menor abundancia de ecos relacionados con peces pelágicos. Contrariamente, en el muestreo de octubre 95 se encontró la surgencia más débil, pero durante este mes se encontró la mayor abundancia de peces de los tres muestreos. El muestreo de junio 96 se considera como un caso de una surgencia moderada y una abundancia de peces de la misma escala, aquí quizá las estrategias reproductivas estuvieron reguladas por la turbulencia del agua.

La mayor abundancia de peces se localizó en la profundidad de 5-25m, arriba de la termoclina que normalmente se encontró a los 30 m de profundidad promedio en los tres muestreos. Sin embargo la relación no es clara, González y Ramos (1989, *in* Freon y Misund, 1999), mencionan que el índice de captura mayor sobre el promedio es cuando la termoclina es profunda y presenta un gradiente marcado. Fonteneau, A. y Diof, T. (1994), en estudios realizados en Maritania-Africa, zona rica en surgencias han encontrado que la estación pesquera presenta una relación con la profundidad de la termoclina local que es aproximadamente de 50 - 70m. Freon y Misund, (1999) han llegado a la conclusión que los diferentes factores (abióticos y bióticos) que caracterizan el habitat de especies pelágicas, son frecuentemente enlazados en tal forma que podría ser difícil identificar la clave, para un mejor habitat; las áreas costeras de surgencia, son un habitat común, para estas especies; pues es bien conocido que la fuerza del viento es la responsable para el surgimiento de aguas frías

ricas en nutrientes a la superficie, resultando una alta producción de fitoplancton. Sin embargo, es obvio que en muchos casos no es solo una llave sino una combinación de factores que interactúan, para desencadenar un hábitat propicio. El grupo GEOSPACE, (1993) describe a la termoclina y a la picnoclina como factores con características atractivas para la concentración de elementos nutritivos (fitoplancton) y al mismo tiempo como una frontera intransitable para algunos organismos, así también Brill (1997, *in* Freon y Misund, 1999); Sharples *et al.*, (2001) dan a la termoclina una interpretación fisiológica por el papel de cerca o reja por delimitar los factores oceanográficos más marcados.

Con la información biológica obtenida en las tres épocas de muestreo se corroboró que el tamaño de la mayoría de los peces colectados se relaciona con los registros acústicos de HADAS en el intervalo de fuerza de blanco de -32 a -44 dB (con el intervalo de 4 cm a 17 cm) de longitud total. Sin embargo es evidente que el muestreo biológico obtenido fue bastante pobre. Esto pudo haber sido debido a la poca eficiencia del tipo de arte de pesca utilizado. La red de media agua tipo Isaacs Kidd es una red que captura eficientemente peces pequeños, zooplancton y langostillas (Gómez *et al.*, 1999, 2000; Robinson *et al.*, 1998, 2000). Sin embargo es evidente que no es la más efectiva para capturar sardinas o anchovetas adultas (Robinson *et al.*, 2000). Es por lo tanto importante sugerir que en el futuro se utilice otro tipo de arte, por ejemplo red de cerco, o utilizar cámaras submarinas para la identificación de los blancos acústicos. González, (1996) llegó a la conclusión que la hidroacústica es una técnica eficiente para el diagnóstico de la abundancia de las poblaciones marinas *in situ*, complementada con el uso de redes para dirigir el muestreo en la dirección y profundidad adecuada, sin embargo de acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo se considera que es necesario contar con artes y

técnicas de pesca más eficientes con la finalidad de aumentar el número de capturas y por lo tanto lograr una mayor identificación de las especies y como consecuencia establecer las fuerzas de blanco reales. Así mismo, González (1996) en un estudio de zooplancton realizado en la costa oeste de Baja California, encontró que el intervalo de registros acústicos observados en la ecosonda corresponden a las especies de eufáusidos, dominantes en las colectadas con la red de media agua Isaacs-Kidd. Para la misma área López, (2000) menciona que obtuvo ecos con fuerza de blanco asociadas con pelágicos menores, aún cuando contó con pocos lances confirmatorios.

González (com. per., 2002) en una investigación realizada a bordo del buque de investigación pesquera del Instituto Nacional de Pesca, encuentra formas acústicas asociadas a cardúmenes de pelágicos menores en el Golfo de California, de ecogramas obtenidos con una ecosonda SIMRAD EY-200, utilizando el análisis del intervalo de -44 a -34 dB, realizando capturas con una red de media agua de pesca comercial (20 m de boca por 40 m de largo, con una malla en el copo de 20 mm) con arrastres de 30 minutos de duración a una velocidad de 3.5 nudos, obteniendo especies de pelágicos menores como: *E. mordax*, *S. caeruleus*, *E. teres*, *O. libertate*, *S. japonicus* y *T. symmetricus*. Las capturas promedio por lance fueron de 160 kilogramos, obteniéndose una captura de 800 kilogramos como la mayor.

Las capturas de peces obtenidas en este trabajo por medio de la red de media agua Isaacs-Kidd no fueron abundantes, siendo necesario corroborarlo por medio de capturas dirigidas de manera intensiva o bien optimizar las técnicas y artes de captura para tener una validación más veraz de la hidroacústica; lo anterior resalta la importancia de la propuesta de Gomez *et al.*, (1998) de la realización de estudios



bajo condiciones controladas como son los encierros, para la detección de los blancos acústicos.

## 10.0 Conclusiones

El área de estudio es un área en la cual no existe pesca intensiva de pelágicos menores. La pesca de estas especies esta orientada hacia la parte norte de la costa oeste de Baja California, con desembarques en Ensenada, y hacia el sur en Bahía Magdalena. Por lo tanto no es posible corroborar lo encontrado en este estudio con datos de captura. Sin embargo, la hidroacústica permitió hacer una evaluación de la distribución y abundancia de ecos relacionados con pelágicos menores independiente de la pesca. Este trabajo es uno de los primeros que se realiza en el área. Robinson *et al* (1995) describieron el comportamiento de los cardúmenes de anchoveta en la misma área de estudio del presente trabajo. Este tipo de estudios, permite tener una idea de cómo es el comportamiento de estas especies relacionadas con parámetros oceanográficos, y pueden dar pauta a estudios posteriores en los cuales se implementen nuevas técnicas de captura para confirmar la naturaleza de los ecos, así como el uso de técnicas de muestreo de zooplancton y fitoplancton para un análisis integral del ecosistema.

## 11.0 Referencias

- Aladro-Lubel, 1992. Guía de Prácticas de campo de protozoarios e invertebrados estuarinos y marinos. AGT editor, México. 99p.
- Arenas, F.V. 1992. Ecosistemas de Surgencia. Ciencia, 43. Núm especial, 91-95.
- Argyle, R.I. 1992. Acoustics as tool for the assessment of Great Lakes forage fisheries. Fisheries Research, 14: 179-196.
- Bailey, R.S. 1992. Pelagic Fish The Resource and its Exploitation. Chapter 1. The global pelagic fish resource and its biological potential. 1ª. Ed. Burt, J. R, Hardy, R. y Whittle, K. J. p: 1-20.
- Bakun, A. y Parrish, R. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru current system. CalCOFI Rep, (23):99 -112.
- Barange, M., Hampton, I. y Soule, M. 1996. Empirical determination of *in situ* target strengths of three loosely aggregated pelagic fish species. ICES. Journal Marine Science, 53: 233-236.
- Baumgartner, R.T., Soutar, A. y Ferreira, B.V. 1992. Reconstruction of the history of Pacific Sardine and Northern Anchovy Populations Over The Past Two Millennia From Sediments Of The Santa Barbara Basin, California. CalCOFI Rep., (33): 24-40.
- Brandt, B.S., Mason, M.D., Patrick, V., Argyle, L.R., Wells, L., Unger, P.A. y Stewart, J.D. 1991. Acoustics measures of the abundance and size of pelagic planktivores in Lake Michigan. Canadian Journal Fisheries Aquatic Science, 48: 894-908.
- Brandt, B.S. 1996. Acoustic Assessment of Fish Abundance and Distribution. Chapter 13. Fisheries Techniques. 2ª. Ed. Usa. p: 385-432.
- Burczynski, J.J. y Jonson, R.L. 1986. Application of dual-beam acoustic survey

- techniques to limnetic populations of juvenile sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). Canadian Journal Fisheries Aquatic Science, 43:1776-1788.
- Cervantes-Duarte, R., Aguinaga-García, S. y S. Hernández Trujillo. 1993. Condiciones de surgencias asociadas a la distribución de zooplancton en San Hipólito, B.C.S. Ciencias Marinas, 19 (1): 117-135.
  - Chávez, H., Silvia, S. y Sunada, S. 1979. La pesquería de la anchoveta *Engraulis mordax*, en California y Baja California durante 1975, con datos sobre el desarrollo de la industria en 1976-1977. Serie Científica No. 20, 1979. Dirección Nacional del Instituto Nacional de Pesca. México. 48pp.
  - Cisneros-Mata, M.A. 1991. Pesquería de la Sardina. SEMARNAP INP. CRIP-GUAYMAS. Documento interno. 14pp.
  - Clay, C.S. 1983. Deconvolution of the fish scattering PDF from the echo PDF for single transducer sonar. Journal of the Acoustical Society of America, 73:1989-1994.
  - Cury, P., y Roy, C. 1988. Optimal Environmental Window and Pelagic Fish Recruitment Success in Upwelling Areas. Canadian Journal Fisheries Aquatic Science, 46: 670-680.
  - De la Lanza, E.G. 1991. Oceanografía de mares mexicanos Ed. AGT Editor, S.A. México, 211-399.
  - Dickie, L.M., Dowd, R.G. y Boudreau, P.R. 1983. An Echo Counting and Logging System (Ecolog) for Dermasal Fish size Distributions and Densities. Canadian Journal Fisheries Aquatic Science, 40: 487-498.
  - FAO, 1990. Aplicación de la tecnología de percepción remota a las pesquerías marinas: manual introductorio (295): 1-4.
  - FAO, 1995. Guía para la identificación de especies para los fines de pesca.

Pacífico Centro-Oriental, 1 y 2: 649-1813.

- Fonteneau, A. y Diof, T. 1994. An efficient way of batí - fishing for tunas recently developed in Senegal. *Aquatic Living Resources*, (7): 139-151.
- Foote, K.G. 1987. fish Target strength for use in echo integrator surveys. *Journal of the Acoustical Society of America*, 82: 981-987.
- Freón, P., M. Soria, C. Mullon, y Gerlotto, F. 1993. Diurnal variation in fish density estimate during acoustic surveys in relation to spacial distribution and avoidance reaction. *Aquatic Living Resources*, (6): 221-224.
- Freón, P. y Misund, O. M. 1999. Dynamics of pelagic fish distribution and behaviour: Effects on fisheries and stock assessment. *Fishing News Books*. 348p.
- García, F.W. y Sánchez, R.J. 1996. Boletín anual temporada 1995. Proyecto Pelágicos Menores. INP, SEMARNAP, 15 pp
- GEOSPACE Group. 1993. The spatial organization of aquatic populations as observed using hydroacoustic methods. *Aquatic Living Resources*, 6: 171-176.
- González, CH. G. 1996. Estudio de la migración, distribución y abundancia de eufausidos por medio de la hidroacústica en la costa occidental de Baja California, México. Tesis de Licenciatura. UNAM. México. 113 p.
- Gómez, G. J., Robinson, C. y Arenas, F. V. 1998. La Hidroacústica, una moderna herramienta para el estudio de la biología y la ecología del ecosistema pelágico marino. *Ciencia*, 49 (2): 11-22.
- Gómez, J.G., González, Ch. y Robinson, C.J. 1999. Latitudinal changes of euphausiid assemblages related to the morphological variability of the sound scattering layer along Baja California, october, 1994. *Scientia Marina*, 63: 79-91.

- Gómez, J.G. y Robinson, C.J. 2000. Hydroacoustical evidence of autumn inshore residence of the pelagic red crab *Pleuroncodes planipes* at Punta Eugenia, Baja California, México. Marine Ecology Progress Series, 208: 283-291.
- Gómez-Valdéz, J. y Vélez-Muñoz, H. M. 1982. Variaciones estacionales de temperatura y salinidad en la región costera de la Corriente de California. Ciencias Marinas, 8(2):167-178.
- Gunderson, D. 1993. Surveys Fisheries Resources. John Wiley & Sons, Inc. New York. 248 p.
- Hansson, S. 1993. Variation in hydroacoustic abundance of pelagic fish. Fisheries Research, (16): 203-222.
- Hickey, B.M. 1979. The California Current System- hypotheses and facts. S. Progress Oceanography, (8): 191-279.
- I.N.P. 2000. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo. Pelágicos Menores. SAGARPA. P:73-90.
- Hoar, W. S. y Randall. 1978. Fish Physiology. Locomotion, Vol. 7, 576p.
- Lindem, T. y Hourii, H. A. 1988. Hidro Acoustic Data Acquisitions System (HADAS). Department of Physics, University Oslo, Oslo Norway. 4p.
- Lo, NCH., Hunter, JR. y Churnside, JH. 2000. Modeling statistical performance of an airborne lidar survey system for anchovy. Fishery Bulletin, 98 (2) : 264-282
- 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 Licenciatura. UNAM. México. 87p.
- Love, R.H. 1971. Dorsal - aspect target strength of an individual fish. Journal of

- the Acoustical Society of America, 49: 816-823.
- Lluch-Belda, D., Arvizu, J., Baumgartner, T., Cota, A., Coto, C.E., García, W., Green, Y.A., Hamann, G., Hernández, S., Lizarraga, S., Martínez, M.A., Morales, R., Nevarez, M.O., Ochoa, R.I., Páez, F., Pedrín, O., Rodríguez, R., Salinas, C.A., Santos, P. y Torres, J.r. 1994. Estado Actual de la pesquería de sardina y anchoveta: Pesquerías relevantes de México. 3: Peces. INP/SePesca México. 164p.
  - MacLennan, D.N. 1990. Acoustical measurement of fish abundance. Journal of the Acoustical Society of America, 87:1-15.
  - MacLennan, D.N. y Simmonds, E.J. 1992. Target strength. Chapter 6. Fisheries acoustics. Chapman and Hall. 2a. Ed. London p: 164-200.
  - MacLennan, D.N. y Meanz, A. 1996. Interpretation of in situ target-strength data. ICES. Journal Marine Science, 53: 233-236.
  - Marchal, E. y Petitgas, P. 1993. Precision of acoustic fish abundance estimates: separating the number of schools from the biomass in the schools. Aquatic Living Resource, (6):211-219.
  - Melcer, J., García, F.W., Mondragón, C.E. y Cota, V.A. 1976. Memorias del Primer Simposium sobre Recursos Pesqueros. Ensenada, México. 302-344 pp.
  - Misund, O.A. 1993. Abundance estimation of fish schools. Aquatic Living Resource, (6) 3: 236-241.
  - Nervéz-Martínez, M., Lluch-Belda, D., Cisneros-Mata., Santos-Molina., Martínez-Zavala y Lluch-Cota. 2001. Distribution y abundance of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California and their relation with the environment. Progress in Oceanography. 1-16.
  - Parés, S. A., M. López y Pavía, G. E. 1997. Oceanografía Física del Océano

Pacífico Nororiental. Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana. pág: 1-24.

- Parrish, K. J. 1999. using behavior and ecology to exploit schooling fishes. *Environment Biology Fisheries*. 55: 157-181.
- Pedrín - Osuna, O.A. Granados - Gallegos y M.L. Cota-Villavicencio, A. 1992. Tasas de explotación y mortalidad de por pesca de la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*) para el período de 1974 a 1989. *Ciencias. Marinas*, 8(34): 97-113.
- Pitcher, T.J. 1983. Heristic definitions of fish shoaling behaviour. *Animal Behaviour*, 31:611-612.
- Pitcher, T.J. 1986. Predators and food are the keys to understanding fish shoals: A review of recent experiments. *Naturaliste Canadian*, 113: 225-233.
- Radovich, J. 1979. Managing pelagic schooling prey species. In: *Predator-prey system in fisheries management* ( Clapper H, Ed) .pp. 365-3733. USA: Sport Fish. Inst. Washington, USA.
- Robinson, C.J Arenas F.V. y Gómez, J.G. 1995. Diel vertical and offshore-inshore movements of anchovie soff central Baja California. *Journal of Fish Biology*, 47, 877-892.
- Robinson, C. J. y Gómez, J. G. 1998. Daily vertical migration of dense scatter layer related to shelf break area along the northwest coast of Baja California, Mexico. *Journal of Plankton Research*, 30, 1679-1697.
- Robinson, C.J., Gómez, J.G., Felix-Uraga y Arenas F.V. 2000. Seasonal hydroacoustical observations of small pelagic fish behaviour in Magdalena Bay, Mexico. *Aquatic Living Resources*, 13 (1), 11-18.
- Rojas, M. J. 2000. Cambios en la disponibilidad de la anchoveta norteña en la

costa occidental de Baja California. Tesis Licenciatura. UABC. Ensenada, B. C., México. 67p.

- Rudstam, L.G., Hansson, S., Lindem, T. y Einhouse, W.D. 1999. Comparison of target strength distributions and fish densities obtained with split and single beam echo sounders. *Fisheries Research*, 42: 207-214.
- Schalk, P.H., Zijlstra, J.J. y Witte, J.I.J. 1990. Spatial and seasonal differences in acoustic recordings of the Sea (Indonesia), obtained with a 30 kHz echosounder. *Nether. Journal Sea Research*, (25): 611-620.
- Sharples, J. y Moore, M. 2001. Phytoplankton distribution and survival in the thermocline. *Ocean. Limnol. Oceanog.* 46 (3):486-496.
- Sokolov, V.A. y Wong, M.R. 1972. Programa de Investigaciones de fomento Pesquero, FAO. 1-50 pp.
- Squire, J. L. 1993. Relative abundance of pelagic resources utilized by the California purse-seine fishery: Results of an airborne monitoring program, 1962-1990. *Fishery Bulletin*, 91 (2): 348-361.
- Swartzman, G., Brodeur, R., Napp, J., Walsh, D., Hewitt R., Demer, D., Hunt, G. y Logerwell, E. 1999. Relating spatial distributions acoustically determined patches of fish and plankton: data viewing, image analysis, and spatial proximity. *Canadien Journal Fisheries Aquatic Science*, 56 (Suppl. 1): 188-198.
- Tameishi, H., Shinomiga, H., Aoki, y Sugimoto, T. 1996. Understanding Japanese sardine migrations using acoustic and other aids. *ICES. Journal Marine Science*, 53 (2): 167-171.
- Unger, P.A. y Bran, S. 1989. Seasonal and diel changes in sampling conditions for acoustic surveys of fish abundance in small lakes. *Fisheries Research*, (7): 353-366.



- Vidal-Talamantes, R. 1995. Desarrollo de la pesquería de anchoveta norteña (*Engraulis mordax*) en Baja California, durante el período 1972-1992. Ciencias Marinas, 21(3):2143 -263.
- Villamar, A., Barrera, A., Castellanos, E., Cota, A., Chávez., de la Rosa, M., Escudero, M., García, W., Green, J.M., Jiménez, R., Mondragón, E. y Silvia, S.1979. Análisis y propuesta nacional para la administración de la pesquería de anchoveta. Departamento de Pesca. Dirección General del INP. Programa Anchoveta. 244p.
- Walsh, J.J., Whitley, T.E., Kelley, J.C., Huntsman, S.A. y Pillsbury, R.D. 1974. Further transition states of The Baja California upwelling ecosystem. Limnol. Oceanogr., 22(2):264-280.
- Walline, D.P., Pisanty, S. y Lindem, T. 1992. Acoustic assessment of the number of pelagic fish in Lake Kinneret, Israel. Hidrobiología, 231: 153-163.
- Weill, A.C., Scalabrin, C. y Diner, N. 1993. MOVIES-B an acoustic detection description software: Application to shoal species classification. Aquatic Living Resources, 6: 255-267.
- Weimer Richard,C:1996. Estadística. CECSA. México. 839 p.
- Weston, D. E. y Andrew, H.W. 1990. Seasonal sonar observation of the diurnal shoaling times of fish. Journal of the Acustical Society of America, 87: 673-680.