

00344  
12



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

## VARIABILIDAD TERMICA Y SUS EFECTOS EN LA DISTRIBUCION DE SARDINA MONTERREY EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

### T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGIA DE SISTEMAS Y RECURSOS ACUATICOS)

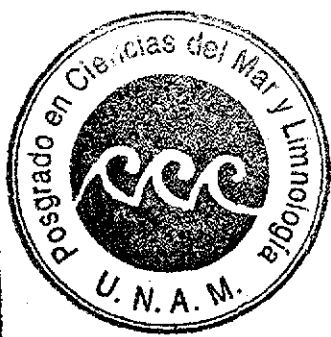
PRESENTA

**BIOL. FRANCISCO PAEZ BARRERA**

DIRECTOR DE TESIS: DRA. ELBA E. VILLANUEVA URRUTIA



MEXICO, D. F.



2002

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**



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.

El presente trabajo se desarrolló en el Instituto Nacional de la Pesca (INP) y el Centro de Ciencias de la Atmósfera bajo la dirección de la DRA. ELBA E. VILLANUEVA URRUTIA.

## AGRADECIMIENTOS

A la directora de esta tesis, DRA. ELBA E. VILLANUEVA U. por la asesoría y apoyo.

A los miembros del comité tutorial, DR. INGVAR EMILLSSON y DRA. GUADALUPE DE LA LANZA E.

Al grupo de sinodales DR. FRANCISCO XAVIER CHIAPPA CARRARA, DR. DANIEL LLUCH BELDA, DR. LUIS ARTURO SOTO GONZÁLEZ y al DR. CARLOS JORGE ROBINSON MENDOZA por la revisión del manuscrito y sugerencias.

A la BIÓL. ROSA M. OLVERA LIMAS por proporcionar la información de cruceros de ictiopláncton del INP.

Al ING. MIGUEL A. VALDÉS y a investigadores de La Secretaría de Marina, Pémex, UNAM, CICIMAR por compartir la información de temperatura de los cruceros realizados en el Golfo de California.

Al ING. ALEJANDRO LIEDO G. y a la M. en C. ALMA ROSA PADILLA por su apoyo en el procesamiento de datos.

DEDICATORIA.

A MIS PADRES JOSÉ PÁEZ GALICIA y TRINIDAD BARRERA SERRALDE,  
PORQUE MIS LOGROS TAMBIEN SON DE ELLOS, POR SU EJEMPLO EN EL  
TRABAJO Y POR SU ENORME APOYO PARA SALIR ADELANTE EN LA VIDA.

A MI ESPOSA ROSARIO MARIA LARIOS OSUNA. POR SU IMPULSO Y  
COMPRENSIÓN.

A MIS HIJOS: FRANCISCO, MARIANA y LUIS FERNANDO POR DARLE LUZ  
A NUESTRA VIDA.

## CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	5
3. OBJETIVOS	7
4. HIPÓTESIS	8
5. MATERIAL Y MÉTODOS	8
5.1 Fuentes de información	8
5.2 Área de estudio	12
5.3 Procesamiento	13
6. RESULTADOS	16
6.1 Análisis estadístico	16
6.2 Temperatura y escalas de estudio	18
6.3 Temperatura en el Golfo de California	19
6.4 Temperatura entre décadas en el periodo 1969-1994	25
7. VIENTOS	29
7.1 Frecuencia por dirección y rapidez interanual del viento	29
7.2 Análisis espectral del viento	31
8. VARIABILIDAD TÉRMICA, DISTRIBUCIÓN Y CAPTURA	35
8.1 Efectos de "El Niño" en la distribución de sardina	40
9. ABUNDANCIA RELATIVA	41
10. DISCUSIÓN	43
11. CONCLUSIONES	51
12. PERSPECTIVAS	53
13. BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXO 1	61
ANEXO 2	62
ANEXO 3	84
ANEXO 4	86
ANEXO 5	89

## VARIABILIDAD TÉRMICA Y SUS EFECTOS EN LA DISTRIBUCIÓN DE SARDINA MONTERREY EN EL GOLFO DE CALIFORNIA.

### RESUMEN

Registros del viento de Mazatlán y Guaymas y de temperatura superficial de 75 cruceros oceanográficos realizados entre 1969 y 1994, se usaron para observar la variación climática en el Golfo de California, y si ocurre, determinar sus efectos en la distribución y abundancia de larvas y adultos de sardina Monterrey (*Sardinops caerulea*).

El análisis mostró un cambio térmico en el agua superficial del Golfo, desde un estado frío hacia un estado cálido. El cambio no fue gradual, en el transcurso de los años ocurrieron variaciones térmicas con incrementos y disminuciones de temperatura interanual, que en conjunto condujeron hacia un estado climático cálido. El cambio de estado se reflejó en cambios de distribución y fluctuaciones de biomasa, desde una baja abundancia y bajas capturas en el estado frío hacia una gran abundancia y altas capturas de sardina en el estado cálido.

En el periodo frío (1969 a 1976), cuando predominaron anomalías térmicas negativas y vientos fuertes; la distribución de larvas y adultos en invierno y primavera se extendió hasta las inmediaciones de Mazatlán, al sur de los 22°N. En este periodo el promedio de la abundancia total desde 22°N a 30°N fue de 1,211 larvas estandarizada a 10 m<sup>2</sup>. Entre 1977 y 1987, cuando predominaron anomalías térmicas positivas y vientos moderados, las larvas se concentraron en la región central del Golfo, desde Isla Tiburón hasta los 23°N, pero no las cercanías de Mazatlán. La concentración de larvas hacia la región central mostró una reducción del área de distribución de aproximadamente un grado de latitud; no fue propiamente una contracción, ya que la sardina se expandió hacia ambas costas y en áreas oceánicas del Golfo. En estas condiciones aumentó la abundancia hasta un promedio de 3,893 larvas a 10 m<sup>2</sup> en el área central del Golfo y se logró el mayor volumen de captura.

El periodo de 1991 a 1993, cuando hubo anomalías positivas y negativas, no se localizaron larvas en las regiones del centro y sur del Golfo, solamente en las regiones 27°N y 28°N al norte del Golfo, lo que significó una contracción de aproximadamente cinco grados de latitud, el promedio de la abundancia disminuyó a menos de tres larvas, la más reducida abundancia de los tres periodos. Entre 1991 y 1993 la captura declinó a sus niveles más bajos en toda la historia de la pesquería.

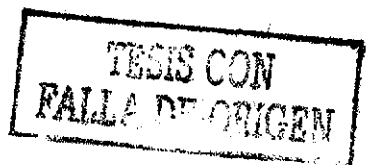
La abundancia de larvas está relacionada con la biomasa de la población. De acuerdo a evaluaciones por medio de censos larvales, la biomasa reproductiva en el primer periodo no rebasó 350,000 t, mientras que en el segundo periodo alcanzó un máximo de 1,3 millones de toneladas. En el último periodo, cuando la abundancia de larvas fue escasa, la captura comercial disminuyó a 7000 t, el más bajo nivel desde el inicio de la pesquería

## 1 -INTRODUCCIÓN

En 1969, cuando inició la pesquería de sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*), por la necesidad de instalar la industria sardinera en el Golfo de California, se realizaron cruceros de prospección pesquera que buscaban áreas de concentración, los circuitos migratorios de la sardina y las condiciones físicas en las zonas de concentración. Desde entonces se han observado variaciones en las rutas y en la extensión de las migraciones hacia el sur, fluctuaciones de la captura y cambios de abundancia y en el ambiente pelágico variaciones térmicas.

El alcance de las migraciones hacia el sur y los cambios de abundancia de sardina, se habían explicado por el uso de diferentes escalas espacio-temporales en los viajes oceanográficos o cruceros. Aunque tal percepción es cierta, los cambios de abundancia y en la extensión de las migraciones no sólo se originan por las diferencias en el alcance geográfico en los cruceros, también se originan por la variabilidad climática que ocurre en escala estacional, interanual y entre décadas (Lluch-Belda *et al.*, 1989, 1995).

Mediante el análisis espectral del viento y de las variaciones espacio temporales de la temperatura y del viento se analizaron los cambios de distribución y de abundancia de





El periodo de 1991 a 1993, cuando hubo anomalías positivas y negativas, no se localizaron larvas en las regiones del centro y sur del Golfo, solamente en las regiones 27°N y 28°N al norte del Golfo, lo que significó una contracción de aproximadamente cinco grados de latitud, el promedio de la abundancia disminuyó a menos de tres larvas, la más reducida abundancia de los tres periodos. Entre 1991 y 1993 la captura declinó a sus niveles más bajos en toda la historia de la pesquería.

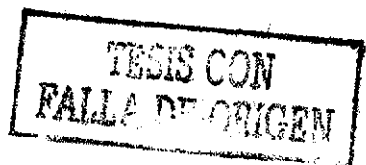
La abundancia de larvas está relacionada con la biomasa de la población. De acuerdo a evaluaciones por medio de censos larvales, la biomasa reproductiva en el primer periodo no rebasó 350,000 t, mientras que en el segundo periodo alcanzó un máximo de 1,3 millones de toneladas. En el último periodo, cuando la abundancia de larvas fue escasa, la captura comercial disminuyó a 7000 t, el más bajo nivel desde el inicio de la pesquería

## 1 -INTRODUCCIÓN

En 1969, cuando inició la pesquería de sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*), por la necesidad de instalar la industria sardinera en el Golfo de California, se realizaron cruceros de prospección pesquera que buscaban áreas de concentración, los circuitos migratorios de la sardina y las condiciones físicas en las zonas de concentración. Desde entonces se han observado variaciones en las rutas y en la extensión de las migraciones hacia el sur, fluctuaciones de la captura y cambios de abundancia y en el ambiente pelágico variaciones térmicas.

El alcance de las migraciones hacia el sur y los cambios de abundancia de sardina, se habían explicado por el uso de diferentes escalas espacio-temporales en los viajes oceanográficos o cruceros. Aunque tal percepción es cierta, los cambios de abundancia y en la extensión de las migraciones no sólo se originan por las diferencias en el alcance geográfico en los cruceros, también se originan por la variabilidad climática que ocurre en escala estacional, interanual y entre décadas (Lluch-Belda *et al.*, 1989, 1995).

Mediante el análisis espectral del viento y de las variaciones espacio temporales de la temperatura y del viento se analizaron los cambios de distribución y de abundancia de



sardina en tres escalas: estacional, interanual y entre décadas. La estacional puede abarcar desde unos meses hasta las cuatro estaciones del año y algunos kilómetros; por ejemplo la alternancia del viento que sopla del NW y las bajas temperaturas en otoño-invierno, que es cuando la sardina realiza sus migraciones desde la zona de las grandes islas hacia el sur. La escala interanual se refiere a las variaciones de temperatura y el viento entre año y año. Las variaciones en escala decadal analizan las anomalías térmicas de al menos dos décadas con varios eventos "El Niño", generalmente están asociadas a contracciones y expansiones de sardina.

Los estudios de distribución y abundancia de sardina en el Golfo no se habían relacionado a mayor escala que la interanual porque la serie histórica de datos de la pesquería es relativamente corta (1969-1994). Entre los estudios que analizan la variabilidad climática interanual y entre décadas y su relación con cambios de distribución y abundancia, destacan las aportaciones sobre el problema del régimen y los cambios en la extensión de las migraciones de la sardina de California y del Golfo (Lluch-Belda *et al.*, 1986, 1989, 1995).

Se sabe que la sardina del Golfo, con el inicio de los vientos del NW y por el enfriamiento estacional de otoño se expande desde las grandes islas (zona de concentración permanente) hacia el sur y regresa a la zona de islas en verano, pero se desconoce porqué sus migraciones son variables en su alcance hacia el sur. Se ha reportado que en la temporada de pesca 1971/72 (años fríos), la sardina Monterrey invadió la zona de Mazatlán, esta expansión hasta Mazatlán se explicó por el enfriamiento estacional (Lluch-Belda *et al.*, 1986), pero no se ha explicado porqué la sardina permaneció en Mazatlán hasta la temporada 1975/76 y porqué en años sucesivos a 1976 se retiró y no se capturó en las zonas de pesca de Mazatlán.

Se sabe que los cambios oceanográficos en el ambiente pelágico resultan en cambios de distribución y abundancia, caracterizadas por expansiones con aumentos de abundancia en condiciones frías, y contracciones y disminución de abundancia en condiciones cálidas, en diferentes escalas de tiempo desde la estacional hasta la geológica (Lluch-Belda *et al.*, 1995). Estos cambios de distribución se reflejan en cambios de disponibilidad y en la captura de sardina Monterrey del Golfo de California, en la

pesquería (Lluch-Belda *et al.*, 1986); sin embargo las evaluaciones de biomasa de sardina mostraron menor abundancia de sardina durante el periodo frío al inicio de los 70's, que años después cuando las condiciones fueron cálidas.

Un efecto de lo anterior se observa al comparar las capturas de Guaymas y Mazatlán; la sardina Monterrey a principios de otoño, por la baja temperatura estacional emigra hacia el sur, entonces la flota la intercepta y la captura a su paso por Guaymas, en otoño, invierno y primavera. En Mazatlán, en donde no está disponible permanentemente, Solo se capturó hasta 1975/76, entre febrero y mayo.

En escala interanual la CPUE (Captura por Unidad de Esfuerzo) de sardina Monterrey disminuye durante los eventos "El Niño", y aunque la captura comercial disminuye, la captura de Guaymas no desaparece ya que mantuvo un crecimiento sostenido desde 1969 hasta 1993, paralelamente la flota creció desde 23 barcos en 1969 hasta alcanzar en 1989 una flota de 76 embarcaciones. En Mazatlán con tres barcos sólo se capturó sardina Monterrey hasta 1976.

En el presente estudio se investigan las causas de los cambios en las rutas migratorias y los efectos de la variabilidad climática sobre la distribución y abundancia para ello se analizó el acervo de datos de los cruceros y series de captura y vientos para determinar las condiciones climáticas bajo las cuales la sardina se expandió y permaneció en la zona de Mazatlán durante algunos años y las condiciones que propiciaron su retiro del área, las condiciones bajo las cuáles se concentró en el área central del Golfo y la contracción hacia norte del Golfo.

Mediante una serie fragmentaria de temperatura y dos series de vientos se analizó en el periodo 1969-1994, la variabilidad climática estacional, interanual y entre décadas asociada a cambios de distribución y abundancia de la sardina del Golfo.

Con la serie de temperatura y las series de viento se describen tres periodos climáticos y sus efectos en la distribución, abundancia y captura de la sardina del Golfo de California, las condiciones en las que ocurrieron la expansión hacia el sur, la concentración en el área central del Golfo y la contracción hacia el norte del Golfo, que en principio permitieron establecer que en los periodos cálidos incrementa la abundancia de sardina. Con datos de

abundancia larval se identificaron tendencias de distribución durante los periodos cálidos y fríos.

## 2.-ANTECEDENTES

Para explicar los cambios de distribución de los clupeidos hay diversas teorías sobre los mecanismos que las operan. La teoría denominada Denso-Dependencia Selección del Hábitat basada en la selección del hábitat en el cual el tamaño de la población y densidad local son factores importantes para seleccionar el hábitat, explica los cambios de distribución en función de la densidad y de aquí que la distribución sea un fenómeno asociado a expansiones y contracciones de la población (Lasker y MacCall, 1983; MacCall, 1990). La densidad varía desde zonas donde no hay organismos, concentración moderada hasta zonas de alta densidad. La abundancia en el área de distribución se aproxima a una curva Gausiana con altas abundancias, donde las condiciones son favorables (MacCall, 1990; Krebs, 1995).

En el Golfo por la complejidad de las interacciones entre los climas templado y tropical se atribuye densidad más alta hacia el centro que hacia las fronteras de la distribución (Hammann, 1991; Nevárez-Martínez, 1990).

La densidad varía por las migraciones, durante octubre-noviembre, cuando soplan los vientos del NW responsables de surgencias en la costa oriental, la sardina Monterrey inicia su migración desde la región de las grandes islas hacia el sur. En abril-mayo aproximadamente se señala el fin del ciclo de los vientos del NW y es cuando inicia el retorno de la sardina hacia la región de las grandes islas. Aunque hay un número indeterminado de factores que controlan la distribución de sardina en el Golfo Molina-Valdez *et al.*, (1984) están de acuerdo que el enfriamiento estacional, los vientos del NW y las surgencias son factores que controlan las migraciones estacionales de sardina.

Las bajas temperaturas en la costa oriental de el Golfo, resultan de las surgencias de octubre a mayo producidas por los vientos que soplan del NW (Roden, 1964; Alvarez-Borrego, 1983; Merrifield y Winant, 1989), como consecuencia del descenso de la

abundancia larval se identificaron tendencias de distribución durante los periodos cálidos y fríos.

## 2.-ANTECEDENTES

Para explicar los cambios de distribución de los clupeidos hay diversas teorías sobre los mecanismos que las operan. La teoría denominada Denso-Dependencia Selección del Hábitat basada en la selección del hábitat en el cual el tamaño de la población y densidad local son factores importantes para seleccionar el hábitat, explica los cambios de distribución en función de la densidad y de aquí que la distribución sea un fenómeno asociado a expansiones y contracciones de la población (Lasker y MacCall, 1983; MacCall, 1990). La densidad varía desde zonas donde no hay organismos, concentración moderada hasta zonas de alta densidad. La abundancia en el área de distribución se aproxima a una curva Gausiana con altas abundancias, donde las condiciones son favorables (MacCall, 1990; Krebs, 1995).

En el Golfo por la complejidad de las interacciones entre los climas templado y tropical se atribuye densidad más alta hacia el centro que hacia las fronteras de la distribución (Hammann, 1991; Nevárez-Martínez, 1990).

La densidad varía por las migraciones, durante octubre-noviembre, cuando soplan los vientos del NW responsables de surgencias en la costa oriental, la sardina Monterrey inicia su migración desde la región de las grandes islas hacia el sur. En abril-mayo aproximadamente se señala el fin del ciclo de los vientos del NW y es cuando inicia el retorno de la sardina hacia la región de las grandes islas. Aunque hay un número indeterminado de factores que controlan la distribución de sardina en el Golfo Molina-Valdez *et al.*, (1984) están de acuerdo que el enfriamiento estacional, los vientos del NW y las surgencias son factores que controlan las migraciones estacionales de sardina.

Las bajas temperaturas en la costa oriental de el Golfo, resultan de las surgencias de octubre a mayo producidas por los vientos que soplan del NW (Roden, 1964; Alvarez-Borrego, 1983; Merrifield y Winant, 1989), como consecuencia del descenso de la

temperatura y de los vientos provenientes del NW, la población de sardina inicia sus movimientos hacia el sur (Lluch-Belda *et al.*, 1995). Esta migración en la temporada de pesca 1970/71 alcanzó el área circundante a Mazatlán, pero esto no es usual (Lluch-Belda *et al.*, 1986).

El problema del régimen planteado por Lluch Belda *et al.*, (1989) propone que el cambio climático dispara la abundancia de las poblaciones, la teoría atribuye a la variabilidad climática la razón del cambio, como sucedió con la sardina de California, la cual durante un periodo cálido creció hasta alcanzar 700,000 t de captura en 1936 y al final de un periodo frío declinó hasta su nivel más bajo en 1950. (Murphy, 1966; Lluch-Belda *et al.*, 1989, 1991; Cushing, 1981).

La circulación superficial en el Golfo es muy compleja y cambia con las estaciones del año; en términos generales se caracteriza porqué en invierno la corriente es hacia el sur, mientras que en verano el flujo de la corriente es hacia el norte a lo largo de las costas de Sinaloa y Sonora (Roden, 1964; Rosas-Cota, 1977; Granados y Schwartzlose, 1974; Alvarez-Borrego, 1983).

En la boca del Golfo se encuentran varias masas de agua transportadas por un sistema de corrientes que presenta movimientos estacionales en respuesta a cambios igualmente estacionales de la meteorología a escala de todo el Océano Pacífico. Por ejemplo el movimiento estacional de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI) impone desplazamientos latitudinales de todo el sistema de corrientes ecuatoriales, los cuales repercuten en qué tan al sur llega la Corriente de California y qué tan al norte se extiende la Mexicana que acarrea el agua superficial ecuatorial (Lavin *et al.*, 1997). Estos desplazamientos han sido relacionados con cambios de distribución estacionales de sardina, ya que cuando la ZCI se desplaza hacia el norte la sardina inicia su migración de sur a norte.

La distribución de sardina también está influida por la variabilidad interanual de "El Niño" Oscilación del Sur conocido también como evento ENSO (Baumgartner y Christiansen, 1985; Merrifield y Winant, 1989). Se ha confirmado que durante este fenómeno ocurren cambios de presión atmosférica al nivel del mar entre Tahití y Darwin conocidos como Índice de Oscilación del Sur. (Rasmusson *et al.*, 1983), cambios en el

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

sistema general de circulación de vientos (Sadler y Kilonsky, 1983), anomalías térmicas positivas en el ecuador (Wooster, 1983) y anomalías del Nivel del Mar de la superficie del mar, acompañadas de cambios en el sistema de vientos Alisios en el Ecuador (Wyrtsky, 1983). Los eventos "El Niño" pueden afectar el extremo meridional de la distribución, al restringir los huevos, larvas y adultos hacia el norte (Lluch-Belda *et al.*, 1995).

"El Niño" se propaga hacia el norte por la costa oriental del Pacífico y se manifiesta en el nivel del mar y en altas temperaturas a lo largo de la costa occidental de las Américas, propiciando cambios de distribución y bajos índices de CPUE de sardina Monterrey, variaciones de disponibilidad y en la composición de especies y acortando el hábitat de desove (McCreary, 1976, 1978; Enfield y Allen, 1980; Chelton y Davis, 1982; Robles-Pacheco y Marinone, 1987; Lluch-Belda *et al.*, 1986; Molina-Valdéz *et al.*, 1984, 1987; Hammann, 1991).

Además del cambio interanual, la temperatura cambia entre décadas por la perturbación de fuerzas remotas desde el Pacífico Tropical que modificaron la temperatura del Pacífico Nororiental, en donde después de 1976/77 el clima oceánico pasó de un estado frío a un estado caliente (Miller *et al.*, 1994), en tanto que de 1977 a 1987 se caracterizó por anomalías positivas (Cole y McLain, 1989).

### 3.-OBJETIVOS

Determinar si la temperatura y los vientos en el Golfo de California han variado en espacio y tiempo durante el periodo 1969-1994.

Analizar las variaciones y tendencias de temperatura y del viento en espacio y tiempo y sus efectos en la distribución y abundancia de sardina Monterrey, en escala estacional, interanual y entre décadas.

sistema general de circulación de vientos (Sadler y Kilonsky, 1983), anomalías térmicas positivas en el ecuador (Wooster, 1983) y anomalías del Nivel del Mar de la superficie del mar, acompañadas de cambios en el sistema de vientos Alisios en el Ecuador (Wyrtky, 1983). Los eventos "El Niño" pueden afectar el extremo meridional de la distribución, al restringir los huevos, larvas y adultos hacia el norte (Lluch-Belda *et al.*, 1995).

"El Niño" se propaga hacia el norte por la costa oriental del Pacífico y se manifiesta en el nivel del mar y en altas temperaturas a lo largo de la costa occidental de las Américas, propiciando cambios de distribución y bajos índices de CPUE de sardina Monterrey, variaciones de disponibilidad y en la composición de especies y acortando el hábitat de desove (McCreary, 1976, 1978; Enfield y Allen, 1980; Chelton y Davis, 1982; Robles-Pacheco y Marinone, 1987; Lluch-Belda *et al.*, 1986; Molina-Valdéz *et al.*, 1984, 1987; Hammann, 1991).

Además del cambio interanual, la temperatura cambia entre décadas por la perturbación de fuerzas remotas desde el Pacífico Tropical que modificaron la temperatura del Pacífico Nororiental, en donde después de 1976/77 el clima oceánico pasó de un estado frío a un estado caliente (Miller *et al.*, 1994), en tanto que de 1977 a 1987 se caracterizó por anomalías positivas (Cole y McLain, 1989).

### 3.-OBJETIVOS

Determinar si la temperatura y los vientos en el Golfo de California han variado en espacio y tiempo durante el periodo 1969-1994.

Analizar las variaciones y tendencias de temperatura y del viento en espacio y tiempo y sus efectos en la distribución y abundancia de sardina Monterrey, en escala estacional, interanual y entre décadas.



#### 4.-HIPÓTESIS

La temperatura superficial del Golfo no es igual entre estaciones, años y décadas

Las variaciones de la temperatura y los vientos no afectan la distribución y abundancia de larvas y adultos de sardina.

La variabilidad interanual debida a "El Niño" retrasa las migraciones de sardina hacia el sur y generalmente son más cortas.

#### 5.-MATERIAL Y MÉTODOS

En el presente estudio se usaron datos oceanográficos provenientes de cruceros realizados en el Golfo de California, datos de abundancia de larvas de cruceros ictioplanctónicos también realizados en el Golfo y datos meteorológicos de los observatorios de Empalme y Mazatlán, datos de las pesquerías de sardina de Guaymas y Mazatlán. Estas series históricas existían en archivos físicos por lo que fue necesario automatizarlos.

##### 5.1.- Fuentes de información

Los registros de temperatura, provienen de 75 cruceros oceanográficos realizados entre junio de 1969 y enero de 1994, a bordo de los buques de investigación: Antonio Alzate (AA), Alejandro de Humboldt (AH), BIPXI y El Puma. Más cinco cruceros de la Secretaría de Marina realizados entre 1969 y 1970. De los 75 cruceros oceanográficos, en 25 se colectaron huevos y larvas (Anexo 1), con los cuales se analizó la distribución y abundancia de larvas.

Durante los cruceros ictioplanctónicos se utilizaron cuatro redes (Anexo 1): a) tipo CALCOFI: red de aro de 1 m de diámetro y 0.505 mm luz de malla, esta red funciona

#### 4.-HIPÓTESIS

La temperatura superficial del Golfo no es igual entre estaciones, años y décadas

Las variaciones de la temperatura y los vientos no afectan la distribución y abundancia de larvas y adultos de sardina.

La variabilidad interanual debida a "El Niño" retrasa las migraciones de sardina hacia el sur y generalmente son más cortas.

#### 5.-MATERIAL Y MÉTODOS

En el presente estudio se usaron datos oceanográficos provenientes de cruceros realizados en el Golfo de California, datos de abundancia de larvas de cruceros ictioplanctónicos también realizados en el Golfo y datos meteorológicos de los observatorios de Empalme y Mazatlán, datos de las pesquerías de sardina de Guaymas y Mazatlán. Estas series históricas existían en archivos físicos por lo que fue necesario automatizarlos.

##### 5.1.- Fuentes de información

Los registros de temperatura, provienen de 75 cruceros oceanográficos realizados entre junio de 1969 y enero de 1994, a bordo de los buques de investigación: Antonio Alzate (AA), Alejandro de Humboldt (AH), BIPXI y El Puma. Más cinco cruceros de la Secretaría de Marina realizados entre 1969 y 1970. De los 75 cruceros oceanográficos, en 25 se colectaron huevos y larvas (Anexo 1), con los cuales se analizó la distribución y abundancia de larvas.

Durante los cruceros ictioplanctónicos se utilizaron cuatro redes (Anexo 1): a) tipo CALCOFI: red de aro de 1 m de diámetro y 0.505 mm luz de malla, esta red funciona

mediante arrastres oblicuos conservando ángulos de 45°. La profundidad de los arrastres en cada estación se planeó en función de la distribución vertical de huevos y larvas, desde la superficie hasta 221 m (Gutiérrez-Hernández, 1974; Padilla-García, 1976, 1981). b) red tipo CalVET de 0.25 m de diámetro y 0.333 mm de luz de malla; c) arrastres horizontales efectuados en la capa superficial con red tipo neuston de forma rectangular de 2 x 1 m de boca por 9 m de longitud y 1 mm de luz de malla, con arrastres de 10 minutos y cinco de recobre a una velocidad de cinco nudos (Olvera-Limas, 1975). d) red gemela tipo bongo de 61 cm por 3.5 m, con luz de malla de 0.505 mm y 0.333 mm.

La red de estaciones oceanográficas en los cruceros varió en espacio y tiempo en función de los objetivos de las instituciones. En los cruceros ictioplanctónicos de 1971 a 1973 las estaciones no estaban sistematizadas, las colectas se hacían desde el norte de Isla Tiburón hasta la línea imaginaria que une al puerto de Mazatlán y Cabo San Lucas (De la Campa y Ortiz, 1975). Entre 1974 y 1981 los cruceros se realizaron mediante el plan básico de estaciones CalCOFI, (Com. Pers. Olvera-Limas laboratorio de plancton, México D F); (Padilla-García, 1976; Smith *et al.*, 1976). En los cruceros posteriores a 1981 se empleó un plan de estaciones similar al de CalCOFI, en el anexo 2 se presentan los mapas mensuales de distribución de larvas y el detalle de la red de estaciones. Debido a que las rutas de los cruceros se realizaron en diferentes zonas del Golfo, el estudio abarcó desde el norte hasta su límite sur en Cabo Corrientes.

La identificación de larvas y estandarización de la abundancia la hicieron especialistas del laboratorio de plancton del INP empleando la metodología indicada por el Southwest Fisheries Center de la Joya, Calif. U.S.A. descrita en Kramer *et al.*, (1972).

Para identificar las larvas de sardina Monterrey se emplearon técnicas de coloración, características morfométricas y comparación de ejemplares (Olvera-Limas, 1981). La estandarización, recomendada por Kramer *et al.* (1972) y Smith y Richardson (1977), consiste en calcular la abundancia de larvas cada 10 m<sup>2</sup> de superficie marina, con lo que se tiene una medida de la abundancia relativa (expresado en números de individuos por 10 m<sup>2</sup> de superficie), considerando sólo estaciones con éxito en la captura.

El método multiplica el número de larvas de cada estación por el factor de captura calculado con el coseno del ángulo de los arrastres oblicuos red CalCOFI, con lo que los

especialistas obtuvieron la abundancia relativa por 10 m<sup>2</sup> de superficie. La información de cada crucero se sistematizó en una base de datos que incluye los datos de posición del lance y la abundancia de larvas estandarizada.

La información sobre la abundancia relativa del crucero PU8403 se tomó de Aguirre-Médina y Corro-Espinoza (1984). Los registros de abundancia relativa de larvas de sardina Monterrey de los cruceros GOLCA8611 y GOLCA8802 los proporcionó Martín Hernández R. (CICIMAR, com personal).

De los 25 cruceros ictioplanctónicos utilizados para analizar la distribución y abundancia relativa (anexo 2), 18 se hicieron en el periodo 1971 a 1981 con red CalCOFI y neuston, cuatro con bongo entre 1984 y 1991 y tres con red CalVET entre 1991-1992 (Anexo 1). A diferencia de la distribución en que se usaron todos los cruceros, el análisis de abundancia de larvas incluyó solamente el periodo de 1973-1991 porque sólo en esos años se localizaron datos de abundancia relativa estandarizados.

En los cruceros de 1991 y 1992 realizados con red CalVET no se estandarizó la captura porque está diseñada para coleccionar huevos de sardina y no larvas, por lo mismo no se calculó abundancia relativa de larvas capturadas con esta red, también se descartaron los registros de red neuston porque la red no se calibra durante los arrastres; los registros de ambas redes se utilizaron sólo para representar distribución.

Los registros de captura de sardina provienen de avisos de arribo de la flota recopilados por el Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas en el periodo 1969 a 1994 y de Mazatlán entre 1972 y 1976. Los registros del Nivel Medio del Mar (NMM) los proporcionó el Instituto de Geofísica de la UNAM. Los registros del NMM (1969-1994) provienen de la estación mareográfica instalada en el muelle de Guaymas, en la cual a determinada hora durante el día, mediante una regla se registra el nivel máximo y mínimo de la marea, el promedio de estas dos lecturas es el NMM diario. El promedio del nivel diario durante el mes es el NMM mensual.

La red de estaciones en cruceros ictioplanctónicos varió en espacio y tiempo, en cada uno de ellos la cobertura fue diferente, consecuentemente los registros ocurren en todo el Golfo, pero en áreas diferenciales. Los 75 cruceros aportaron aproximadamente 6,500

estaciones de temperatura en el periodo 1969-1994, más aproximadamente 937 estaciones proporcionadas por la Secretaría de Marina realizadas entre 1969 y 1970.

La temperatura se midió con diversos instrumentos: batitermógrafo, termómetros de inversión y de cubeta. Los registros fueron integrados en un archivo automatizado de temperatura en la columna de agua, desde la superficie hasta los 300 m. de los cuales sólo se analizó la temperatura superficial; cuando no hubo registros de superficie, se utilizó la temperatura de diez metros.

Otros registros de temperatura provienen de: De la Campa de Guzmán y Gutiérrez-Hernández (1974); Anónimo (1974); Anónimo (1975); De la Campa de Guzmán y Ortiz Jimenez (1975); Olvera-Limas (1975); Padilla-García (1976); Sepesca/INP (1988); Robinson (1973); Hammann y Casian (1991); Pemex (1991). También provienen de informes técnicos y de las bitácoras del crucero. Integra información de clave de crucero, latitud, longitud, fecha y temperaturas de la columna de agua; sin embargo es necesario aclarar, respecto a los registros de temperatura, que no hubo continuidad anual y mensual, por lo mismo se trata de una serie fragmentaria.

La temperatura registrada con termómetros de inversión la corrigieron especialistas del laboratorio de oceanografía del INP mediante procedimientos convencionales, descritos en el Manual titulado "Instruction Manual for Obtaining Oceanographic data editado por la U.S. Naval Oceanographic Office de los Estados Unidos. El método consiste en una etapa de calibración en la que determina las correcciones que deben ser aplicadas a la escala del termómetro inversión principal y en el auxiliar, con el historial de fabricación, el volumen de mercurio cuando se invierte a 0°C se determina el "Vo" y el factor "Q". En otra etapa se corrigen la temperatura observada con los datos de interpolación y las lecturas observadas en los termómetros.

Los registros de temperatura de dos cruceros (GOLCA 8611 y GOLCA 8802) se tomaron directamente de las bitácoras de los cruceros sin someterse a corrección. Una lista de características de los cruceros, año, mes, clave, fuente e instrumentos de registro se muestra en el Anexo 3. El número de observaciones de temperatura por región/mes se detalla en el Anexo 4.

Las series de vientos provienen de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) de los observatorios de Empalme, Son. y Mazatlán, Sin., en el período 1969 a 1994 y 1969 a 1992, respectivamente. En cada observatorio se registró la dirección del viento y su rapidez en m/seg. Estas series de tiempo contienen los vientos dominantes mensuales obtenidos a partir de los vientos dominantes diarios; el viento diario más frecuente en el mes, es el viento dominante mensual. El viento dominante se obtuvo a partir de los registros de rapidez y dirección registrados cada hora.

## 5.2 Área de estudio

El Golfo de California situado entre  $32^{\circ}00'$  N y los  $22^{\circ}17'$  N, está delimitado al Este por la costa occidental de Sonora y Sinaloa y al Oeste por la península de Baja California. Topográficamente está dividido en una serie de cuencas que se profundizan hacia el sur (Alvarez-Borrego, 1983). Se conforma por dos grandes regiones separadas por las islas Angel de la Guarda e Isla Tiburón (Roden y Emilsson, 1980). En la región norte, aunque hay cuencas de 300 m, la mayor parte es de aguas someras entre 20 y 200 m de profundidad, con altos índices de evaporación y elevada salinidad. La región sur se hace progresivamente más profunda y tiene hasta 2'000 m en la cuenca de Guaymas o hasta 3'000 m en la boca del Golfo.

La región de Guaymas, por localizarse entre las dos zonas, se ha denominado región central del Golfo y es importante porque ahí se descarga la sardina capturada en las costas Oriental y Occidental del Golfo. En ambas regiones la circulación superficial propicia cambios oceanográficos que afectan la distribución estacional de los recursos. Las dos grandes regiones importan porque en ellas habitan diferentes especies de sardina, las cuales son capturadas por la flota pesquera de Guaymas, Yavaros y Mazatlán.

En este estudio el Golfo de California se dividió en 10 "regiones rectangulares" de un grado de latitud, mismas que se clasificaron según su latitud, desde  $31^{\circ}$ N hasta  $22^{\circ}$ N (Fig. 1), dependiendo de su posición geográfica son de área variable y se utilizaron como puntos de referencia para describir la distribución de sardina comparando las diferencias

térmicas entre años. Las “regiones rectangulares” están separadas por líneas que cruzan el Golfo en los paralelos 22°N, 23°N, 24°N, 25°N, 26°N, 27°N, 28°N, 29°N y 30°N y 31°N. La subdivisión consideró dos criterios: a) porque aumenta el número de observaciones por región y b) la presencia de larvas en ambas costas del Golfo. También se dividió en cuadrantes de un grado, desde 28°N hasta 23°N, clasificados del 1 al 6 (Fig. 2).

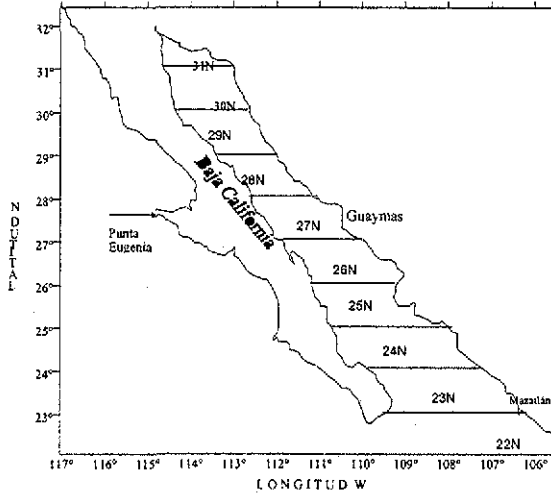


Figura 1. Área de estudio, Golfo de California dividido en diez “regiones rectangulares” de un grado de latitud.

### 5.3 -Procesamiento

Para observar y analizar los cambios de temperatura, vientos, el NMM y abundancia de larvas se usó un grado de resolución mensual, las fluctuaciones de la captura comercial se describen mensualmente y por temporada de pesca.

Se obtuvieron los promedios de temperatura por “región” y cuadrantes. En ambos se tomaron en cuenta los registros de temperatura localizados dentro de cada área, considerando registros de años fríos y cálidos; en las regiones se obtuvo la temperatura media por año/mes/latitud tomando en cuenta todos los registros entre ambas costas

(Fig. 1, Anexo 4), en los cuadrantes se obtuvo la temperatura media histórica de varios años por mes/latitud/longitud (Fig 2, Cuadro 2).

En las "regiones" (Fig 1) se analizó la variación latitudinal de la temperatura interanual, y a partir de las anomalías eventos térmicos entre décadas. En los cuadrantes de un grado (Fig 2) se analizó la temperatura estacional y su variación latitudinal. En ambas opciones la temperatura superficial del mar se relacionó con los cambios de distribución y abundancia de larvas y sardina adulta.

Para analizar la anomalía térmica mensual en las "regiones", se obtuvo la "temperatura normal" por "región rectangular", es decir el promedio histórico de varios años, mes/latitud de todos los registros entre ambas costas, por ejemplo: para obtener la temperatura normal de la región 28°N se promediaron todos los registros de temperatura realizados en enero de los años 1974, 1975, 1976, 1987, 1988, 1991, 1993 y 1994. De esta forma se elaboró una matriz de "temperatura normal" por mes/latitud. Sin embargo es importante mencionar que no hubo continuidad anual de cruceros por lo que la serie es incompleta y fragmentaria.

Las anomalías térmicas se calcularon mediante la siguiente relación:  $AT=TSM-TN$  (Anomalía Térmica = Temperatura Superficial Mensual - Temperatura Normal). Las anomalías se anotaron en cada "región rectangular" y se relacionaron con mapas de distribución de larvas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



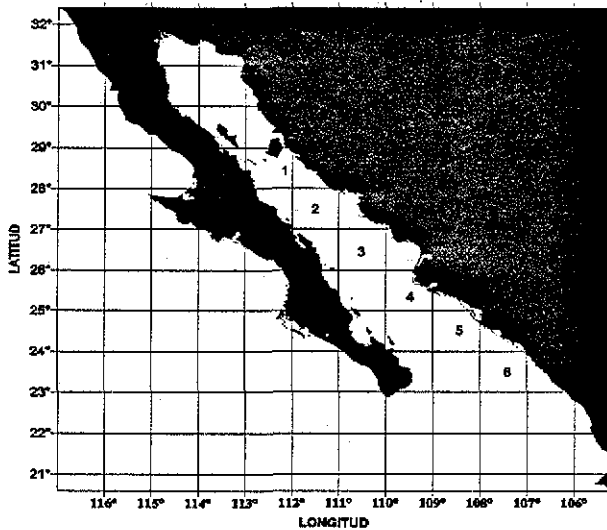


Figura 2. Area de estudio: el Golfo de California subdividido en cuadrantes de un grado.

Los cuadrantes de un grado enumerados del 1 al 6 (Fig 2) se diseñaron para analizar la temperatura en escala estacional, observando en los cuadrantes (desde 28°N hasta 23°N) la variación latitudinal de temperatura en meses específicos (enero) y durante los doce meses del año. Se seleccionaron los cuadrantes cercanos a la costa Oriental del Golfo porque es donde en invierno-primavera se localiza la sardina.

Las series de viento se analizaron, primero mediante agrupación de frecuencias por dirección según la clasificación del Cuadro 1. En ambos puertos se consideró la frecuencia por dirección del viento, contabilizando la totalidad de registros. La rapidez sólo consideró los registros de otoño, invierno y primavera por ser las estaciones en que la sardina se expande dentro del Golfo. Posteriormente se hizo un análisis espectral del viento dominante mensual de Guaymas y Mazatlán mediante la Transformada Rápida de Fourier; el método consiste en representar frecuencias en función del tiempo e identificar los eventos más importantes en una serie de tiempo cíclica. Este método identificó las frecuencias espectrales y grupos de años con características similares de dirección y rapidez del viento dominante en cada serie. Las cartas mensuales de distribución de larvas se elaboraron sobre el contorno del Golfo, señalando la posición geográfica de cada

TEXIS CON  
FALLA DE ORIGEN

estación oceanográfica con símbolos, el número de larvas capturadas, la clave de cada crucero y el mes. Con la dispersión de puntos en cada crucero se elaboró el mapa de distribución de larvas por crucero, mes y año.

Cuadro 1. Clasificación del viento según el ángulo de su dirección.

DIRECCIÓN	ESCALA
NNE	23
NE	45
ENE	68
E	90
ESE	113
SE	135
SSE	158
S	180
SSW	203
SW	225
WSW	248
W	270
WNW	293
NW	315
NNW	338
N	360

Con la misma fórmula de anomalías y las variables respectivas se obtuvieron las anomalías del NMM en la estación de Guaymas.

## 6 -RESULTADOS

### 6.1.-Análisis estadístico

Debido a que la abundancia de larvas a través del tiempo no se ajusta a una distribución normal, la normalidad se explicó por medio de estadística no paramétrica, recomendada para distribuciones no normales. Para ello se analizó la distribución de frecuencias de la abundancia de larvas, en intervalos de 25 individuos, la frecuencia mostró distribución asimétrica (Fig. 3). Mediante un análisis de Chi cuadrada de la abundancia de larvas se comprobó no normalidad  $P = 0.0006$  (Fig. 4), considerando un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  en todas las pruebas estadísticas.

estación oceanográfica con símbolos, el número de larvas capturadas, la clave de cada crucero y el mes. Con la dispersión de puntos en cada crucero se elaboró el mapa de distribución de larvas por crucero, mes y año.

Cuadro 1. Clasificación del viento según el ángulo de su dirección.

DIRECCIÓN	ESCALA
NNE	23
NE	45
ENE	68
E	90
ESE	113
SE	135
SSE	158
S	180
SSW	203
SW	225
WSW	248
W	270
WNW	293
NW	315
NNW	338
N	360

Con la misma fórmula de anomalías y las variables respectivas se obtuvieron las anomalías del NMM en la estación de Guaymas.

## 6 -RESULTADOS

### 6.1.-Análisis estadístico

Debido a que la abundancia de larvas a través del tiempo no se ajusta a una distribución normal, la normalidad se explicó por medio de estadística no paramétrica, recomendada para distribuciones no normales. Para ello se analizó la distribución de frecuencias de la abundancia de larvas, en intervalos de 25 individuos, la frecuencia mostró distribución asimétrica (Fig. 3). Mediante un análisis de Chi cuadrada de la abundancia de larvas se comprobó no normalidad  $P = 0.0006$  (Fig. 4), considerando un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  en todas las pruebas estadísticas.

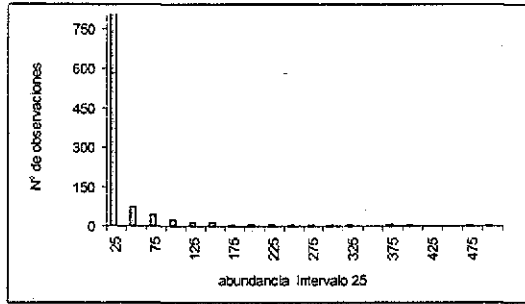


Figura 3. Frecuencias de abundancia de larvas. Los lances con éxito, capturan entre 25-125 larvas. (datos CalCOFI y bongo). Intervalo: 25.

Como la distribución de abundancia no es normal, para explicar si hubo diferencias de abundancia de larvas se aplicó el método Kruskal-Wallis utilizando el año como variable categórica, bajo las siguientes hipótesis;  $H_0$ : no hay diferencias en las medias de abundancia anuales y  $H_1$ : al menos una es diferente. Al contrastar las medias de todas las muestras poblacionales, se rechazó  $H_0$  porque se encontró que  $p=0.0001$ ; por lo tanto se concluye que hay diferencias de abundancia en las muestras. Al separar los grupos por el tipo de red, se encontró que la red fue una fuente de variación de la abundancia; en los cruceros del período uno (1973-1981) se utilizó la red CalCOFI mientras que en el periodo dos (1984,1986,1987 y 1988) la red bongo. De este análisis se excluyó la red CalVET porque no es específica para capturar larvas.

Mediante el estadístico de Man-Whitney que sirve para probar si las medias de dos grupos muestrales independientes son de la misma población, se comparó el efecto de las redes, con hipótesis  $H_0$ : no hay diferencias en las medias y  $H_1$ : al menos una es diferente. Se comprobó que hay diferencias significativas de abundancia en los dos periodos inducidas por el tipo de red  $z=1.9612E-10$ , en esta prueba si el valor  $z$  es menor que  $\alpha=0.05$  hay diferencias. La abundancia del grupo uno respecto al dos es diferente y se explica por efectos de la red utilizada en el muestreo.

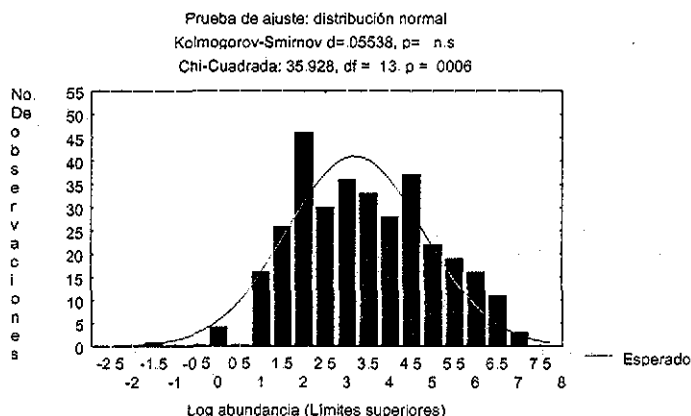


Figura 4. Prueba de ajuste para distribución normal de abundancia de larvas: Chi cuadrada indicó no normalidad del Logaritmo de la abundancia.

El análisis de varianza de Kruskal-Wallis entre cada grupo, indicó que con el tipo uno (CalCOFI) no hubo diferencias significativas porque la probabilidad fue menor que 0.05; entre las muestras de tipo dos (bongo) tampoco hubo diferencias significativas porque la probabilidad fue menor que 0.05.

De acuerdo con el análisis estadístico se infiere que hubo diferencias de abundancia entre el periodo uno y dos y que el grupo dos es más abundante que el uno, pero no se determinó si la abundancia de larvas se explica solamente por las redes empleadas, ya que no hay un factor de comparación entre ambas redes, alternativamente se puede entender un aumento efectivo de la abundancia de larvas y que la mayor abundancia en el periodo dos fue por un crecimiento real de la población.

## 6.2.-Temperatura y escalas de estudio

La temperatura registrada en cruceros oceanográficos (1969-1994) se analizó en cuadrantes y regiones, en los cuadrantes se describe la temperatura estacional, en las regiones la interanual y entre décadas. En las tres escalas se observaron variaciones

térmicas en tiempo y espacio asociadas a cambios en el alcance de las migraciones de la sardina hacia el sur del Golfo y fluctuaciones de abundancia de larvas y adultos a través del tiempo. Estos cambios se describen a continuación.

### 6.3.-Temperatura en el Golfo de California

Para medir la variación térmica estacional en el hábitat potencial de desove, se usaron los cuadrantes, del uno al seis por ser el área donde se distribuye la sardina Monterrey, y los datos de enero como un mes representativo de la época y las condiciones en que ocurre el desove. La temperatura en enero aumentó desde el norte hacia el sur; de 14.5°C en 28°N-112°W (cuadrante uno) hasta 20.4°C en 23°N-107°W (cuadrante seis) con un intervalo de casi 5.9°C (Fig. 5, Cuadro 2). Variaciones similares se observan para los demás meses, incluso considerando solamente los cuadrantes del 1 al 4.

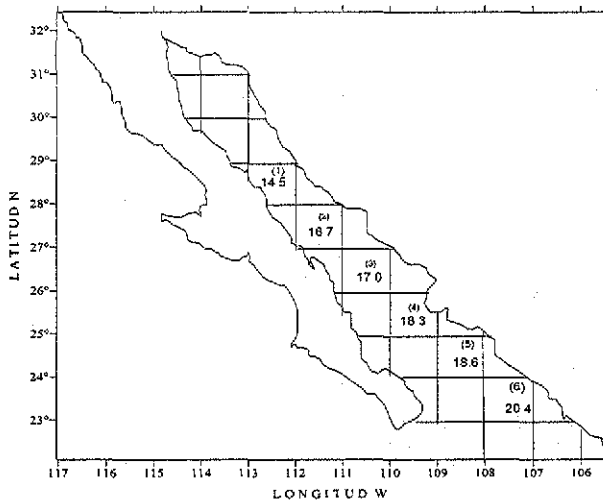


Figura 5. Variación de temperatura superficial en enero (°C).  
El valor es el promedio de años fríos y cálidos.

Cuadro 2. Temperatura superficial en el Golfo de California, en cuadrantes.  
Promedios históricos (varios años) de cruceros oceanográficos.

MES	28N-113W	28N-112W	27N-111W	26N-110W	25N-109W	24N-108W	23N-107W
1		14.5	16.7	17.0	18.3	18.6	20.4
2	15.2	15.2	17.2	18.3	19.2	20.1	20.4
3	15.9	16.1	18.0	19.1	19.8	20.7	20.9
4	16.8	19.4	20.0	20.2	20.3	21.5	23.0
5	17.3	19.1	21.1	22.2	21.7	23.7	22.5
6		26.3	25.6	26.8	26.4	25.0	26.1
7		24.4	28.7	27.9	29.1	27.8	28.6
8	28.1	29.7	29.7	29.4	29.5	29.9	30.2
9		29.0	29.6	29.5	30.7	30.9	
10	27.8	26.3	26.8	28.0	28.4	28.1	28.1
11	22.7	20.8	23.1	24.1	23.0	27.0	26.5
12		17.6	20.6	22.6	22.5	22.2	24.9

Con la temperatura media superficial mensual registrada en cuadrantes (cuadro 2), se analizó la variación estacional en tres cuadrantes específicos, a lo largo del Golfo. Para medir la variación estacional se seleccionó enero, abril, julio y octubre como meses representativos de cada estación: invierno, primavera, verano y otoño, respectivamente.

En la figura 6 se muestra, por ejemplo, el ciclo anual de la temperatura en los cuadrantes 28°N-112W, 27°N-111W y 26°N-110W, (área preferente para el desove) el cambio estacional, con un mínimo en otoño/invierno y un máximo en verano y con diferencias respecto a la latitud. En general la temperatura del agua en la región 28°N es más fría que en 26°N.

La temperatura en el cuadrante 28°N-112W varió de 14°C en enero a 19.4°C en abril, 24.4°C en julio y 26.3°C en octubre, lo cual significa que la variación de invierno-primavera y primavera-verano está en aproximadamente 5°C, mientras que durante verano-otoño es de 1.9°C y de otoño a invierno es de 11.8°C, lo que nos lleva a decir que la variación importante está de otoño al invierno, pues hay un decremento de 11.8°C; mientras que de invierno a primavera y de primavera a verano los cambios son aproximadamente 5°C. La temperatura en la región 28°N varió desde 14.5°C en enero hasta 29.0°C en agosto y septiembre (Fig. 6, Cuadro 2).

En la región 23N, estas variaciones van desde 20.4°C a 23°C en abril, 28.6°C en julio y 28.1°C en octubre. En esta área se puede observar menor variabilidad de estación a

estación pues se tiene 2.6°C de invierno a primavera, 5.6°C de primavera a verano, - 0.5°C de verano a otoño y 7.7°C de otoño a invierno.

Las variaciones de norte a sur se explicaron porque el clima del Golfo es regulado por dos grandes procesos: el desplazamiento de la célula de alta presión del Pacífico hacia las costas de California y el forzamiento del viento sobre las aguas superficiales que impulsan frentes de agua fría hacia el sur, desde la costa occidental (Badan-Dangon *et al.*, 1985) y el sistema ecuatorial, que en invierno tiene poca influencia, pero en verano impulsa flujo hacia el norte por la costa continental.

Estos resultados coincidieron con estudios de otros autores (Roden, 1964; Robinson, 1973; Alvarez-Borrego, 1983; Roden y Emilsson, 1980), quienes indicaron que en invierno la temperatura superficial en la costa Este del Golfo de California disminuyó debido a las surgencias de agua fría (recargada con nutrientes) inducida por el viento del NW.

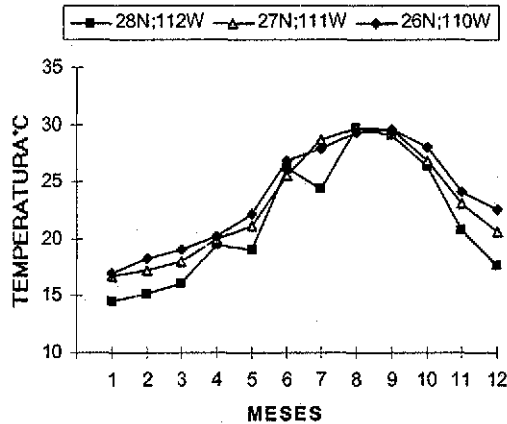


Figura 6. Temperatura estacional (enero-diciembre) en el Golfo de California en cuadrantes de un grado. Promedios históricos mensuales.

Como los cambios estacionales son de gran magnitud, se analizó la variación de la temperatura por regiones, entre el valor más bajo y el valor más alto (Anexo 5) en décadas distintas, lo que representó un indicador de la variabilidad interanual en la zona de desove. La temperatura en 28°N, en la década de los 70's varió desde 15.5 a 16.6°C en



los 90's, mientras que en 26°N varió desde 17.8°C a 20.0 en las mismas décadas (Cuadro 3), la variabilidad interanual en la zona del desove, entre ambas latitudes es de hasta 4.5°C cuyas diferencias dependen de la presencia de años fríos o cálidos.

Cuadro 3. Variación interanual de la temperatura en espacio y tiempo. Temperatura en "Regiones"

AÑO	MES	LATITUD	T°C
1974	1	28°N	15.5°C
1991	1	28°N	16.6°C
1974	1	26°N	17.8°C
1993	1	26°N	20.0°C

La temperatura interanual en regiones registró variaciones desde valores bajos en la década de los 70's hacia altas temperaturas en los 80's y 90's, la tendencia no fue constante, sino con aumentos y disminuciones (Fig. 7). En enero, en la región 28°N varió desde 15.5°C en 1974 hasta 16.4°C en 1991. Similarmente, en marzo varió desde 16.3°C en 1970 hasta 18.2°C en 1984 la misma latitud, en los dos casos la temperatura fue más baja en los 70's y más alta en años recientes. Tendencias similares se pueden establecer en otras regiones, al menos en enero y marzo y parcialmente en febrero (Fig. 7).

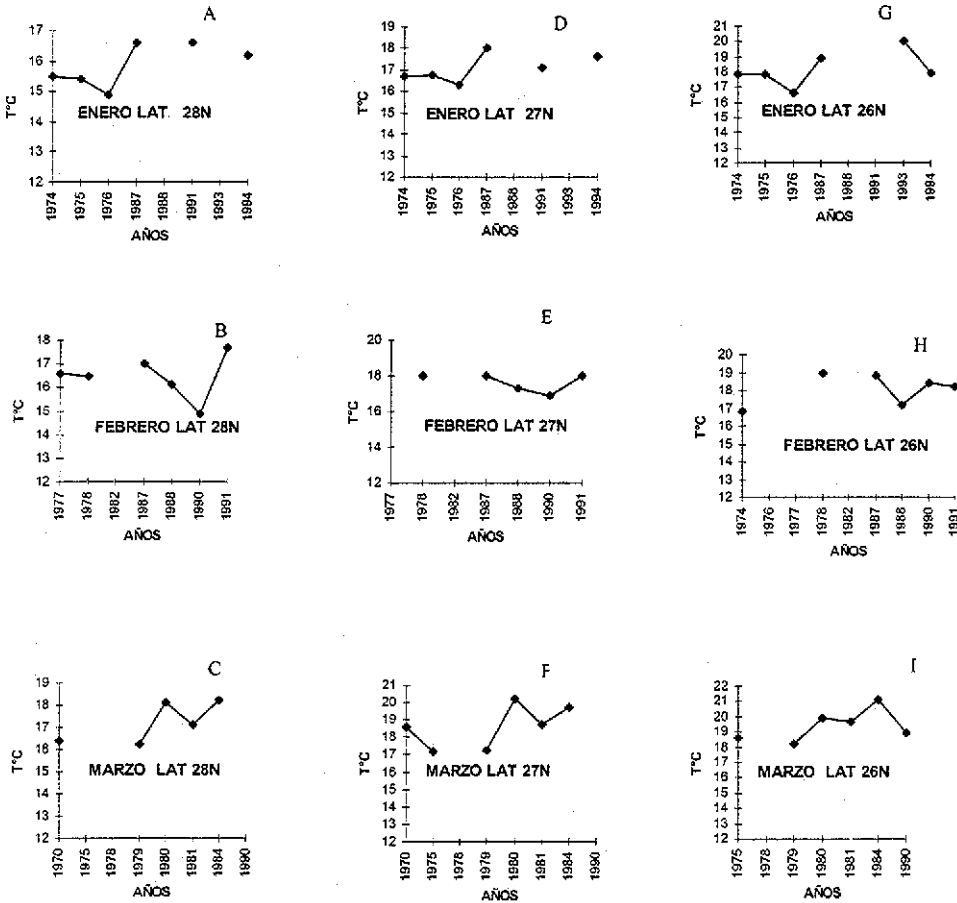


Figura 7 Variación interanual térmica en las décadas 70's, 80's y 90's, en las regiones 28°N, 27°N y 26°N Zona de desove de sardina Monterrey del Golfo de California. Cuadros 4, 5 y 6.

La temperatura interanual para los tres meses, en el periodo 1970 a 1994 mostró años cálidos y fríos, años notablemente calientes en 1978 (Figs. 7E y 7H); en 1980 (Figs. 7C y 7F); 1984 (Fig. 7I); 1987 (Figs. 7A, 7D, 7E y 7H); 1991 (Figs. 7A, 7B, 7E); y en 1993



(Fig. 7G), estas variaciones son notables en todas las regiones y en los tres meses analizados.

Cuadro 4. Temperatura media interanual de cruceros de enero en el Golfo de California. \*=sin dato

AÑO	MES	28N	desvest	N	27N	desvest	N	26N	desvest	N
1974	1	15.5	0.457	11	16.7	1.112	7	17.8	0.553	11
1975	1	15.4	0.623	9	16.8	0.542	10	17.9	0.430	9
1976	1	14.9	0.819	10	16.3	0.998	10	16.7	0.978	8
1987	1	16.6	0.563	5	18.0	1.113	13	18.9	0.360	7
1991	1	16.6	0.791	67	17.1	0.309	7	*	*	*
1993	1	*	*	*	*	*	*	20.0	0.559	25
1994	1	16.2	0.918	76	17.6	0.503	100	17.9	0.456	7

Cuadro 5. Temperatura media interanual de cruceros de febrero, en el Golfo de California. \*=sin dato

AÑO	MES	28N	desvest	N	27N	desvest	N	26N	desvest	N
1974	2	*	*	*	*	*	*	16.8	1.531	8
1977	2	16.6	0.219	2	*	*	*	*	*	*
1978	2	16.5	1.071	12	18.0	0.993	14	19.0	0.465	15
1987	2	17.0	0.935	5	18.0	0.909	8	18.8	0.804	8
1988	2	16.1	0.616	10	17.3	0.905	13	17.2	0.581	5
1990	2	14.9	0.565	49	16.9	0.757	55	18.4	0.412	36
1991	2	17.7	0.320	10	18.0	0.534	103	18.2	0.515	33

Cuadro 6. Temperatura media interanual de cruceros de marzo, en el Golfo de California. \*=sin dato

AÑO	MES	28N	desvest	N	27N	desvest	N	26N	desvest	N
1970	3	16.4	0.625	6	18.6	0.285	15	*	*	*
1975	3	*	*	*	17.2	0.664	8	18.6	0.595	7
1979	3	16.2	0.938	8	17.2	0.909	8	18.2	0.938	13
1980	3	18.1	1.222	9	20.2	0.909	7	19.9	0.762	12
1981	3	17.1	0.761	11	18.8	0.893	13	19.7	0.543	16
1984	3	18.2	1.055	5	19.7	0.572	8	21.1	0.917	3
1990	3	*	*	*	*	*	*	18.9	0.477	17

#### 6.4 Temperatura entre décadas en el periodo 1969 a 1994

Para distinguir la variación entre décadas se obtuvo la temperatura normal por región (Cuadro 7), a partir de ésta se obtuvieron las anomalías del Cuadro 8, las cuales expresan con mayor claridad la variación entre décadas. La temperatura transformada así, es una variable más práctica para identificar eventos, se construyen con la media mensual de largo plazo menos la temperatura por región (Anexo 5).

Cuadro 7 Temperatura normal en aguas superficiales del Golfo de California por región.

MES	31N	30N	29N	28N	27N	26N	25N	24N	23N	22N	21N	20N
1		16.5	16.3	16.2	17.4	18.6	19.4	18.9	20.5	22.2	24.1	24.2
2	16.8	16.7	16.1	15.8	17.7	18.3	19.0	19.9	21.0	21.9	24.2	25.0
3	15.4	17.1	16.2	16.6	18.0	19.0	19.6	20.4	21.2	22.2		
4	18.4	18.9	17.8	17.5	19.3	19.9	20.2	21.3	22.5	22.2		
5	20.1	18.4	18.3	18.1	21.4	22.2	22.2	23.9	23.8	24.2		
6	24.8	24.2	22.7	24.5	25.6	26.6	26.0	24.7	25.6	24.5	29.6	
7	28.7	28.0	26.4	27.0	28.5	27.6	28.0	27.8	27.5	27.7		
8	30.4	29.0	29.1	29.0	29.7	29.8	29.3	29.6	29.9	29.9	30.7	29.7
9	30.2	29.3	28.8	29.2	29.8	29.8	30.4	30.2	30.2			
10	27.5	26.9	25.9	25.4	27.1	27.5	28.0	28.3	28.1	28.7		
11	22.6	23.7	23.1	21.1	22.6	24.2	25.5	26.3	25.9	25.5	26.5	25.4
12				17.7	19.1	20.9	22.7	22.9	24.5	25.5	25.0	

El intervalo de anomalías térmicas en la zona de distribución de sardina Monterrey osciló entre  $-3.5^{\circ}\text{C}$  y  $3.5^{\circ}\text{C}$ , (Fig. 8A). En la figura 8 B el tiempo se representa en el eje de las abcisas y la variación latitudinal en las ordenadas, las anomalías mostraron periodos fríos y cálidos que se extendieron en grandes porciones del Golfo de California.

En el primer periodo, desde junio de 1969 a abril de 1976 predominaron anomalías negativas desde  $-3^{\circ}\text{C}$  a  $-1^{\circ}\text{C}$ , principalmente entre  $1974$  y  $1975$  y desde  $24^{\circ}\text{N}$  hasta  $28^{\circ}\text{N}$  (Fig. 8B, Cuadro 8). A partir de 1976, en un segundo periodo predominaron anomalías positivas que abarcaron casi todo el Golfo desde  $22^{\circ}\text{N}$  hasta  $29^{\circ}\text{N}$ , con anomalías positivas entre  $1^{\circ}\text{C}$  a  $3^{\circ}\text{C}$ , (Fig. 8B). En este periodo, a partir del segundo semestre de 1976 hubo anomalías térmicas positivas y temperaturas más altas que al inicio de los 70's.

Al parecer la transición entre el primer y segundo periodo ocurrió durante 1976/77, cuando el clima del Golfo cambió de un estado frío hacia un estado cálido. Estos resultados coinciden con procesos similares ocurridos en la costa oriental del Pacífico Norte, entre 1971-1976 (Colee y McLain, 1989), quienes lo caracterizaron como un período frío con anomalías negativas, en tanto que de 1977 a 1984 hubo anomalías positivas. Miller et al., (1994) atribuyó este cambio a la perturbación climática del invierno de 76/77, indicando que el Pacífico Nororiental, pasó de un estado frío a un estado caliente. En el mismo sentido Graham, (1994) informó que en el invierno de 1976/77 el clima del sistema Océano-Atmósfera del Pacífico Norte cambió abruptamente. En el tercer periodo, entre 1987 y 1994 con anomalías entre  $-1^{\circ}\text{C}$  y  $1^{\circ}\text{C}$ , hubo zonas con anomalías positivas y zonas con pequeñas anomalías negativas. Aparentemente continuó el calentamiento, de acuerdo a los registros de temperatura en cruceros realizados en 1987, 1988 y 1990, hubo pequeñas anomalías negativas (Cuadro 8), pero entre 1991 y 1994 se observaron anomalías positivas. Evidencias adicionales de un cambio climático en estos años son los cambios de dirección y velocidad de los vientos en Guaymas los cuales cambiaron de dirección a partir de 1989.

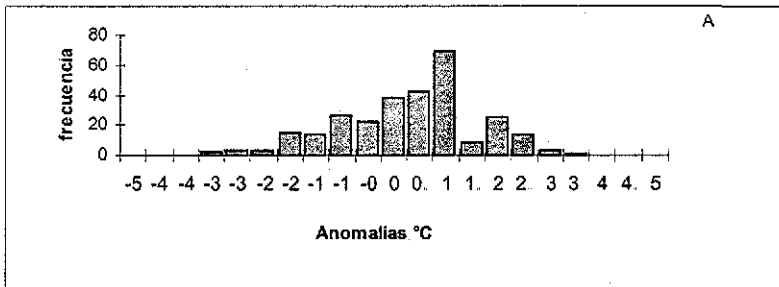
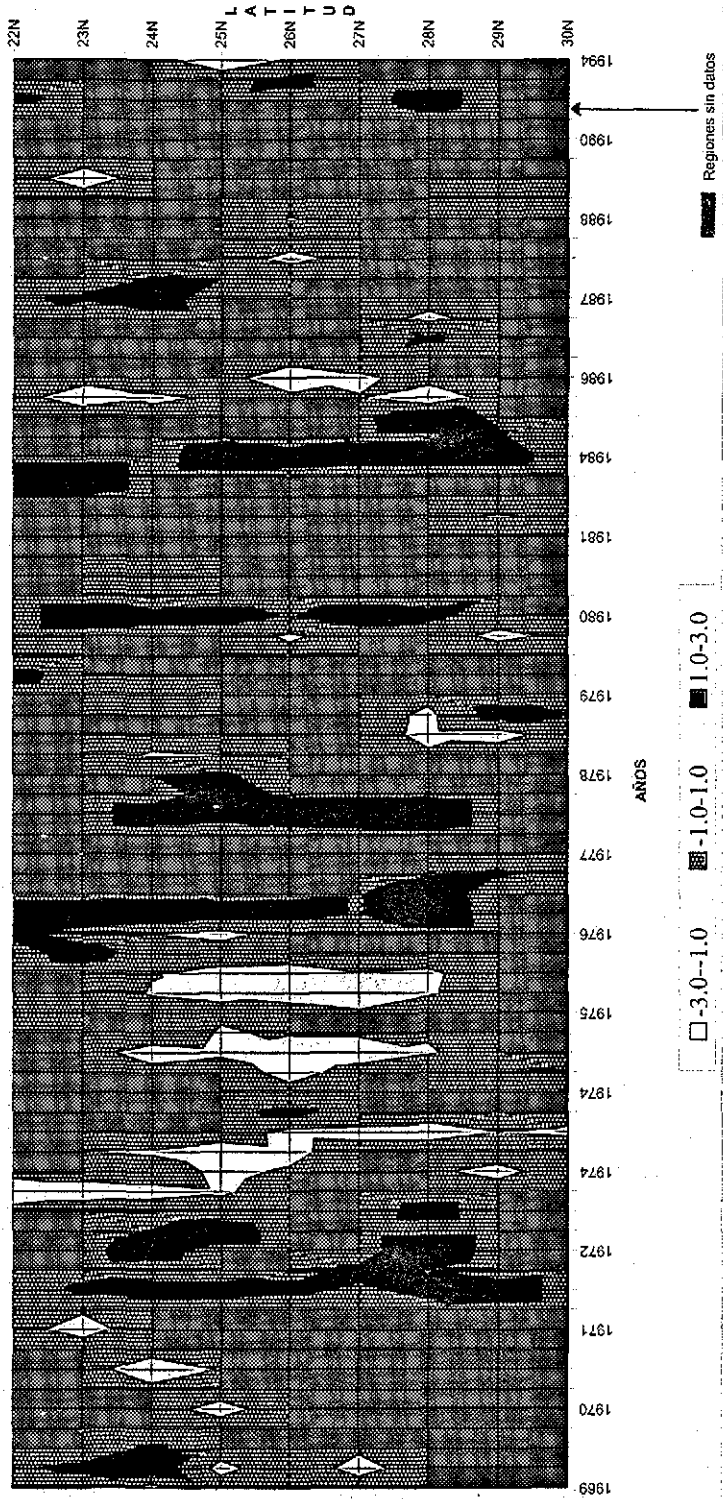


Figura 8 A. Intervalo de anomalías térmicas en la zona de distribución de sardina Monterrey (cruceros oceanográficos).

Figura 8 B. Anomalías térmicas en la zona de distribución de sardina Monterrey



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 8 Anomalías térmicas en el Golfo de California por cruceros/meses y región, construidas con la temperatura superficial en la región menos la temperatura normal

AÑO CRUCERO	MES	AÑO	31N	30N	29N	28N	27N	26N	25N	24N	23N	22N	21N
1969 DA6906	6.0	1969								-1.78			
1969 MARINA	7.0	1969					-1.70	0.30	-1.60	2.30	1.30	0.80	
1969 MAR/DA6908	8.0	1969		0.50	-0.90		-0.71	0.90		1.29			
1969 MARINA	12.0	1969									-0.10	-0.20	
1970 MAR/DA7004	3.0	1970		0.28	0.35	-0.20	0.60		-1.70	-0.21		-0.46	
1970 MAR/DA7004	4.0	1970				0.50	-0.60	-0.78		-0.30			
1971 AA7101	4.0	1971				0.21	0.00	-0.42	-0.90	-2.60			
1971 AH7110	9.0	1971	0.00	-0.01	-0.40								
1971 AH7111	11.0	1971									-1.70	-0.40	0.00
1971 AH7112/11	12.0	1971				0.40	-0.30	-0.70	-0.50	-0.60	-0.80	-0.80	
1972 AA7204	4.0	1972				2.70	1.43	0.74	1.32	1.80	1.86	1.29	
1972 AH7206	11.0	1972				-0.50	0.90	1.40	0.40	-0.10	0.00	0.40	
1972 AH7207	12.0	1972					4.50				1.80	0.60	0.10
1973 AA7305	4.0	1973								2.30	1.10	0.30	-0.20
1973 AA7305	5.0	1973											
1973 AA7308	7.0	1973	0.05	0.00	-0.10	-0.70	-0.40	-0.30	-1.20	-1.60	-2.00	-4.40	
1974 AA7401	1.0	1974				-1.60	-0.70	-0.70	-0.80	-1.40			
1974 AA7402	2.0	1974							-1.50	-2.00	-1.20	-1.60	-0.90
1974 aa7402	3.0	1974	0.00	-1.32	-1.05	-1.80	-1.70	-1.53					
1974 AA7403/DA7404	4.0	1974		-0.30	0.70	-0.10	0.60	1.32	0.70				
1974 DA7404	5.0	1974					-1.00						
1974 DA7410	10.0	1974	1.00	1.10	1.00	0.10	0.00	-2.00	0.60	0.00			
1974 AA7405	12.0	1974				-1.18	-2.35	-3.18	-1.58	-2.21			
1975 AA7501	1.0	1975				-0.79	-0.65	-0.74	-1.20	0.66	0.18	-0.30	
1975 AA7503	3.0	1975					-0.80	-0.43	-0.70	-0.41	0.37	1.04	
1975 AA7503/AA7504	4.0	1975				-1.20	-2.08	-1.58	-1.30	-1.10			
1976 AA7601	1.0	1976				-1.30	-1.10	-1.95	-1.61	-0.94	-0.06	-0.28	
1976 AA7602	2.0	1976										2.01	
1976 AH7605	4.0	1976				0.20	0.50	-0.50	-0.28	-1.60	-1.00	-0.10	1.60
1976 AA7605	7.0	1976					2.50	0.90	1.50	1.50	2.50	2.50	2.58
1976 AA7607	10.0	1976					2.17	0.90	0.80	0.60	0.20	0.30	0.30
1977 AA7701	2.0	1977	0.09	0.64	1.12	0.80							
1977 AA7704	8.0	1977				0.60			-0.27	-0.91	-0.56		
1977 AH7703	9.0	1977					0.47	0.05	-0.01	-0.41	-0.37	0.00	
1977 AA7708	12.0	1977					2.61	3.08	2.45	1.82	2.26	0.00	
1978 AA7802	2.0	1978					0.67	0.30	0.66	1.87			
1978 AA7802	3.0	1978								1.23	0.97	0.12	
1978 AA7810	9.0	1978					-0.78	-0.81	-0.84	-1.03	-1.20		
1978 AA7810/AA7811	10.0	1978				-1.80	-1.51						
1978 AA7811/AA7812	11.0	1978	1.50	1.00	1.80	-1.40							
1979 AA7902	3.0	1979				-0.39	-0.76	-0.85	-0.79	-1.01	-0.43		
1979 AA7907	7.0	1979										1.81	
1979 AA7907	8.0	1979					0.90	-0.51	-0.30	0.42	-0.50	-0.99	-1.04
1979 AA7911	11.0	1979	-0.30	-0.67	-1.44	-0.14	-0.09	-1.30					
1980 AA8003	3.0	1980					1.50	2.20	0.87	1.80	1.49	2.47	
1980 AA8008	7.0	1980	-0.05	0.07	0.83								
1981 AA8103	3.0	1981		0.94	0.91	0.49	0.75	0.67	0.80	1.01			
1981 AA8103	4.0	1981							-0.60	-0.40	-0.50		
1981 AA8105	8.0	1981									0.30	0.07	
1981 AA8110/DA8110	10.0	1981	-1.10	-0.80	-1.10	-0.70	-0.40	0.00	-0.40	-0.50	-0.40		
1982 AH8201	2.0	1982									0.90	0.80	0.00
1982 AH8206	6.0	1982									3.60	4.60	
1984 PU8403	3.0	1984		0.38	1.75	1.60	1.70	2.07	2.50				
1984 MARCO1	8.0	1984	0.05	-0.72	1.29	0.80	0.60	-0.17	0.46	-0.30	-0.40		
1984 MARCO2	11.0	1984	-0.30	-0.14	0.73	2.03	0.69	-0.03	0.25	-0.30	0.73		
1986 MARCO3	5.0	1986	0.00	0.00	0.00	-2.65	-0.30	-0.35	-0.75	-1.34	-2.58		
1986 GOLCA8611	11.0	1986				-0.90	0.00	-1.50	-3.70				
1987 AA8701	1.0	1987					0.38	0.64	0.26				
1987 GUAYTEC/AA8701	2.0	1987				0.43	1.20	0.30	0.30	0.70	0.60	0.10	
1987 PROCETA1	6.0	1987				-1.53		-0.02	0.05	0.15	-0.26	0.60	
1987 AH8704	8.0	1987								1.90	3.22	0.84	0.27
1987 AH8704/GOLCA8709	9.0	1987				0.80	-0.23	0.70	-0.80	1.00	1.10		
1987 PU8711	11.0	1987				-0.20	-0.30	-1.60					
1988 AH8801	1.0	1988									0.20	-0.10	0.00
1988 GOLCA8802	2.0	1988	-0.30	-0.80	0.30	0.30	-0.40	-1.10					
1990 AL9002	2.0	1990				-1.04	-0.91	-0.83	0.08				
1990 AL9002	3.0	1990						-0.13	-0.36		-2.13		
1990 XI9008	8.0	1990		0.35	-0.20	-0.73							
1990 XI9008	9.0	1990					-0.32	-0.04					
1991 BIPX19101	1.0	1991				-0.10	0.40	-0.30					
1991 BIPX19101/AH9102	2.0	1991					1.90	0.30	-0.10	0.70	0.90	0.80	1.20
1993 BIP9301	1.0	1993							1.40	0.60			
1994 BIP9401	1.0	1994		0.00	0.10	0.00	0.20	-0.70	-3.70				

## 7.-VIENTOS

Con los datos de las estaciones meteorológicas de Guaymas y Mazatlán se obtuvo la frecuencia por dirección del viento dominante a través del tiempo. Para observar las variaciones de la rapidez interanual del viento se obtuvo el promedio de la rapidez media anual considerando sólo los registros del viento en otoño, invierno y primavera

### 7.1.-Frecuencia por dirección y rapidez interanual del viento

El viento se analizó en los dos puertos: Guaymas porque es el área donde la sardina se captura durante su migración estacional hacia el sur y porque es el principal puerto de descarga de sardina; Mazatlán porque es el punto meridional de la distribución de sardina, pero con menos descarga que en Guaymas.

El análisis global de la frecuencia por dirección del viento, indicó que en Mazatlán, en el periodo 1969-1994 es menos variable que en Guaymas; en Mazatlán los vientos se dispersan entre 158° y 360°, los de mayor frecuencia corresponden a los que soplan del W, WNW, NW y NNW y los de baja frecuencia del N, SSE, S y SSW (Fig. 9). En Guaymas se dispersan entre 23°y 360°, los de alta frecuencia soplan del S, SW, W, WNW, NW y NNW, los de baja frecuencia del NNE, NE, ENE, E y SE (Fig. 10), pero son más variables que en Mazatlán.

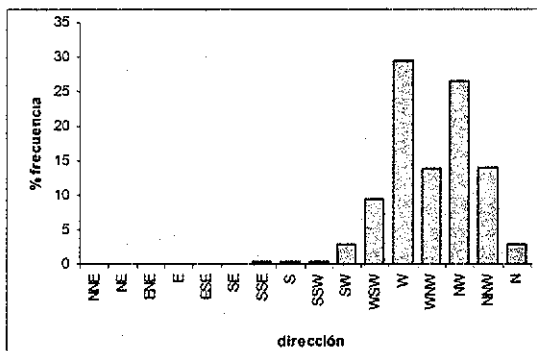


Figura 9. Frecuencia por dirección del viento dominante en Mazatlán, en el periodo 1969-1992.



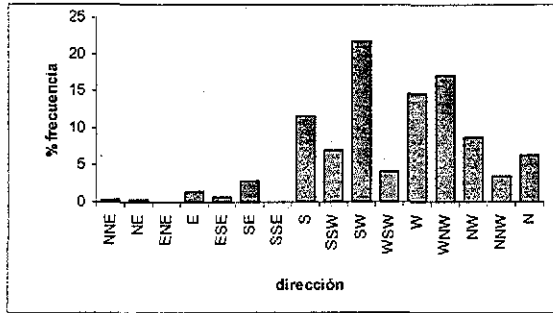


Figura 10. Frecuencia por dirección del viento dominante en Guaymas, en el periodo 1969-1994.

El promedio de la rapidez de los vientos de otoño, invierno y primavera se tomó como un indicador de la rapidez interanual del viento, cuya periodicidad (Fig. 11 A y B) es similar a la periodicidad térmica descrita en el capítulo 6 3, sobre todo en Guaymas en donde se pueden observar tres periodos, uno entre 1969 y 1975 de 3 a 6 m/seg, otro de 1977 a 1989 con rapidez moderada de entre 2.5 y 4 m/seg, esta tendencia del viento moderado se prolongó hasta 1988/89. El tercer periodo, después de 1989 con rapidez hasta de 5 m/seg, valores sólo observados en los 70's (Fig. 11 A).

En Mazatlán, tampoco se consideró el viento de verano porque ocurren tormentas tropicales, aunque el viento del NW y W llega hasta ese puerto con más frecuencia que en Guaymas, la rapidez (Fig. 11B) no mostró un patrón de periodicidad. La variabilidad entre ambos puertos, según Reyes-Coca *et al.*, (1984) se debe a que la cordillera de Baja California es una barrera para los vientos del NW.

Las variaciones de la dirección del viento en ambos puertos se explicó por la topografía de la Península (Merrifield y Winant, 1989) y la intensificación de los vientos en invierno y primavera, debido a que un centro de alta presión del Pacífico (Semipermanente) se establece justamente en el norte de California y se desplaza hacia el sur, acercándose a la costa. Al sur de los 40°N el gradiente de presión se reduce debilitando los vientos NW y cambiando su dirección al norte de esta latitud.

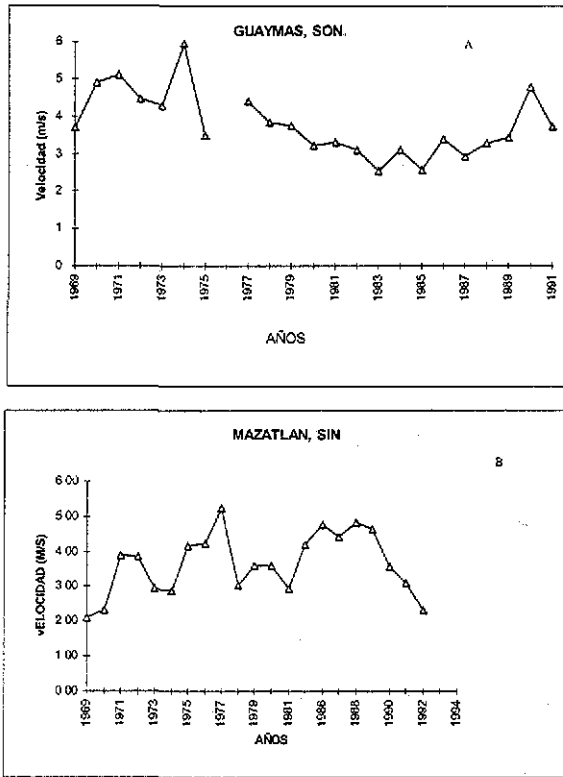


Figura 11. Rapidez media del viento en otoño, invierno y primavera (octubre-diciembre/enero-mayo) A) Guaymas, B) Mazatlán Dirección NNW, NW, WNW.

## 7.2.- Análisis espectral del viento

El examen visual del viento representado en la figura 11, no señala con claridad la periodicidad de las oscilaciones. Para conocer si la rapidez del viento presenta periodicidad de eventos, se hizo un análisis espectral mediante la Transformada Rápida de Fourier.

En Guaymas el evento más frecuente ocurre cada 12.1 meses (Fig. 12) con densidad espectral de 286.5 la cual corresponde a la periodicidad estacional que exhiben los vientos del NW en invierno/primavera y a los del Sur en verano. Otro evento importante

ocurre cada 13.4 meses, pero no se identificó algún evento físico con el que se relacione. Los ciclos entre 51.2 y 85.3 meses cuya densidad espectral de 155.5 y 92.5, equivalentes a 4.2 años y 7.08 años, respectivamente y es probable que estén asociados a la frecuencia de "EL Niño".

No se observan eventos mayores a los descritos con anterioridad, pero probablemente cada 10.6 años (128 meses), ocurra un evento importante asociado al periodo de rapidez moderada representado en la figura 11 A, asociado también al periodo cálido que ocurrió después de 1977 en las aguas del Golfo, pero existe una gran incertidumbre porque la serie de datos es tan corta que no permite la repetición del evento, de ahí que la densidad espectral es baja.

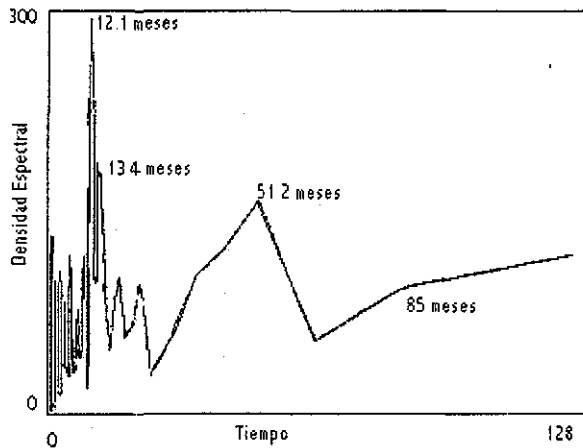


Figura 12. Espectro de energía del viento de Guaymas. (Transformada Rápida de Fourier).

Guaymas.	
Ciclos en meses	Densidad espectral
12.19	286.58
11.63	230.71
13.4	183.9
51.2	155.5
85.3	92.5

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En Mazatlán de acuerdo a la densidad espectral (Fig. 13) el evento más frecuente ocurre en periodos de 12.1 meses, también ocurren eventos con periodicidad de entre 19 y 23 meses cuyas densidad varió entre 53.0 y 57.8, probablemente asociado a un evento meteorológico bianual. Entre 51.2 y 64 meses, es decir cada cuatro o cinco años, ocurre un evento importante probablemente asociado a cambios de circulación del viento provocados por "El Niño".

No fue posible precisar un evento de mayor duración por que la serie de datos es corta. Al igual que en Guaymas el mejor representado es el evento cada 12.1 meses con una magnitud espectral de 151.2.

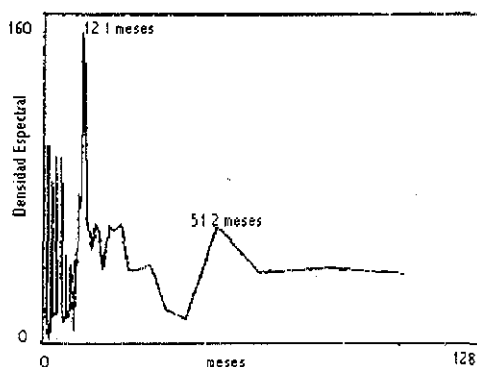


Figura 13. Espectro de energía del viento de Mazatlán (Transformada Rápida de Fourier).

Mazatlán	
Ciclos en meses	Densidad espectral
12.1	151.2
19.6	56.7
21.3	54.7
23.2	57.7
51.2	57.1
64.0	34.5

La rapidez y dirección del viento se representó en una gráfica de vectores, cuyo tamaño es proporcional a la velocidad del viento y cuya dirección es la del viento en Guaymas;

aunque hay pocos registros, la gráfica muestra que entre 1969-1975 los vectores representaron una tendencia irregular y variable del viento con rapidez hasta de 6 m/s lo que indicó un periodo inestable. Entre 1977 y 1988 hubo un periodo estable con vientos de rapidez moderada, aproximadamente durante 12 años (144 meses), en estos años el evento de 12.1 meses alternó vientos del NW de rapidez moderada 3 y 4 m/s (Fig. 14), en el primer semestre del año y del SE en el segundo semestre.

Hubo años específicos de transición entre el primer y segundo periodo, tal es el caso de 1976, año "El Niño" cuando terminó el periodo irregular por los cambios de circulación atmosférica de escala global marcaron un cambio del sistema climático del Golfo (Sadler y Kilonsky 1983; Miller *et al.*, 1994).

De 1989 a 1994 disminuyó la frecuencia de los vientos del NW (origen de las surgencias en la costa oriental del Golfo) y fueron más frecuentes los vientos del N, S y SW, en este periodo persistió el espectral de 12.1 meses pero terminó el periodo de rapidez moderada y la constancia de la dirección del viento observada en el segundo periodo.

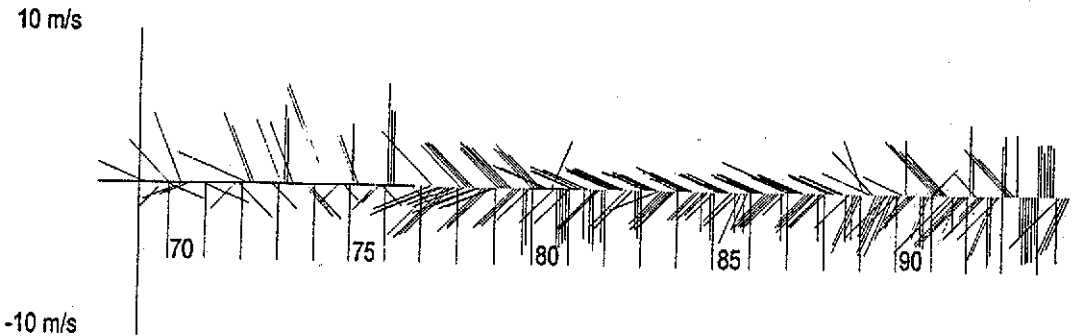


Figura 14. Vectores del viento dominante en Guaymas, en el periodo 1970-1994.

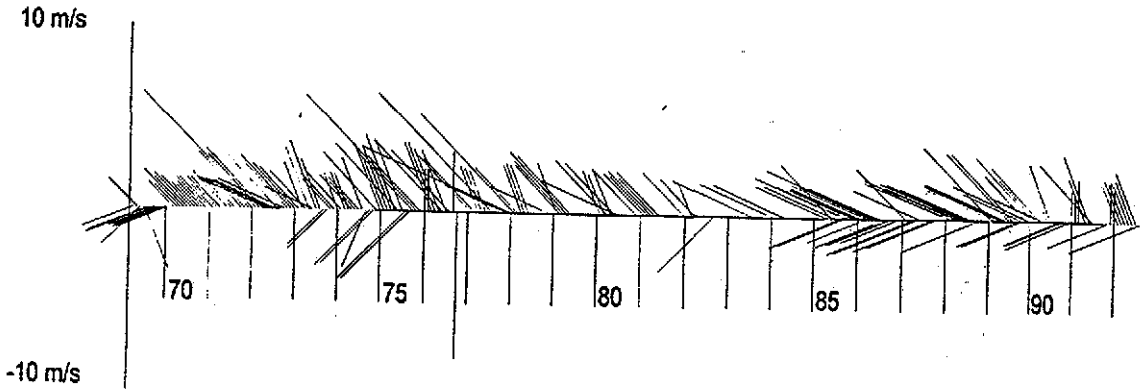


Figura 15. Vectores del viento dominante en Mazatlán, en el periodo 1970-1992.

En Mazatlán predominaron los vientos del NW y WNW; aunque son de rapidez muy variable, se observa que en 1976 disminuyeron ligeramente en rapidez. Las variaciones en la rapidez de los vientos del NW y WNW persistieron desde 1969 a 1992, la magnitud de los vectores indicó que entre 1970 y 1977 hubo vientos hasta de 6 m/s, entre 1978 y 1988 la rapidez disminuyó a 2.5 y 3.5 m/s, en el periodo 1985-1992 hubo vientos hasta de 4.5 m/s. Los vientos del WSW y SW estuvieron ausentes hasta 1984, pero estuvieron presentes desde 1985 con una rapidez de 4.5 m/s (Fig. 15).

### 8.-VARIABILIDAD TÉRMICA, DISTRIBUCIÓN Y CAPTURA

El ambiente pelágico en el Golfo es sumamente dinámico porque se localiza en la zona de influencia de la Corriente de California y el Sistema Ecuatorial del Norte. Estos sistemas impulsados por el viento provocan cambios en la oceanografía física del Golfo cuyas variaciones en escala estacional están asociadas a cambios de distribución de sardina.

El modelo de Sokolov y Wong (1973), explicó que en octubre, con el comienzo de los vientos estacionales del NW, desciende la temperatura, entonces la sardina migra hacia el Sur por las costas de Sonora y Sinaloa desovando en el trayecto; los huevos y larvas se

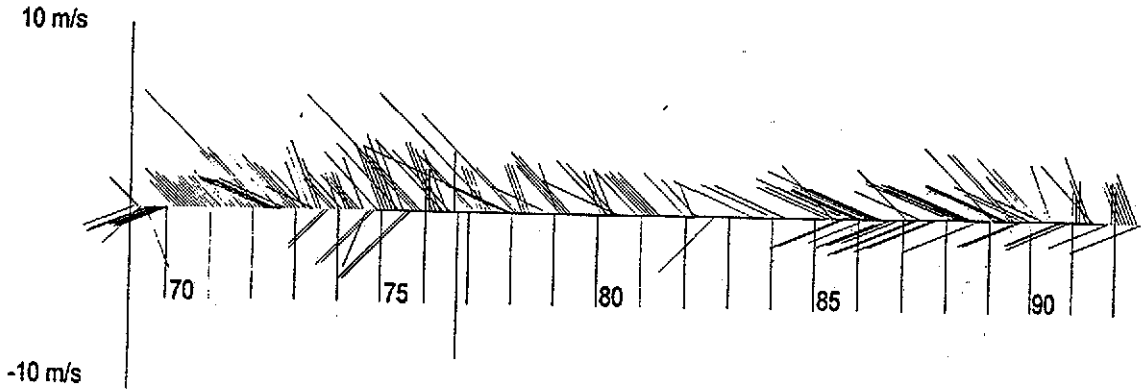


Figura 15. Vectores del viento dominante en Mazatlán, en el periodo 1970-1992.

En Mazatlán predominaron los vientos del NW y WNW; aunque son de rapidez muy variable, se observa que en 1976 disminuyeron ligeramente en rapidez. Las variaciones en la rapidez de los vientos del NW y WNW persistieron desde 1969 a 1992, la magnitud de los vectores indicó que entre 1970 y 1977 hubo vientos hasta de 6 m/s, entre 1978 y 1988 la rapidez disminuyó a 2.5 y 3.5 m/s, en el periodo 1985-1992 hubo vientos hasta de 4.5 m/s. Los vientos del WSW y SW estuvieron ausentes hasta 1984, pero estuvieron presentes desde 1985 con una rapidez de 4.5 m/s (Fig. 15).

### 8.-VARIABILIDAD TÉRMICA, DISTRIBUCIÓN Y CAPTURA

El ambiente pelágico en el Golfo es sumamente dinámico porque se localiza en la zona de influencia de la Corriente de California y el Sistema Ecuatorial del Norte. Estos sistemas impulsados por el viento provocan cambios en la oceanografía física del Golfo cuyas variaciones en escala estacional están asociadas a cambios de distribución de sardina.

El modelo de Sokolov y Wong (1973), explicó que en octubre, con el comienzo de los vientos estacionales del NW, desciende la temperatura, entonces la sardina migra hacia el Sur por las costas de Sonora y Sinaloa desovando en el trayecto; los huevos y larvas se

desplazan a la deriva, desde la costa oriental hacia la costa occidental del Golfo (Fig. 16), sin embargo, porque iniciaba la pesquería no se vislumbró el efecto de la variabilidad climática interanual y decadal y sus efectos en la distribución de la sardina.

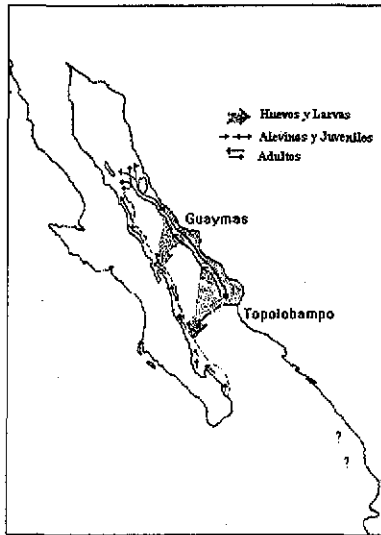


Figura 16. Ciclo migratorio de sardina Monterrey  
Tomado de Sokolov y Wong (1973).

El análisis de la temperatura interanual indicó que durante el periodo frío del Golfo, desde abril de 1971 hasta abril de 1976 predominaron anomalías negativas de  $-3^{\circ}\text{C}$  a  $-1^{\circ}\text{C}$  y vientos fuertes, en condiciones frías se localizaron larvas en todas las zonas del Golfo, desde  $30^{\circ}\text{N}$  hasta  $22^{\circ}\text{N}$  y capturas de sardina Monterrey (Cuadro 9) en las cercanías de Mazatlán (Fig. 17, Anexo 2).

La expansión de sardina durante el periodo frío del Golfo ocurrió cuando hubo hasta  $2^{\circ}\text{C}$  menos que en el periodo cálido, aparentemente el alcance de los movimientos hacia el sur y su permanencia en el área de Mazatlán se explican por la baja temperatura del agua,  $2^{\circ}\text{C}$  más fría que en el segundo periodo, estas condiciones frías se observaron en el Pacífico Oriental en donde también ocurría el final de un periodo frío. Sin embargo la sardina desova en amplio intervalo, en el invierno frío y en verano (cálido) (Anexo 2) en zonas donde la variación estacional alcanza hasta  $5^{\circ}\text{C}$  o más de temperatura, ante estas circunstancias es posible establecer un intervalo térmico de desove?. Mas bien parece que



la sardina explora áreas y condiciones favorables para el desove; lo cual se facilita por la maduración asincrónica de los ovocitos y desoves múltiples y por vientos de rapidez moderada, cuando las condiciones son favorables desova exitosamente y ocurren reclutamientos óptimos.

No está claro el mecanismo de cómo las larvas llegaron al área de Mazatlán; pudo haber sido por algún mecanismo físico o remolinos, sin embargo la presencia de larvas y adultos en la zona sugiere desoves, como lo demuestran las capturas en el área de Mazatlán (Cuadro 9), las cuales fueron comparativamente mucho menores que en Guaymas (Cuadro 10), no obstante demuestran la presencia de sardina en áreas de pesca de Mazatlán. Aunque pocas toneladas, confirman la presencia de larvas y adultos en Mazatlán, el límite meridional de la distribución de sardina Monterrey.

Cuadro 9. Captura de sardina por especie en Mazatlán (García-Gómez, 1980 documento inédito del INP). Captura en toneladas.

temporada	crinuda	Monterrey
1972/73	3,252	24
1973/74	6,939	2,307
1974/75	8,691	3,000
1975/76	9,351	2,210

Después de 1976, cuando cesó el período frío del Golfo y comenzó el período cálido, no hubo sardina Monterrey ni larvas más allá de los 23°N (Fig. 17, Anexo 2), esta ausencia de larvas coincidió con la ausencia de sardina Monterrey en la pesquería de Mazatlán, después de 1975/76 ya no se descargó sardina Monterrey en Mazatlán.

Durante el periodo cálido, cuando hubo anomalías térmicas entre 1 a 3 °C , desde febrero de 1977 hasta febrero de 1987, las larvas se localizaron en las regiones desde 30°N hasta 23°N (Fig. 17, Anexo 2), y la sardina adulta se retiró del área de Mazatlán. Después de 1976 no se volvió a capturar sardina en este puerto, mientras que en Guaymas, por las migraciones estacionales de otoño-invierno normalmente hay sardina en las áreas aledañas a este puerto, por lo mismo la descarga de sardina fue continua y permanente, desde el inicio de la pesquería en 1969 hasta 1994. Es notable la ausencia de larvas y

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

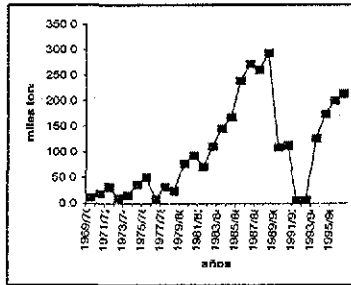


En el periodo frío la captura en el área de distribución tuvo marcados contrastes, en Mazatlán no rebasó las 3, 000 t y no se volvió a capturar después de 1975/76; en el periodo cálido no rebasó la región 23°N, y las áreas de captura quedaron fuera del alcance de la flota de Mazatlán

En Guaymas en el periodo frío la captura alcanzó 51.3 mil t., pero en el cálido aumentó hasta lograr en la temporada de pesca 1988/89 una captura récord de 294,095 t. El declive sostenido en las tres siguientes temporadas culminó en 1991/1992, cuando la captura fue de 6,431 t. (Cisneros-Mata *et al.*, 1995, 1996) que representaron el nivel más bajo en toda la historia de la pesquería (Cuadro 10).

Cuadro 10. Captura de sardina Monterrey en Guaymas, Son.  
(Cisneros-Mata *et al.*, 1995, 1996)

temporada	miles tons.
1969/70	11.3
1970/71	19.6
1971/72	32.6
1972/73	9.9
1973/74	16.2
1974/75	36.6
1975/76	51.3
1976/77	8.8
1977/78	32.6
1978/79	24.6
1979/80	77.6
1980/81	94.0
1981/82	71.4
1982/83	111.5
1983/84	146.5
1984/85	169.1
1985/86	240.2
1986/87	272.6
1987/88	261.4
1988/89	294.1
1989/90	109.9
1990/91	113.6
1991/92	6.9
1992/93	7.5
1993/94	127.5
1994/95	175.0
1995/96	200.9
1996/97	214.6
1997/98	58.7
1998/99	51.3



### 8.1 - Efectos de "El Niño" en la distribución de sardina

"El Niño", cuyos efectos se reflejan a lo largo del Pacífico Oriental es de periodicidad variable y con efectos espaciales y temporales; impacta las pesquerías de pelágicos menores del Golfo y de la costa Occidental de Baja California. En el Golfo la pesquería de sardina se ha sostenido durante 31 años, desde 1969 a 1994 en este periodo se han documentado, a causa de "El Niño" acortamientos del hábitat de desove y disminución de la CPUE acompañados de cambios en la composición de especies

Intercalados en cambios climáticos de escala mayor a la interanual, tienen impacto en la distribución larvaria. En espacio promueven contracciones hacia el norte del Golfo: en noviembre de 1972 (año "El Niño"), durante el crucero AH7206 (Fig. 17), cuando inicio "El Niño" 1972/73 solamente hubo dos estaciones positivas al norte del Golfo, y ausencia de larvas en varias regiones del sur. En abril de 1976 (crucero AH7605, Anexo 2) no se localizaron larvas en las regiones 23°N y 22°N. En febrero de 1977 no se localizaron larvas en las regiones 27°N (crucero AA7701), aunque no hubo cobertura total del Golfo. En el crucero de noviembre de 1986 no se localizaron larvas en el cuadrante 26°N. A pesar de los bajos rendimientos de CPUE de sardina Monterrey en las temporadas de pesca 1972/73, 1976/77 y 1982/83, (Lluch-Belda et al, 1986); las fluctuaciones de la captura hasta antes de 1992 no habían sido determinantes, para la pesquería, ésta desde su inicio en 1969 mantuvo un crecimiento constante de captura hasta 1991. El declive importante de la captura y abundancia ocurrió entre 1991 y 1993.

Los efectos opuestos o ampliación de las migraciones se observaron en abril de 1973 (Fig. 17, Anexo 2), en julio de 1973 y 1976 (Fig 18), cuando hubo larvas en la boca del Golfo durante "El Niño" 1972/73 y 1976/77. Los dos viajes realizados en julio de 1973 y 1976, mostraron larvas en 22°N, al sur de Mazatlán (Fig. 18, Anexo 2). En julio de 1973 (crucero AA7308) hubo anomalías térmicas negativas entre -4.0°C y 0.05°C; en julio de 1976 (crucero AA7605) hubo larvas al sur de 22°N en pleno verano, y se capturó entre febrero-abril sardina Monterrey en Mazatlán, cuando la temperatura estacional alcanza hasta 25°C o más, con anomalías positivas entre 0.9°C a 2.6°C, aspecto que llamó la

atención porque se ha reportado que “El Niño” acorta la distribución meridional de sardina.

La presencia de adultos y larvas en verano en latitudes tropicales (Mazatlán) enmarcados en un periodo frío son explicables por la amplia tolerancia de la sardina a la temperatura y por la disponibilidad alimentaria para la sardina.

latitud		
31N	0.1	
30N	0.0	
29N	-0.1	
28N	-0.7	2.5
27N	-0.4	0.9
26N	-0.3	1.5
25N	-1.2	1.5
24N	-1.6	2.5
23N	-2	2.5
22N	-4.4	2.6
MES	7	7
	1973	1976
	AA7308	AA7605

Figura 18. Anomalías térmicas en la zona de distribución de sardina Monterrey, en verano. Las regiones enmarcadas indican presencia de larvas, las no enmarcadas ausencia. Red: CalCOFI.

## 9.-ABUNDANCIA RELATIVA

La proporción de larvas (abundancias relativas de invierno y primavera por región y por año) a lo largo del eje del Golfo, varió desde una baja abundancia a principios de los 70's hasta una alta abundancia durante los años 80's. El promedio de la abundancia relativa (previamente estandarizadas a  $10 \text{ m}^2$ ) de todas las estaciones realizadas entre 1973 hasta 1977 fue menor a 1,211 larvas. Con excepción de 1976 en que se capturaron 1,600 larvas

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

atención porque se ha reportado que "El Niño" acorta la distribución meridional de sardina.

La presencia de adultos y larvas en verano en latitudes tropicales (Mazatlán) enmarcados en un periodo frío son explicables por la amplia tolerancia de la sardina a la temperatura y por la disponibilidad alimentaria para la sardina.

latitud		
31N	0.1	
30N	0.0	
29N	-0.1	
28N	-0.7	2.5
27N	-0.4	0.9
26N	-0.3	1.5
25N	-1.2	1.5
24N	-1.6	2.5
23N	-2	2.5
22N	-4.4	2.6
MES	7	7
	1973	1976
	AA7308	AA7605

Figura 18. Anomalías térmicas en la zona de distribución de sardina Monterrey, en verano. Las regiones enmarcadas indican presencia de larvas, las no enmarcadas ausencia. Red: CalCOFI.

## 9.-ABUNDANCIA RELATIVA

La proporción de larvas (abundancias relativas de invierno y primavera por región y por año) a lo largo del eje del Golfo, varió desde una baja abundancia a principios de los 70's hasta una alta abundancia durante los años 80's. El promedio de la abundancia relativa (previamente estandarizadas a  $10 \text{ m}^2$ ) de todas las estaciones realizadas entre 1973 hasta 1977 fue menor a 1,211 larvas. Con excepción de 1976 en que se capturaron 1,600 larvas

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

en la "región" 26°N, en muchas regiones hubo pocas larvas (fig. 19). Los detalles de la abundancia por región y crucero se presentan en el anexo 2

A partir de 1978, dentro del periodo cálido y vientos moderados, aumentó la abundancia relativa de larvas en varias regiones del Golfo, el promedio de 1,211 del primer periodo aumentó a 3,893 larvas en el segundo periodo y mayores abundancias en las regiones, probablemente por desoves masivos en todo el Golfo y un abundante stock reproductivo.

En el tercer periodo, entre 1991 y 1992 en presencia de anomalías positivas y negativas, la abundancia de larvas disminuyó en 1991 y 1992 y la distribución se contrajo hacia el norte del Golfo.

Contrario a lo observado en el periodo frío de los 70's, cuando las larvas se expandieron hasta Mazatlán, en 1991 la distribución se redujo cinco grados de latitud, aproximadamente 300 millas. Durante enero-febrero de 1991, en el crucero BIPXI9101 solamente se capturaron dos larvas, en las regiones 28°N y 26°N, no obstante que la ruta del crucero cubrió la principal zona de distribución de la sardina desde los 29°N a los 26°N. En enero de 1992 (crucero BIPXI9201) no hubo larvas, sólo cinco estaciones positivas de huevos de sardina Monterrey de un total de 360 estaciones (com. pers. Yanera Green, CRIP Mazatlán, INP).

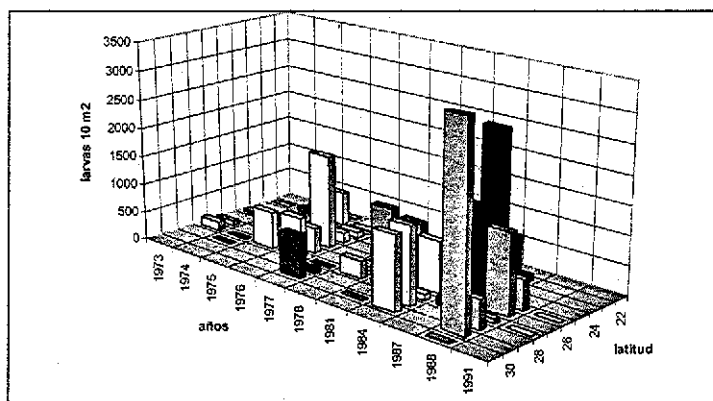


Figura 19. Abundancia relativa de larvas por región en el Golfo de California, estandarizadas a 10 m<sup>2</sup> de superficie. Cruceros de invierno primavera realizados entre 1973-1991. Redes CalCOFI y bongo.

## DISCUSIÓN

El Golfo de California está sujeto a un forzamiento dinámico del Océano Pacífico a través de la boca; siendo este por mareas, por penetración de ondas internas de diferentes escalas, perturbaciones causadas por huracanes, ondas de origen ecuatorial atrapadas en la costa, una invasión anual de agua superficial de origen ecuatorial y variaciones interanuales como "El Niño" (Lavin et al., 1997).

Otro forzamiento estacional originado en el Océano Pacífico es a través del nivel del mar cuyo cambio estérico se manifiesta en expansiones o contracciones asociadas con cambios de temperatura y salinidad de la columna de agua. Tal cambio en el nivel del mar del Océano Pacífico produce cambios en el nivel del mar en el Golfo de California. También dentro del Golfo ocurren procesos de arrastre y mezcla por vientos, mezcla por marea, intercambios de calor, evaporación, que afectan la dinámica y alteran las características del agua. Frente a la boca del Golfo se encuentran varias masas de agua que son transportadas por un sistema de corrientes que presenta movimientos estacionales de la meteorología a escala de todo el Océano Pacífico, como por ejemplo, el movimiento estacional de la Zona de Convergencia Intertropical la cual impone desplazamientos latitudinales de todo el sistema de corrientes ecuatoriales, las cuales repercuten en qué tan al sur llega la corriente de California y qué tan al norte se extiende la Corriente Mexicana. Los vientos, importantes en la circulación oceánica del Golfo de California tienen un marcado ciclo estacional y además las cadenas montañosas en ambas costas canalizan el viento a lo largo del eje longitudinal del Golfo, el viento sopla de noroeste durante el invierno (rapidez de 8 a 12 m s<sup>-1</sup>) y del sureste en el verano (rapidez promedio ~5 m s<sup>-1</sup>), a este ciclo del viento sobre el Golfo de California se le llama el Monzón Mexicano (Douglas et al., 1993) y conduce a generar surgencias costeras del lado del continente en invierno y del lado de la península en verano.

Los cambios de distribución de sardina por estar sujetos a esta dinámica, aparentemente no obedecen a una sola hipótesis, pues al respecto existen varias; la que considera que el desove y reproducción sólo ocurrían en la costa oriental del Golfo con deriva de larvas hacia la costa occidental, debido a vientos estacionales del NW y el enfriamiento de las



aguas del Golfo (Sokolov y Wong, 1973) o bien la que reconoce intervalos de temperatura y la variabilidad interanual, especialmente la de "El Niño" con desoves tanto en la zona costera como en la parte central del Golfo; Mirrifiel y Winant, 1989; Badan-Dangon, *et al.*, 1985; Lluch-Belda *et al.*, 1986; Huato-Soberanis y Lluch-Belda, 1987; Nevarez-Martínez, 1990; Hammann *et al.*, 1991).

Los diferentes alcances de las migraciones hacia el sur, observados por Padilla-García, (1976); Olvera-Limas, (1981, 1986) se habían explicado por variaciones en las escalas espacio-temporales en los viajes oceanográficos que no cubrían la totalidad del área de distribución y desove. También se habían explicado por bajas temperaturas en temporadas específicas, pero, además de las condiciones frías estacionales están los periodos fríos sostenidos algunos años, como ocurrió entre 1972 y 1976, los cuales propiciaron que las migraciones de sardina adulta se extendieran por la costa Este hasta las áreas de pesca de Mazatlán, en donde se capturó durante cuatro temporadas. Estos desplazamientos explican las interrogaciones que plantea Sokolov y Wong (1973) en el modelo original. Probablemente la intensidad de los vientos del NW durante invierno y primavera indujeron surgencias y disponibilidad de alimento en las costas cercanas a Mazatlán.

Lluch-Belda *et al.*, (1991,1995) explicaron mediante dos conceptos la distribución de sardina: distribución estática y dinámica. En el Golfo la idea central de la distribución dinámica plantea que la sardina en condiciones favorables (temperatura y surgencias) se expande desde la zona de las grandes islas (zona de concentración permanente y centro de dispersión) hacia el sur, o se contrae hacia el norte cuando cesan esas condiciones, pudiendo afectar la abundancia dependiendo de la escala.

Se confirmó que durante los años fríos del Golfo las migraciones de sardina adulta se extendieron por desplazamientos propios hasta el sur de Mazatlán (Región 22°N), al menos hasta abril de 1976, así lo confirman la captura de adultos y la presencia de larvas en julio, en el citado puerto (Sokolov y Wong, 1973; Martina García, 1980; Lluch-Belda *et al.*, 1986; y Nevarez-Martínez 1990). Después de 1976 no se volvió a capturar sardina Monterrey en Mazatlán y a partir de 1976 hasta 1999 sólo se capturan especies tropicales como las sardinas crinuda y bocona.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Al respecto Molina-Valdéz *et al.*, (1984), y Lluch-Belda *et al.*, (1986) confirmaron que el enfriamiento estacional, los vientos del noroeste, las surgencias y la temperatura controlan la migración estacional de sardina en el Golfo. Nuestros resultados confirman que además de estas condiciones, el final de un ciclo frío con vientos fuertes fueron las causas de la expansión de la sardina hasta Mazatlán. El cambio de distribución en las capturas entre Mazatlán y Guaymas corrobora que los eventos fríos y cálidos en escala decadal, están relacionados con cambios de distribución de sardina.

Ya que su presencia en Mazatlán no es permanente, se confirmó el concepto dinámico con expansión y contracción de sardina dentro del Golfo. Esto significaría que el ámbito de la distribución es variable dependiendo del cambio de estado frío o cálido, en este caso se comprobó que la temperatura es un buen indicador de los cambios de distribución, no obstante es difícil discernir si este factor por sí sólo controla la distribución, es notable, a la luz de este estudio que la sardina puede encontrarse en un amplio intervalo de temperatura: en el ámbito estacional pueden localizarse lo mismo en regiones al norte del Golfo (en aguas más frías) que en regiones al sur (en aguas tropicales) con intervalos hasta de 5°C o más, o bien desoves en julio con temperaturas hasta de 25°C.

En el ámbito interanual la anomalía térmica osciló desde -3°C a +3°C, lo que hace pensar que la sardina del Golfo tiene una estrategia de desoves múltiples en condiciones térmicas variables para asegurar el reclutamiento a la población. Se ha propuesto que un mecanismo físico a través de las plumas de agua fría (Hammann *et al.*, 1988; y Badan-Dangon *et al.*, 1985), es el que opera durante sus desplazamientos larvarios hacia la costa Este. En virtud de que las plumas y circulación del Golfo están asociados a los vientos del NW los cambios de distribución también son explicables por los vientos y por la dinámica física del Golfo. Alternativamente la sardina adulta al igual que las larvas podría desplazarse a la deriva hacia ambas costas y hacia el Sur, siguiendo las plumas de agua fría.

En el periodo de estudio hubo diversos cambios de estado, inicialmente un periodo frío acompañado de una expansión hasta Mazatlán, seguido de un periodo cálido y una concentración hacia la zona central del Golfo, la cual implicó ausencia en las zonas de

pesca de Mazatlán (regiones 23°N y 22°N), pero a pesar de que no alcanzó los 22°N, más que de una contracción podemos hablar de una expansión hacia ambas costas y hacia áreas oceánicas del Golfo.

Los dos primeros periodos se interpretan como un cambio de estado, desde uno frío hacia un estado cálido, que condujo cambios de abundancia y captura de sardina en el Golfo. Los años fríos coincidieron con el más bajo NMM registrado en la década de los 70's con variaciones que oscilan entre 0.5 y -0.5 pies (Fig. 20), y cuando en el Pacífico también se reportaron aguas frías (Miller *et al.*, 1994; Cole y McLain 1989).

De acuerdo con la teoría dinámica, durante la expansión en condiciones frías, la abundancia debería aumentar, pero, la biomasa (Cuadro 11) de sardina Monterrey no rebasó las 380,000 t (Olvera-Limas 1981, 1986), la dispersión de biomasa en una gran extensión desde el norte del Golfo hasta su límite meridional de la distribución en Mazatlán no permitieron mayor captura en Mazatlán en donde sólo alcanzó 3'000 t, (Cuadro 9) en tanto que en Guaymas (Cuadros 10) la captura sólo alcanzó 51,263 toneladas (García-Gómez 1980; Molina-Valdéz *et al.*, 1984), sumando la captura de ambos puertos en el periodo frío, fue cinco veces menor que el año de mayor captura del periodo cálido. Esos eventos confirman que la expansión de sardina hasta Mazatlán no se acompañó de una gran abundancia.

Además, durante la expansión se esperaría un mayor reclutamiento, sin embargo en el periodo frío la abundancia relativa de larvas fue menor que la de los 80's. En muchas regiones hubo baja abundancia, en promedio en el periodo 1973 hasta 1977 fue de 1,211 larvas

Cuadro 11. Evaluaciones de biomasa de sardina Monterrey en el Golfo de California

BIOMASA TONELADAS	METODO DE EVALUACION	AREA DE EVALUACION	AÑO
553,000	HUEVOS/LARVAS	G CALIFORNIA	1956
200,000	HUEVOS	G CALIFORNIA	1971
328,160	ANAL DE CAPTURA	G CALIFORNIA	1972
451,115	ANAL DE CAPTURA	G CALIFORNIA	1973
270,000	ANAL DE CAPTURA	G CALIFORNIA	1973
376,508	ANAL DE CAPTURA	G CALIFORNIA	1974
380,000	ANAL DE CAPTURA	G CALIFORNIA	1975
263,000	HUEVOS/LARVAS	NTE. C OCC Y SUR	1975
308,000	HUEVOS/LARVAS	C ORIENTAL HASTA I TIBURÓN	1976
31,304	HUEVOS/LARVAS	G NORTE	1977
343,142	HUEVOS/LARVAS	G CENTRO/SUR	1981
1,243 000	HIDROACUSTICA	G CALIFORNIA	1984
1,159 000	VPA	G CALIFORNIA	1984/87
68,918	VPA	G CALIFORNIA	1990/91
3,472	VPA	G CALIFORNIA	1991/93
100,261	VPA	G CALIFORNIA	1993/96

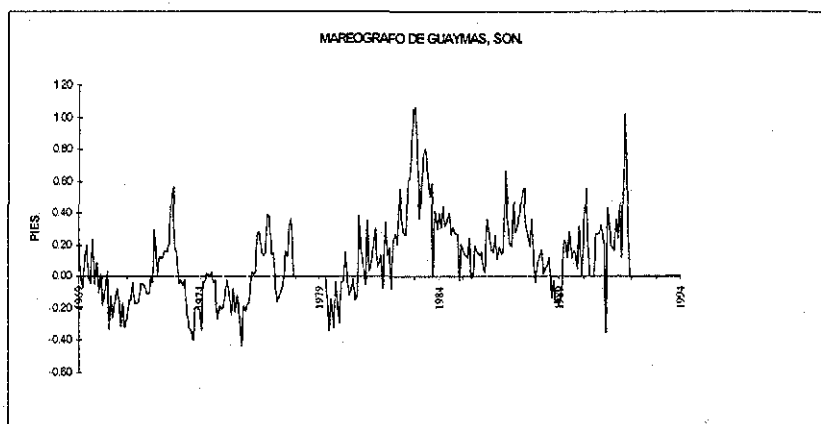


Figura 20. Anomalías del NMM en Guaymas, Son.  
Periodo 1969-1993.

Una hipótesis sobre la presencia de huevos y larvas en Mazatlán es que estos hayan sido acarreados a la deriva o por remolinos reportado por Hammann, et al, (1988); Badan-Dangon, (1985); Emilsson y Alatoire, (1997), sin embargo la captura de adultos en abril-mayo, precisamente en la época de desove, indica que los adultos estuvieron presentes y

desovaron en la zona y que su presencia respondió al final de un periodo frío en las aguas del Golfo.

La presencia de aguas frías en el Pacífico implicó la posibilidad de que la sardina Monterrey de la costa occidental de la península de Baja California haya emigrado hasta Mazatlán, pero esto no pudo comprobarse. Lo más seguro es que la sardina capturada en Mazatlán corresponda a la del Golfo ya que su periodo reproductivo está conectado a la sardina del Golfo a lo largo de costa oriental.

En el periodo cálido, cuando la temperatura y los vientos del NW se estabilizaron, la abundancia de larvas aumentó en todas las regiones, los datos presentados en este trabajo consignan mayor abundancia por región, en estas condiciones la biomasa de sardina Monterrey en el Golfo creció desde 380 mil t evaluadas en 1975/76 hasta casi un millón trescientas mil toneladas a principio de los 80's (Cuadro 11), como si el estado cálido haya mejorado el reclutamiento.

Debido a la alta disponibilidad y biomasa de sardina, ocurrieron las etapas de desarrollo, crecimiento y expansión de la pesquería (1976/77 a 1981/82 y 1982/83 a 1988/89), Cisneros-Mata *et al.*, (1995), aunque no se descarta que las altas capturas de los 80's se expliquen por altas tasas de explotación (Cisneros-Mata *et al.*, 1995).

El crecimiento del stock reproductivo en condiciones cálidas es posible y se refuerza porque la sardina del Pacífico en la costa occidental, también crece durante periodos cálidos (Lluch-Belda *et al.*, 1991, 1995). Al parecer las condiciones cálidas favorecen un crecimiento más rápido de huevos y larvas, ello explicaría un mayor reclutamiento a la pesquería.

La biomasa, en 1984 alcanzó 1,243 mil toneladas y en 1986/87 se evaluaron 1.159 millones de toneladas y la captura en Guaymas logró la cifra récord de 294,095 t. su máxima captura (Ehrhard *et al.*, 1982; Cisneros-Mata *et al.*, 1990, 1995) y no se volvió a capturar sardina Monterrey en Mazatlán, lo que refuerza la idea de un cambio de distribución en las capturas. No obstante las altas capturas de los 80's se han explicado por altas tasas de explotación ejercidas sobre la pesquería.

Al aumentar la biomasa en los años cálidos, se incrementó la capacidad de acarreo de la flota y la capacidad de procesamiento de la industria. La capacidad de acarreo creció

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

desde 47,012 t en 1969/70, hasta 401,098 t en 1985/86 (Molina-Valdéz *et al.*, 1984), lo anterior porque la flota operó en el hábitat preferido de la sardina, en la zona desde las grandes islas (área de concentración permanente) hasta las cercanías de Agiabampo, al norte de Sinaloa, entonces estuvo disponible a la flota de Guaymas y se alcanzó en los 80's la mayor captura comercial de sardina en el Golfo.

Se ha propuesto que la sobrevivencia podría ser una función de la estabilidad de los océanos, porque cuando la turbulencia es fuerte por tormentas y surgencias las partículas alimenticias se dispersan y afectan negativamente la supervivencia de larvas (Lasker y MacCall, 1983). En el Golfo el calentamiento y vientos moderados del NW o la combinación de ambos factores favorecieron el reclutamiento de sardina Monterrey. De acuerdo con esta teoría en el periodo frío la fuerza de los vientos del NW afectó negativamente la sobrevivencia, la fuerza de los vientos del NW provocó turbulencia y dispersión de partículas alimenticias, posiblemente en estas condiciones aumentó la mortalidad de larvas y depredación, relaciones que son un componente importante de la variabilidad del reclutamiento (Rothschild, 1989). Pero en el periodo cálido del Golfo los vientos del NW de rapidez moderada y la baja turbulencia permitieron disponibilidad de alimento para las larvas.

El tercer periodo no es muy claro por la poca cantidad de datos, hubo anomalías térmicas positivas y negativas, terminó el periodo de vientos moderados, cambió la dirección de los vientos y ocurrió uno de los eventos "El Niño" más intensos; en estas condiciones hubo una contracción de aproximadamente 300 millas hacia el norte; un acortamiento del área de desove, de acuerdo a que se ha definido como una especie euritérmica, por su crecimiento en condiciones cálidas y por su tolerancia a las variaciones de la temperatura, El Niño por si sólo no explica totalmente la baja abundancia de larvas ni el colapso de la captura durante dos temporadas seguidas.

Ciertos indicadores como la presencia de larvas y adultos la región tropical 22°N en el verano de 1973 y 1976 durante los eventos "El Niño" de 1972/73 y 1976/77, el crecimiento de la captura y la abundancia en los dos periodos anteriores hacen pensar que el declive no se debe exclusivamente a "El Niño". Al menos cuatro eventos "El Niño" desde el inicio de la pesquería no habían provocado un declive con las dimensiones de

1991. Se ha hipotetizado que por la entrada de agua caliente al Golfo el reclutamiento de sardina Monterrey durante "El Niño", podría acorta del hábitat de desove (Hammann; 1991), sin embargo a pesar de todos estos efectos la biomasa creció hasta poco más de un millón de toneladas.

Probablemente la combinación de eventos físicos y biológicos como cambios en la circulación atmosférica, en el sistema de vientos del NW, la sobrepesca de crecimiento, exceso de esfuerzo, fallas en el desove y el calentamiento de "El Niño" operan en los bajos reclutamientos.

Sin embargo es indudable que los eventos "El Niño", documentados por (Merrifiel y Winant, 1989; Badan-Dangon *et al.*, 1985. Baumgartner y Christensen, 1985; Robles-Pacheco y Marinone, 1987, retardan las migraciones hacia el sur del Golfo, cambios también observados por (Lluch-Belda *et al.*, 1986; Huato-Soberanis y Lluch-Belda, 1987.

Por la tolerancia de la sardina a la variación térmica hasta 5°C probablemente la contracción estacional es temporal, al restablecerse el sistema de vientos del NW se termina el retardo de las migraciones y la sardina migra hacia el sur, por lo anterior no se puede hablar de un conocimiento terminado y sí de que falta claridad y mayor investigación de sus efectos en la pesquería.

La literatura indica reducciones del hábitat para el desove, cambios en la composición de especies y variaciones y alternancia de disponibilidad entre la sardinas Monterrey y crinuda y cambios en la productividad primaria y en la estructura del plancton, (Hammann, 1991; Molina-Valdéz *et al.*, 1984, 1987; Lluch-Belda *et al.*, 1986). Pero no se había documentado un colapso como el 1991-1993.

Hipoteticamente "El Niño" de 1992-1993 fue una de las causas del declive. El Niño" altera la productividad primaria y la estructura del fitoplancton (Valdés-Holguín y Lara-Lara, 1987), es posible que se hayan alterado los procesos físicos de la productividad primaria en la zona de desove. Probablemente el sistema de vientos del NW se alteró y no se restableció con la prontitud de otros años, y se propicio que la sardina, o permaneciera al Norte del Golfo quedando inaccesible a la flota, o dado que la sardina es fitoplanctonica (Kawasaki, 1983), algún cambio estructural del fitoplancton originó fallas del reclutamiento y la captura de sardina declinó a 7'000 t (Cisneros-Mata *et al.*, 1995).

Por otro lado se ha argumentado que tiene una periodicidad de cinco años y que cada cinco años, un año después del evento ENSO aumenta el reclutamiento de sardina (Huato-Soberanis y Lluch-Belda 1987); otros autores como Cisneros-Mata et al., (1995) proponen que el reclutamiento mejora en tales condiciones lo cuál parece confirmarse en un análisis particular de la productividad primaria ya que durante "El Niño" de 1982/83 se demostró que aumentaron la productividad primaria y la biomasa zooplanctónica del Golfo, (Valdéz-Holguín y Lara-Lara 1987).

Porque la intensidad e inicio de "El Niño" son variables en espacio y tiempo sus efectos son variables y al parecer se manifiestan de la siguiente manera: al inicio de "El Niño" en el Golfo la sardina retarda sus migraciones norte-sur, pero a medida que disminuyen sus efectos y los vientos del NW se restablecen, descienden las temperaturas y se normalizan las condiciones atmosféricas, la sardina emigra hacia el sur y las capturas incrementan paulatinamente, es decir cuando las condiciones estacionales del Golfo se restablecen la sardina migra hacia el sur; ello explicaría la presencia de larvas en el área de Guaymas durante los eventos "El Niño". No obstante hace falta más investigación. Queda en duda cuales son sus efectos sobre el reclutamiento, habría que investigar sobre los efectos en la fisiología reproductiva y en la maduración de los productos sexuales, la disponibilidad de alimento para larvas en microescala.

## 11 CONCLUSIONES

Las variaciones de temperatura a escala interanual mostraron un grupo de años fríos de 1969 a 1976 y otro de años cálidos durante el periodo 1977 a 1987. En el periodo frío se registraron vientos rápidos y variables, mientras que durante el periodo cálido los vientos fueron de rapidez moderada predominando los del NW. El tercer periodo entre 1989 y 1993 no es muy claro, al parecer más cálido que el anterior. Estas diferencias indican incumplimiento de la primera hipótesis.

Durante el periodo frío se dio la expansión de sardina Monterrey hasta Mazatlán, la abundancia relativa promedio fue menor a 1'211 larvas y la captura comercial de adultos



Por otro lado se ha argumentado que tiene una periodicidad de cinco años y que cada cinco años, un año después del evento ENSO aumenta el reclutamiento de sardina (Huato-Soberanis y Lluch-Belda 1987); otros autores como Cisneros-Mata et al., (1995) proponen que el reclutamiento mejora en tales condiciones lo cuál parece confirmarse en un análisis particular de la productividad primaria ya que durante "El Niño" de 1982/83 se demostró que aumentaron la productividad primaria y la biomasa zooplanctónica del Golfo, (Valdéz-Holguín y Lara-Lara 1987).

Porque la intensidad e inicio de "El Niño" son variables en espacio y tiempo sus efectos son variables y al parecer se manifiestan de la siguiente manera: al inicio de "El Niño" en el Golfo la sardina retarda sus migraciones norte-sur, pero a medida que disminuyen sus efectos y los vientos del NW se restablecen, descienden las temperaturas y se normalizan las condiciones atmosféricas, la sardina emigra hacia el sur y las capturas incrementan paulatinamente, es decir cuando las condiciones estacionales del Golfo se restablecen la sardina migra hacia el sur; ello explicaría la presencia de larvas en el área de Guaymas durante los eventos "El Niño". No obstante hace falta más investigación. Queda en duda cuales son sus efectos sobre el reclutamiento, habría que investigar sobre los efectos en la fisiología reproductiva y en la maduración de los productos sexuales, la disponibilidad de alimento para larvas en microescala.

## 11 CONCLUSIONES

Las variaciones de temperatura a escala interanual mostraron un grupo de años fríos de 1969 a 1976 y otro de años cálidos durante el periodo 1977 a 1987. En el periodo frío se registraron vientos rápidos y variables, mientras que durante el periodo cálido los vientos fueron de rapidez moderada predominando los del NW. El tercer periodo entre 1989 y 1993 no es muy claro, al parecer más cálido que el anterior. Estas diferencias indican incumplimiento de la primera hipótesis.

Durante el periodo frío se dio la expansión de sardina Monterrey hasta Mazatlán, la abundancia relativa promedio fue menor a 1'211 larvas y la captura comercial de adultos

fue también baja. Esta expansión de larvas y adultos hacia el sur ocurrió en los últimos años de un periodo frío en las aguas del Golfo de California. Cuando terminó el periodo frío la sardina se retiró del área, después de 1976 no se ha vuelto a capturar sardina Monterrey en Mazatlán.

En el periodo cálido con vientos moderados, no hubo larvas más allá de los 23°N lo cual significó una reducción de aproximadamente un grado de latitud, no hubo captura de adultos en el área de Mazatlán. Las larvas se concentraron en la región central del Golfo y la abundancia relativa alcanzó un promedio de 3'893. En Guaymas se alcanzó el mayor volumen de captura.

En el periodo de 1989 a 1993, se registraron temperaturas altas y vientos variables enmarcados en el evento "El Niño" de 1991-93. Durante este periodo sólo se localizaron larvas en la región norte del Golfo (27°N-28°N). El promedio de la abundancia disminuyó a menos de tres larvas, la más reducida en el Golfo, en estos años la captura declinó a 6'900 t su nivel más bajo en toda la historia de la pesquería. Los cambios de distribución y abundancia señalados anteriormente indican el incumplimiento de la segunda hipótesis.

La sardina es una especie euritérmica que tolera un amplio intervalo de temperatura, los registros de distribución mostraron que las larvas pueden presentarse en ambas costas del Golfo, con una variación de temperatura de hasta 5°C y con desoves lo mismo en invierno/primavera que en verano, ocurre en un amplio intervalo de temperatura, estrategia que responde a la búsqueda de condiciones óptimas para el desove y asegurar el reclutamiento. Sin olvidar que la abundancia de larvas esta relacionada con la biomasa de la población, en el periodo frío, ésta no rebasó 350 mil toneladas, mientras que en el segundo periodo la biomasa alcanzó un máximo de 1,300 mil toneladas y en el último periodo cuando la abundancia de larvas fue escasa, la captura comercial disminuyó hasta los niveles más bajos de su historia.

La distribución de sardina está determinada por factores como disponibilidad de alimento, temperatura y vientos entre otros; en el Golfo de California un evento frío permitió la

expansión de la sardina hasta 22°N, en las cercanías de Mazatlán, pero la biomasa se mantuvo en niveles relativamente bajos que no permitieron una captura comercial abundante en Mazatlán y Guaymas. En el evento cálido la sardina se concentró hacia la región central del Golfo, la abundancia relativa aumentó hacia ambas costas del Golfo y al mismo tiempo creció la captura comercial descargada en Guaymas.

En escala decadal la temperatura es un buen indicador del nivel de abundancia de sardina. Monterrey, periodos de fríos están asociados a periodos de baja abundancia y periodos de altas temperaturas están asociados a mayor abundancia de sardina, sin embargo, la temperatura por si sola no parece ser un factor determinante en la distribución ya que la sardina es una especie euritérmica que habita en zonas donde la temperatura alcanza variaciones hasta de 5°C. La variabilidad interanual promovida por "El Niño" provoca incertidumbre porque hay observaciones en contra que indican contracciones hacia el norte y a favor porque promueven el reclutamiento; estacionalmente se han encontrado larvas aún en pleno verano, cuando la temperatura rebasa los 25°C hubo larvas en regiones tropicales como el área de Mazatlán.

Los resultados demuestran que puede desovar en un amplio intervalo de temperatura, pero la presencia de larvas de sardina y el desove en el Golfo de California pueden ocurrir en áreas donde la temperatura oscila entre 14.4°C y 20.3°C.

## 12.-PERSPECTIVAS

Aplicar modelos matemáticos que simulen las fluctuaciones de abundancia, incorporando parámetros de la variabilidad climática del Golfo.

Completar mediante modelación matemática las series fragmentarias de temperatura obtenida en los cruceros oceanográficos.

Incorporar series históricas de registros como el Nivel Medio para analizar la periodicidad de las mismas. Mayor investigación sobre los efectos de "El Niño".

expansión de la sardina hasta 22°N, en las cercanías de Mazatlán, pero la biomasa se mantuvo en niveles relativamente bajos que no permitieron una captura comercial abundante en Mazatlán y Guaymas. En el evento cálido la sardina se concentró hacia la región central del Golfo, la abundancia relativa aumentó hacia ambas costas del Golfo y al mismo tiempo creció la captura comercial descargada en Guaymas.

En escala decadal la temperatura es un buen indicador del nivel de abundancia de sardina. Monterrey, periodos de fríos están asociados a periodos de baja abundancia y periodos de altas temperaturas están asociados a mayor abundancia de sardina, sin embargo, la temperatura por si sola no parece ser un factor determinante en la distribución ya que la sardina es una especie euritérmica que habita en zonas donde la temperatura alcanza variaciones hasta de 5°C. La variabilidad interanual promovida por "El Niño" provoca incertidumbre porque hay observaciones en contra que indican contracciones hacia el norte y a favor porque promueven el reclutamiento; estacionalmente se han encontrado larvas aún en pleno verano, cuando la temperatura rebasa los 25°C hubo larvas en regiones tropicales como el área de Mazatlán.

Los resultados demuestran que puede desovar en un amplio intervalo de temperatura, pero la presencia de larvas de sardina y el desove en el Golfo de California pueden ocurrir en áreas donde la temperatura oscila entre 14.4°C y 20.3°C.

## 12.-PERSPECTIVAS

Aplicar modelos matemáticos que simulen las fluctuaciones de abundancia, incorporando parámetros de la variabilidad climática del Golfo.

Completar mediante modelación matemática las series fragmentarias de temperatura obtenida en los cruceros oceanográficos.

Incorporar series históricas de registros como el Nivel Medio para analizar la periodicidad de las mismas. Mayor investigación sobre los efectos de "El Niño".

## 13 -BIBLIOGRAFÍA CITADA.

- Alvarez-Borrego, B. S. 1983. Gulf of California. Estuaries and enclosed seas. Ch 17. Elsevier Sci. Pub. Co. Amsterdam-Oxford-New York. 17: 427-449.
- Aguirre-Medina, G. y D. Corro-Espinoza 1984 Estimación de biomasa reproductora de *Sardinops sagax caerulea* en el Golfo de California a través de censos larvales. Marzo-abril de 1984. Inf. Tec. Inst. Nal. de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera-Mazatlán (Inédito)
- Anónimo. 1974. Datos oceanográficos del crucero AH7110 del B/I Alejandro de Humboldt en el norte del Golfo de California. 1971.INP/SI: I20.
- Anónimo. 1975. Informe de datos oceanográficos del crucero AA7305 Abril 24 a 9 de mayo de 1973, Crucero AA7308. Julio 3-24 de 1973. Informe Técnico INP.
- Badan-Dangon, A., J Koblinsky and T. Baumgartner. 1985. Spring and Summer in the Gulf of California. Observations of Surface Thermal Patterns. Oceanol. Acta 8(1): 13-22.
- Baumgartner, R.T. and N. Christensen Jr. 1985. Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. Jour of Mar. Res. 43:825-848.
- Chelton, D. B. and R. Davis. 1982. Monthly Mean Sea Level Variability Along The West Coast North America. J. Phys. Oceanogr. 9:757-784.
- Cisneros-Mata, M.A., J.A. De Anda- Martínez J. Estrada G. y F. Páez B. 1990. Evaluación de la pesquería de sardina y crinuda del Golfo de California. Inv. Mar. 5 (1): 19-26.
- Cisneros-Mata, M. A., M.O Nevárez M. and G. Hammann. 1995. The rise and fall of the Pacific Sardine *Sardinops sagax caeruleus* Girard in the Gulf of California. CaCOFI Rep. 36: 136-143.
- Cisneros-Mata, M. A., G.Montemayor L. and M.O Nevárez M. 1996. Modeling deterministic effects of age structure, density dependence, environmental forcing, and fishing on the population dynamics of *Sardinops sagax caeruleus* in the Gulf of California. Calcofi Rep. 37:201-208
- Cole, A. D. and D. McLain R. 1989. Interannual Variability of Temperature in the Upper Layer of the North Pacific Eastern Boundary Region, 1971-1987. NOAA Tech. Mem. NMFC.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Cushing, D. H. 1981. Temporal Variability in Production Systems, In Analisis of Marine Ecosystems Bedford Institute of Oceanography. Dartmouth, Nova Scotia Academic Press Inc. London LTD. pp: 443-471
- De la Campa, S. y C. Gutiérrez H. 1974. Distribución horizontal de huevos y larvas de sardina Monterrey y larvas de sardina crinuda y bocona, en el Golfo de California, en abril de 1972. Sec. Ind. y Com./Subsec. de Pesca/Inst. Nal. de Pesca. INP/SC:2. México.
- De la Campa, S. y J. M. Ortiz Jiménez. 1975. Distribución y abundancia de larvas de peces en el Golfo de California, durante abril/mayo, 1973 con especial referencia a sardina Monterrey y japonesa. Instituto Nacional de Pesca. INP/sc:11
- Douglas, M. W., R. A. Madox, K., Howard and S. Reyes, 1993. The mexican monsoon, Journal of climate, 6, 1665-1677.
- Ehrhardt, M.N., J. Pierre S., R. Garci-Crespo, L. Fuelle M., M. Guzmán, P. Mora y I. Romo. 1982. Evaluaciones hidroacústicas de los efectivos pelágicos del Golfo de California, México 1979-1980. FAO/Instituto Nacional de Pesca.
- Emilsson, I. y M. A. Alatorre 1997. Evidencias de un remolino ciclónico de mesoescala en la parte sur del Golfo de California. Contribuciones a la Oceanografía física en México. Unión Geofísica Mexicana, Monografía 3: 173-181.
- Enfield, D. B. and J.S Allen. 1980. On the structure and dynamic of monthly mean sea level anomalies along the Pacific Coast of North and South America. J. Phys. Oceanogr., 10: 557-578.
- García Gómez, M. 1980. Datos acerca de la pesquería de sardina crinuda. Instituto Nacional de la Pesca. Informe Técnico CRIP Guaymas, Son., (Inédito)
- Graham, N.E. 1994. Decadal scale variability in the 1970's y 1980's: Observations and model results. Clim. Dym., 10: 60-70.
- Granados, G J.L. y R A. Schwartzlose, 1974. Corrientes superficiales en el Golfo de California. (ed) Mem. V Cong. Nal. de Ocenog., Sonora, México, 271-285.
- Gutiérrez-Hernández. C. 1974. Investigaciones ictioplanctónicas en el Golfo de California en Abril de 1971. Instituto Nacional de Pesca, INP/SI:i17.

- Gutiérrez Hernández H. C. y M. A. Padilla García. 1974. Distribución de huevos y larvas de sardina Monterrey y larvas de sardina crinuda en el Golfo de California. 1973. INP/SC: 5: 1-20.
- Hammann, M. G., T. Baumgartner, and A. Badan-Dangon. 1988. Coupling of the Pacific sardine (*Sardinops sagax caeruleus*) life cycle with the Gulf of California pelagic environment. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 29: 102-109.
- Hammann, M. G. 1991. Spawning Hábitat and Eggs Larval Transport, and their Importance to Recruitment of Pacific sardine *Sardinops caeruleus*, in the Gulf of California. In: Long-Term Variability Fish Populations and their Environment. Kawasaki, T. S. Tanakat, Y. Toba and A. Taniguchi, (eds). Proceedings of the Internacional Symposium Tohoku University, Sendai, Japan. 14-18 nov. 1989. Progamon Press. Pp: 271-278.
- Hammann, M. G. y J. A. Robles-Casian. 1991. Distribución y abundancia de larvas de pelágicos menores colectadas mediante red Kidd-Methot en el Golfo de California durante invierno y verano de 1990. Informe presentado al Instituto Nacional de la Pesca por el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada. CICESE.
- Huato-Soberanis, L. y D. Luch-Belda. 1987. Mesoscale cycles in the series of environmental indices related to the sardine fishery in the Gulf of California. CalCOFI. Rep. 28: 128-134.
- Kawasaki, T. 1983. Why do some pelagic fishes have wide fluctuations in their numbers? Biological basis in Fluctuation from the viewpoint of evolutionary ecology. Actas para la consulta de expertos para examinar los cambios en la abundancia y composición por especies de recursos de peces neríticos San José, Costa Rica, 18-29 de abril de 1983. FAO, Informe de Pesca. 3(291):1065-1080.
- Kramer, D. 1972. Collecting and processing data on fish eggs and larvae in the California Current Region. NOAA Tech. Rept. NMFS CIRC. 370: 1-38.
- Krebs, Ch. J. 1995. Ecología Estudio de la distribución y la abundancia. Ed Harla. México.
- Lasker, R., and A. MacCall. 1983. New ideas on the fluctuations of the clupeoid stocks off California. CNC/SCOR Proc. JOA. 1982. Ottawa, pp. 110-120.
- Lavin, M. F., Berer, E. y Badan A. 1997. Estructura Hidrográfica y circulación del Golfo de California: Escalas estacional e interanual. Contribuciones a la

- Oceanografía física de México. Unión Geofísica Mexicana, Monografía 3: 141-176.
- Lluch-Belda, D., F.J. Magallón B. and R.A. Schwartzlose. 1986. Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: posible causes. *Calcofi Rep.*, XXVII: 136-140.
- Lluch-Belda, D., R. J. M. Crawford, T. Kawasaki, A.D. MacCall, R. H. Parrish, R.A. Schwartzlose. and P. E Smith 1989. World-Wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: the regime problem. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 8: 195-205.
- Lluch-Belda, D., J. Arvizú M., S. Hernández V., D. Lluch C., C. A. Salinas Z., T. Baumgartener, G. Hammann., A. Cota V., C. E. Coter., W. García F., O. Pedrin O., S. Lizarraga S., M. de los A. Martínez Z., R. Morales, M. O. Nevárez M., J.P. Santos M., R. I. Ochoa B., R. Rodríguez S., J. R. Torres V., F. Páez B. 1995 La pesquería de sardina y anchoveta. Atlas Pesquero de México. Pesquerías Relevantes. Secretaría de Pesca/Instituto Nacional de la Pesca/Universidad de Colima. pp:419-535.
- Mac Call, D.A. 1990. Dynamic geography of marine fish populations Books in Recruitment Fishery Oceanography University of Washington Press.
- Mc. Creary, J. 1976. Eastern Tropical Ocean Response To changing Wind Systems With Application "El Niño". *J. Phys. Oceanogr.*, 6, 632-641.
- Mc. Creary, J. 1978. Eastern Tropical Ocean Response to changing wind systems Review Paper of Ecutorial Oceanography- Fine Workshop Proceedings, Nova Univ. Press Ft. Lauderdale Fl Chapt.
- Merrifield, A. M. and C. Winant D. 1989. Shelf circulation in the Gulf of California: A description of the variability. *Journal of Geophysical Res.* 94(12):133-160.
- Miller, A.J., D.R. Cayan, T. P. Barnett, N. E. Graham and J.M. Oberhuber, 1994. The 1976/77 climate shift of the Pacific Ocean. *Oceanography*, 7: 21-26.
- Molina-Valdéz, D., F. Páez B., F.J. Magallón B., C.E. Castro A y A. Castro F, 1984. Análisis biológico-pesquero de la pesquería de sardina en el puerto de Guaymas, Son. SEPESCA/INP. (Inédito).
- Molina-Valdéz, D., B.F. Magallón, A.C. Castro, y F. Páez B. 1987. Interrelación recurso-ambiente y la evaluación de la pesquería de sardina Monterrey del Golfo de California por medio de los modelos de producción. Simposium CICIMAR, La Paz, B.C.S. abril de 1987. Pp 17.



- Molina-Valdéz, D., C. Castro, A., F. Magallón, B., F. Páez, B., A. Castro F. y J. Estrada, G. 1987<sup>a</sup>. Evolución de la pesquería de sardina Monterrey en Guaymas, Son. 7° Congreso Nacional de Oceanografía del 27 al 30 de julio de 1987 Ensenada, B.C.
- Murphy, G. I. 1966. Population biology of the Pacific sardine (*Sardinops caerulea*). Proc. Calif. Acad. Sci. Ser. 4, 34: 1-84.
- Murphy, G. I. 1977. Characteristics of Clupeoids. in: J. A. Gulland (ed.). Fish population dynamics. John Wiley and Sons New York, NY. Pp: 283-308.
- Névarez-Martínez, M.O. 1990. Producción de Huevos de sardina Monterrey (*Sardinops sagax caeruleus*) en el Golfo de California: Una evaluación crítica Centro de Investigación Científica de Educación Superior de Ensenada, B.C. Tesis de Maestría.
- Olvera-Limas, R. M. 1975. Larvas de peces de la región norte del Golfo de California Septiembre de 1971. Inst. Nal. de la Pesca. INP/SI: i26.
- Olvera-Limas, R. M. 1981. Estimación de biomasa reproductora de *Sardinops sagax caeruleus* en la costa oriental del Golfo de California Enero de 1976. Ciencia Pesquera 1:1-118, 1981.
- Olvera-Limas R. M, y M.A. Padilla-García 1986. Evaluación de la población de sardina japonesa (*Etrumeus teres*) y Monterey *Sardinops sagax caerulea* en el Golfo de California. Marzo de 1976. Ciencia Pesquera 5:1-92.1986.
- Padilla-García, M.A. 1976. Distribución y abundancia relativa de huevos y larvas de sardina Monterrey y merluza en el Golfo de California. Febrero-marzo de 1974. Inst. Nal de Pesca. INP/SI :i50
- Padilla-García, M.A. 1981. Biomasa de sardina (*Sardinops sagax*) y Merluza (*Merluccius productus*). Febrero, 1977. Ciencia Pesquera 1: 27-34.
- PEMEX. 1991. Evaluación de la concentración de hidrocarburos, metales pesados y algunos aspectos fisicoquímicos del agua superficial en el Golfo de California. 1984-1985. IBSSN. 968-6164.
- Philander, S. G. H. 1983. "El Niño" Southern Oscillation phenomenon. Nature, 302: 295-301.
- Rasmusson, A., Carpenter, K. and Reynolds. 1983. A warm episode in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. Tropical Ocean Atmosphere Newsletter N° 16, feb 1983.

- Reyes-Coca, S., L. Pavía, E., L. J. Candela, P., and R. Troncoso, G. 1984. Estudio preliminar de las condiciones meteorológicas y climatológicas alrededor de Golfo de California, 1ª parte: análisis del Viento. Ciencia Marinas 10 (2): 9-26.
- Robinson, M.K. 1973. Atlas of the monthly sea surface and surface temperatures in the Gulf of California. México. Scrips Institution of Oceanographic.
- Robles-Pacheco, J.M. and S.G. Marinone. 1987. Seasonal and interannual termohaline variability the Guaymas basin of the Gulf of the California Continental Shelf Research 7(7):715-733.
- Roden, G.I. and G.W. Groves. 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. Jour. Mar. Res., 18(1):10-35.
- Roden, G.I., 1964. Oceanographic aspect of Gulf of California. in: Tj. H. Van Andel and G.G. Shor Jr (Eds) Marine Geology of the Gulf of California: A Symposium Am. Assoc. Pet. Geol., Mem., 3:30-58.
- Roden, G. Y. y I. Emilsson. 1980 Oceanografía física del Golfo de California. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. Constitución N° 20.
- Rosas-Cota, J.A. 1977. Corrientes Geostróficas en el Golfo de California, en la superficie y a 200 m. INP/ Subsecretaría de Pesca.
- Rothschild, J.B. 1989. Variability in Fish Stock Abundance. In: Dynamics marine fish populations. Harvard Univ. Press. 277p
- Sadler, J. C. and B.J. Kolonski. 1983. Meteorological events during evolution of positive SST anomalies in the Equatorial Pacific. Tropical Ocean Newsletter Atmosphere. N° 16, feb. 1983.
- SEPESCA/INP. Secretaria de Pesca/Inst. Nal. de la Pesca. 1988. Informes de cruceros de investigación pesquera, SEPESCA/INP.
- Csirke J. y G.D. Sharp. 1983. Informe de la consulta de expertos para examinar los cambios en la abundancia y composición por especies de recursos de peces neárticos. San José, Costa Rica, 18-29 de abril de 1983. FAO, Informe de Pesca No. 291 Vol. 1.
- Smith, P.E., S. de la Campa. y J. R. Thraikill. 1976. Instituto Nacional de la Pesca and CALCOFI Statical Regional Divisiones for Ichtioplankton Surveys. Southwest Fisheries Center/INP. México, D.F.

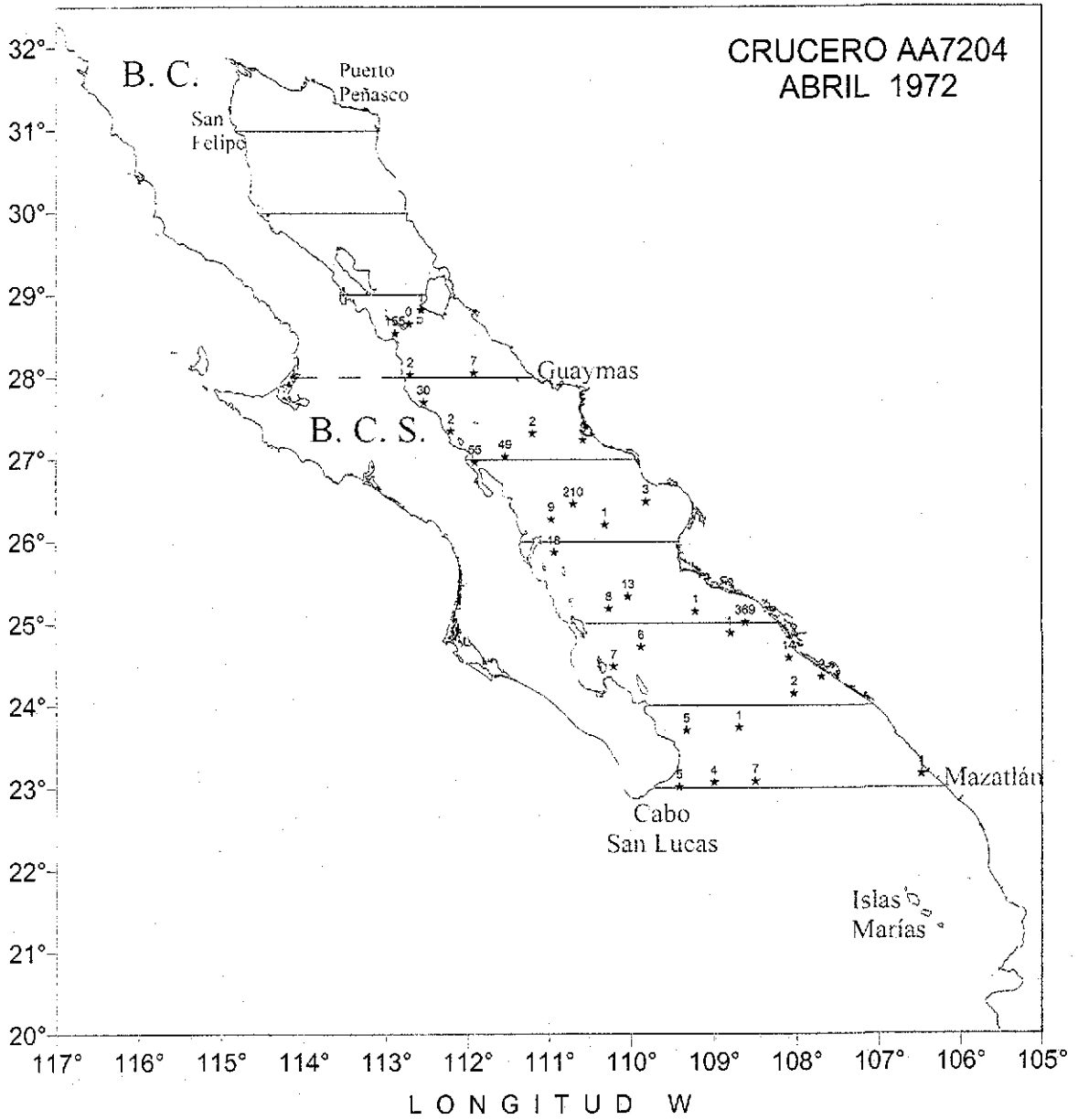
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

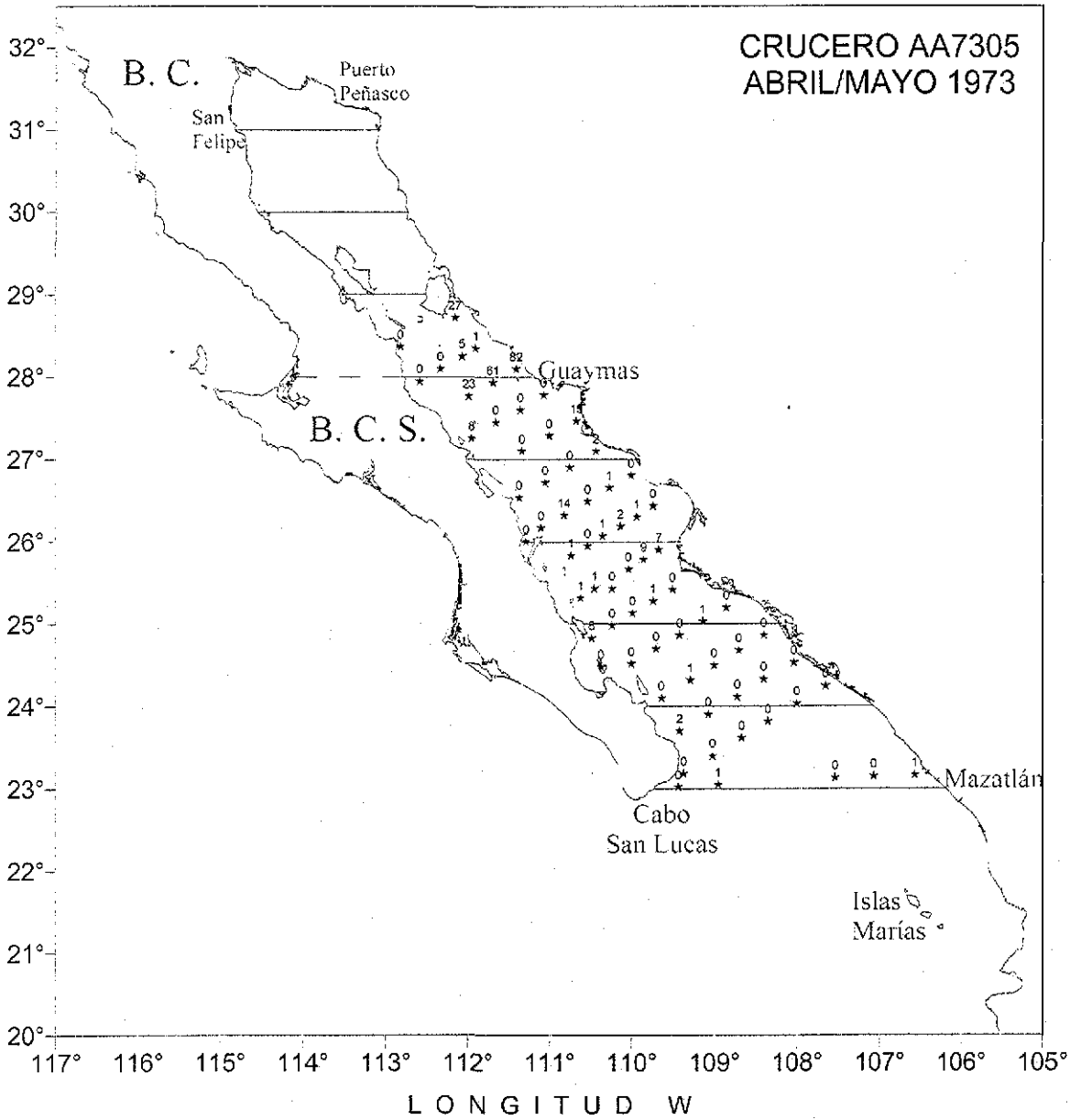
- Smith, P.E. and S.L. Richardson. 1977. Standard technics for pelagic fish eggs and larvae surveys. FAO. Fish. Tech. Paper (175):1:100.
- Sokolov, V.A. y M. Wong R. 1973. Informe científico de las investigaciones sobre los peces pelágicos del Golfo de California (Sardina, Crinuda y anchoveta) en 1971. Programa de investigaciones y fomento pesquero México/PNUD/FAO. Instituto Nacional de la Pesca. Subsecretaria de pesca. Informe científico No 2. México 1973.
- Valdés-Holguín, J.E. y J.R. Lara Lara. 1987. Productividad primaria en el Golfo de California Efectos de "El Niño" 1982/83. Ciencias Marinas, 13(2):34-50.
- Wooster, S.W. 1983. An index of anomalous SST in the Estern Equatorial Pacific 1970-1982. Tropical Ocean Atmosphere Newsletter. N° 16, feb. 1983.
- Wyrtyk, K. 1983. Sea level in the Ecuatorial Pacific in 1982. Tropical Ocean Atmosphere Newsletter N° 16, feb. 1983.

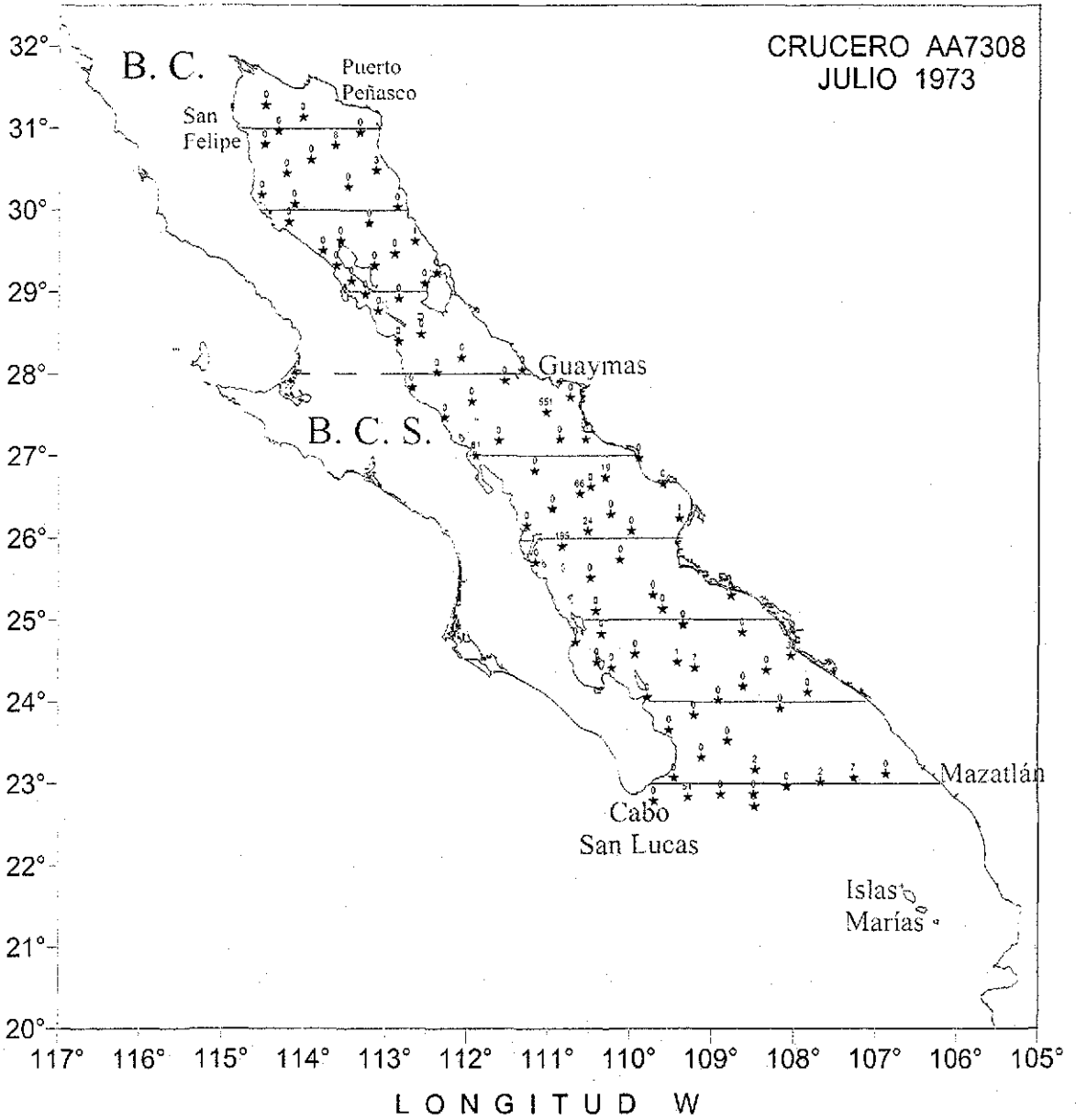
Anexo I- Cruceros ictioplanctónicos y tipo de red.				
AÑO	CRUCERO	MES	*RED	**RED
1971	AA7101	4	CaLCOFI	
1972	AA7204	4	Neuston	
1972	AH7206	11	CaLCOFI	
1973	AA7305	4, 5	CaLCOFI	CaLCOFI
1973	AA7308	7	CALCOFI/Neuston	CaLCOFI
1974	AA7402	2, 3	CALCOFI/Neuston	CaLCOFI
1974	AA7403	4	Neuston	
1974	AA7405	12	CALCOFI/Neuston	CaLCOFI
1975	AA7501	1	CALCOFI/Neuston	CaLCOFI
1975	AA7503	3,4	CALCOFI/Neuston	CaLCOFI
1975	AA7504	4	CALCOFI/Neuston	CaLCOFI
1976	AA7601	1	CALCOFI/Neuston	CaLCOFI
1976	AH7605	4	CaLCOFI	CaLCOFI
1976	AA7605	7	CaLCOFI	CaLCOFI
1977	AA7701	2	CaLCOFI	CaLCOFI
1977	AA7708	12	CaLCOFI	CaLCOFI
1978	AA7802	3, 2	CaLCOFI	CaLCOFI
1981	AA8103	3, 4	CaLCOFI	CaLCOFI
1984	PU8403	3, 4	Bongo	Bongo
1986	GOLCA8611	11	Bongo	Bongo
1987	AA8701	1, 2	Bongo	Bongo
1987	PU8711	11	CalVET	
1988	GOLCA8802	2	Bongo	Bongo
1991	BIPXI9101	1	CalVET	
1992	BIPXI9201	1	CalVET	
* CRUCEROS PARA EL ANALISIS DE DISTRIBUCION				
** CRUCEROS PARA ANALISIS DE ABUNDANCIA Y ESTADISTICO				



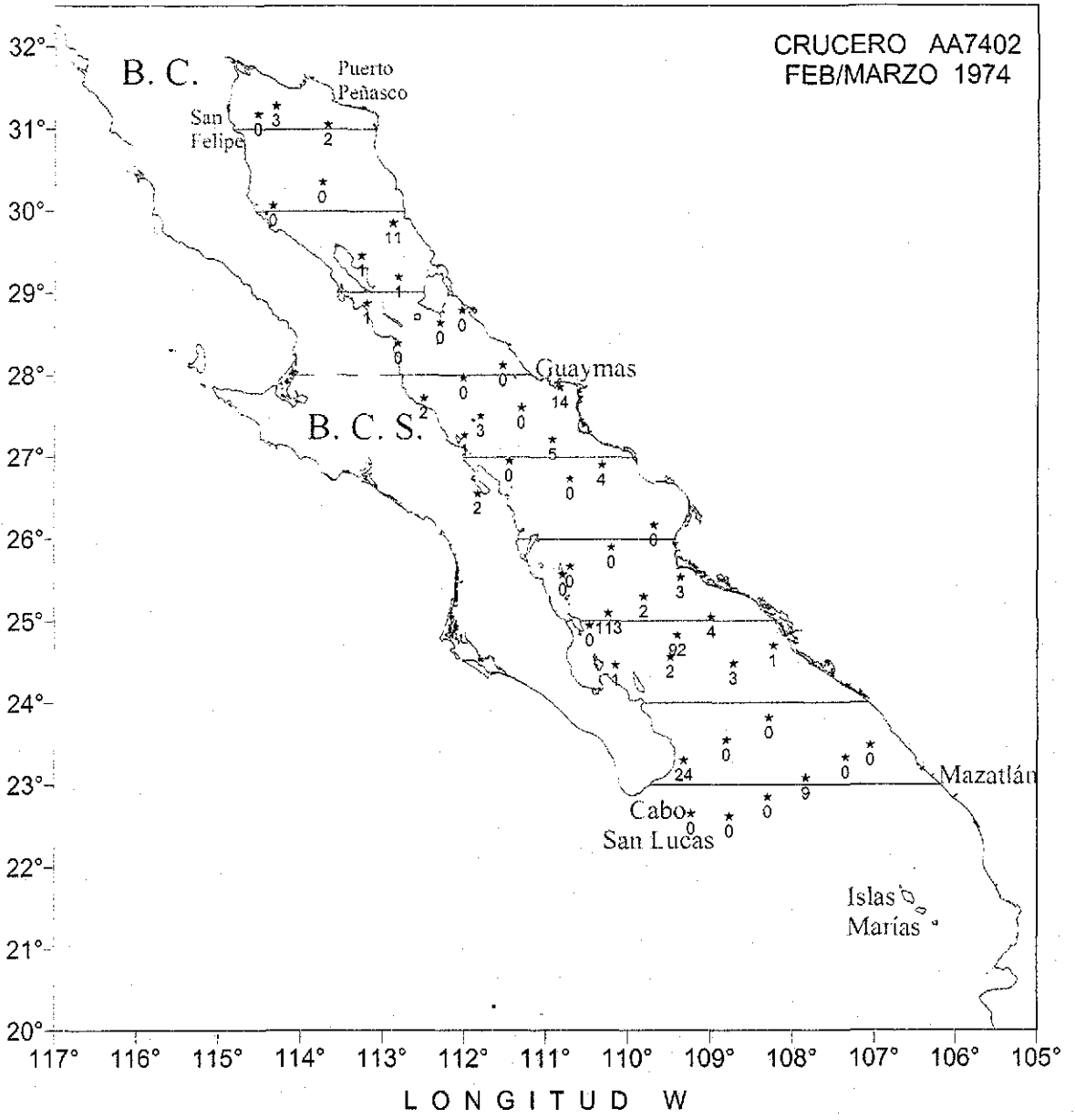
## ANEXO 2



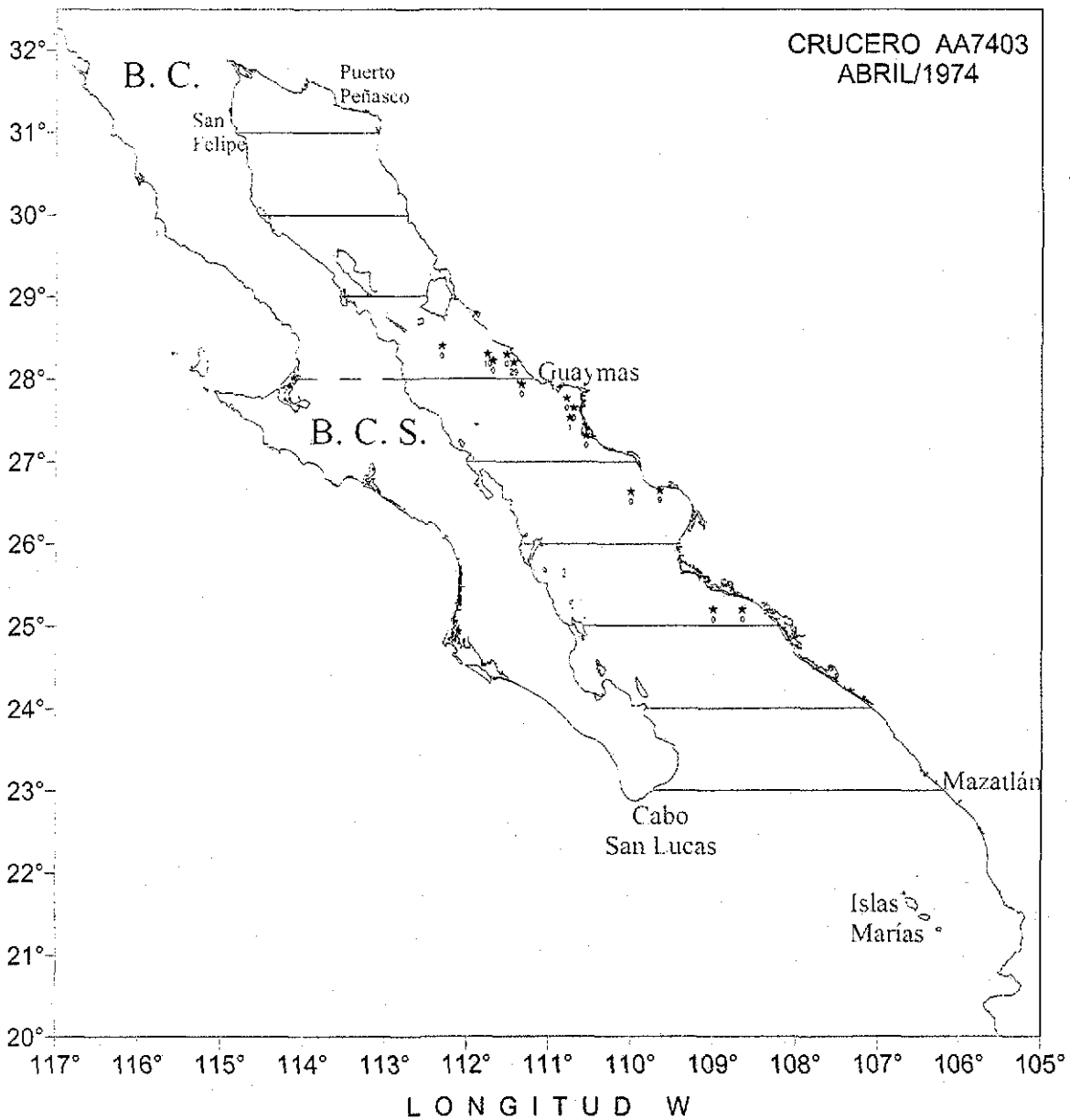




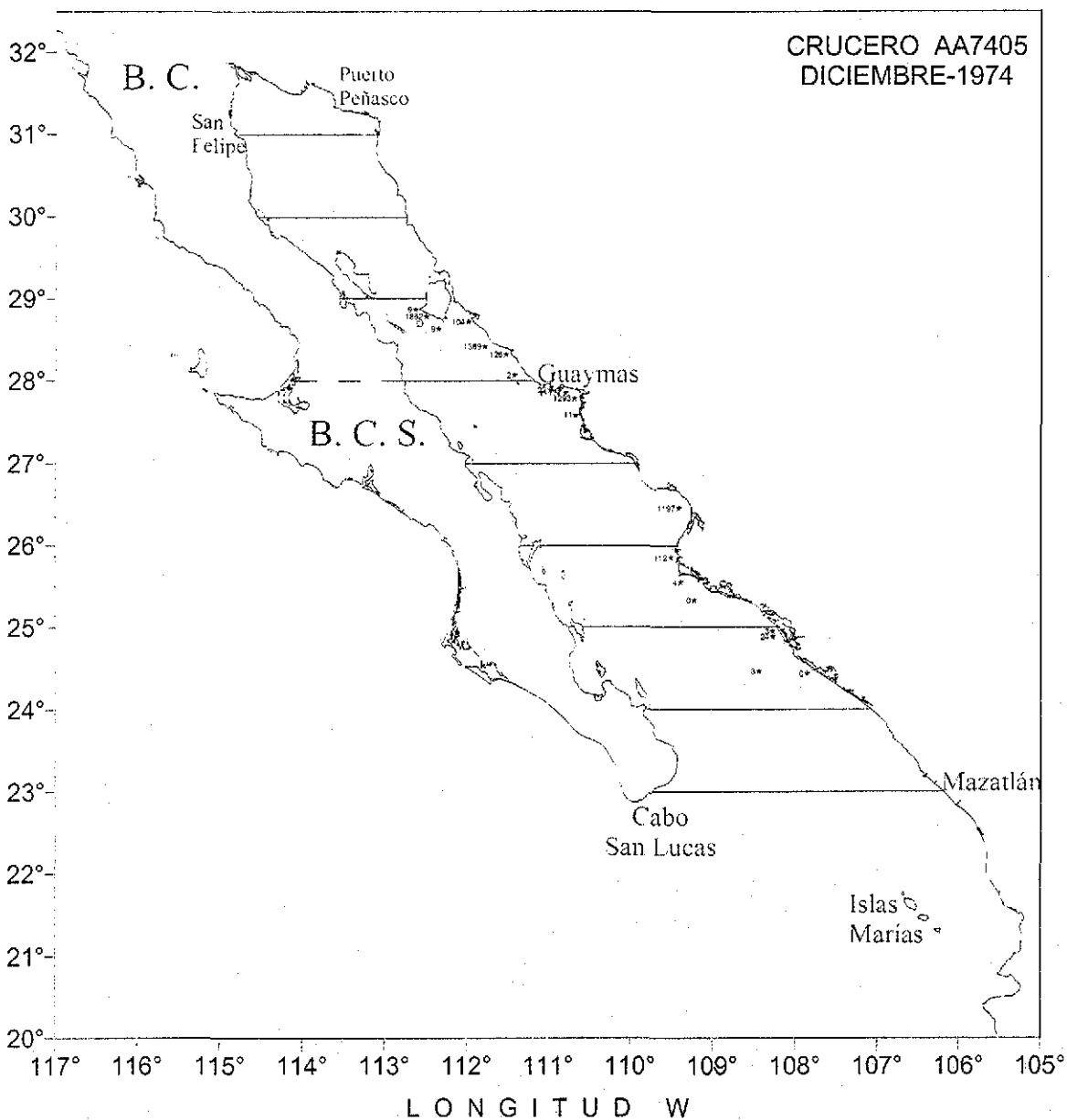




**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

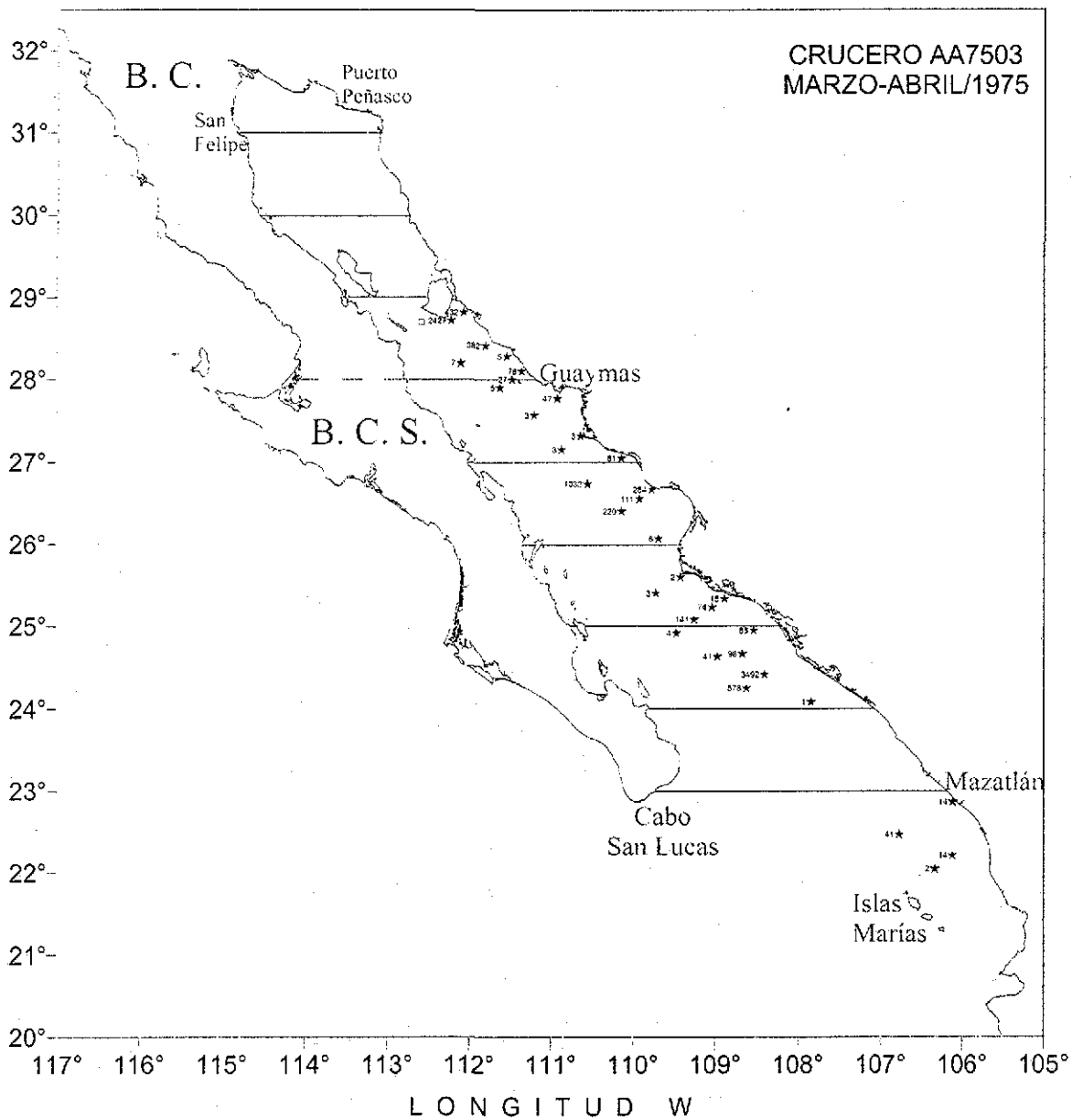


CRUCERO AA7405  
DICIEMBRE-1974

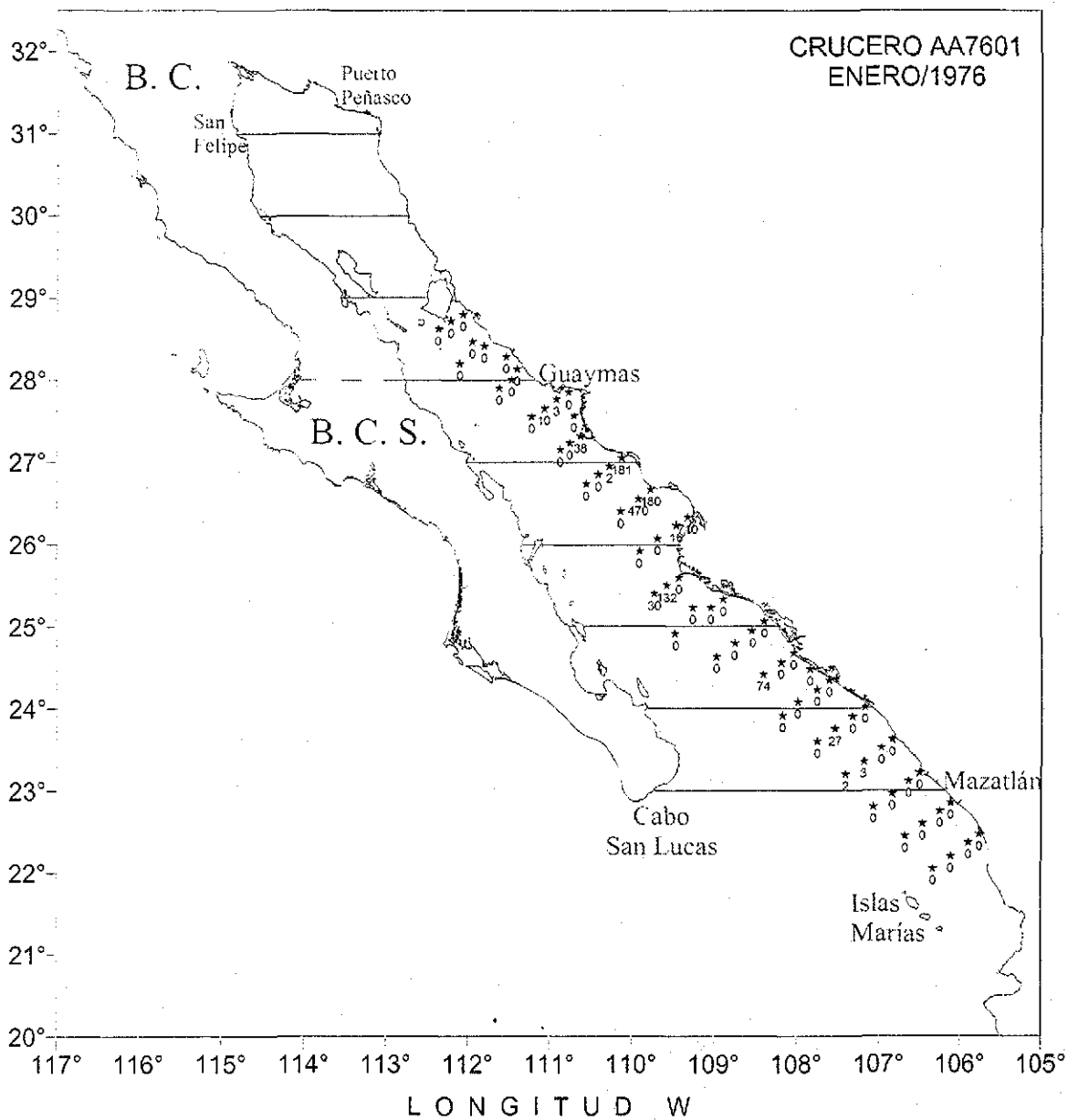


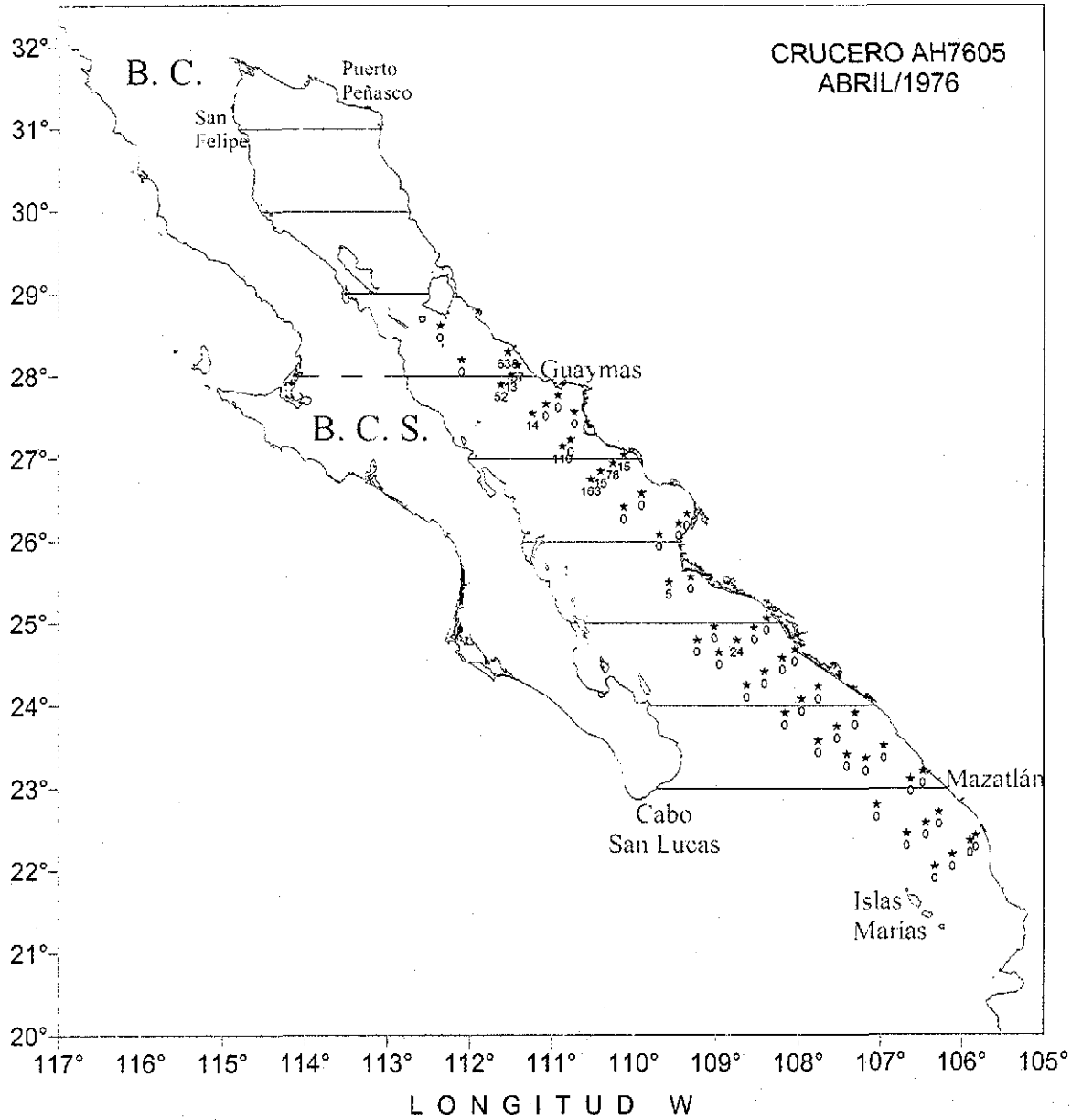


ANEXO 2



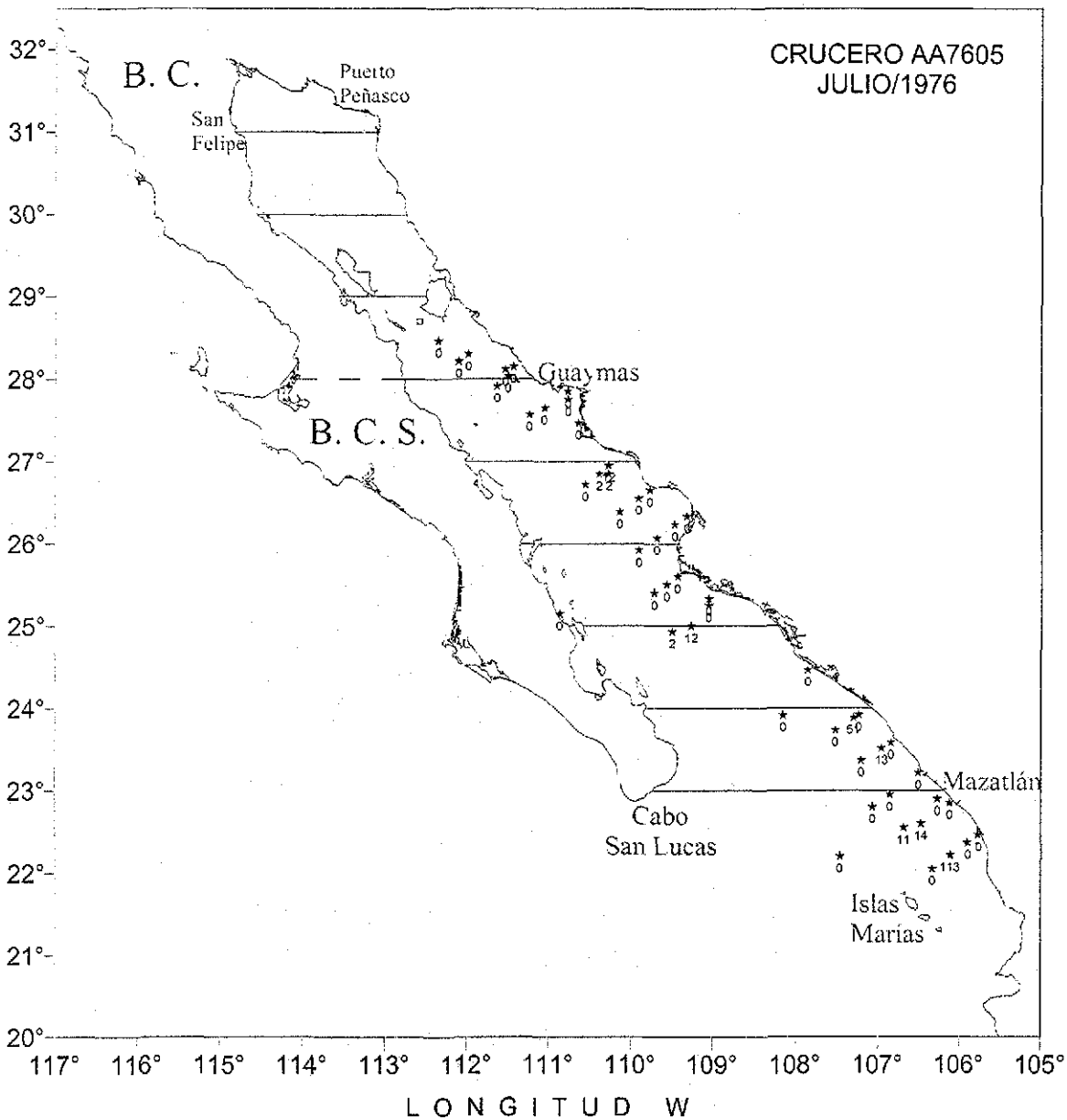




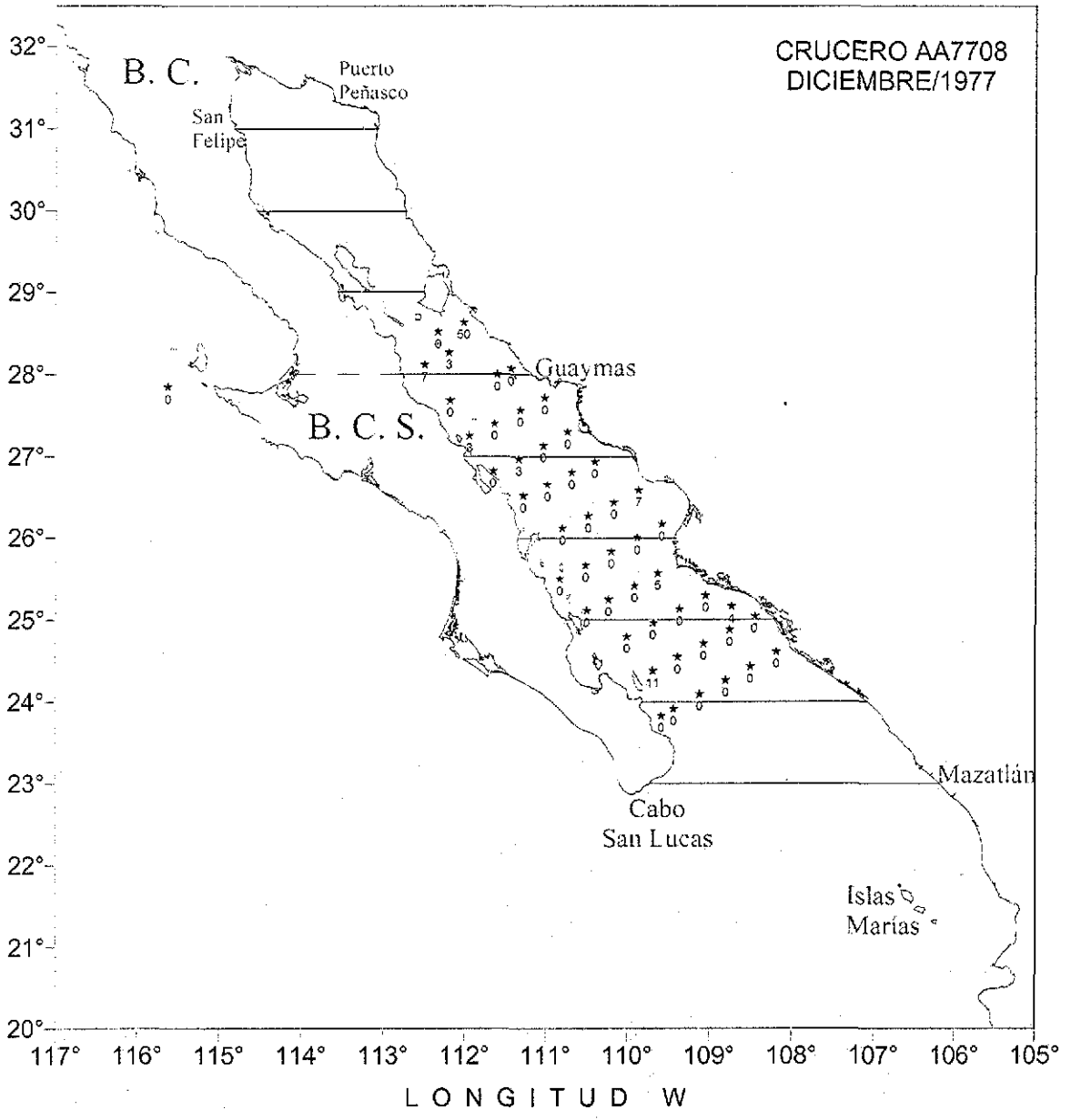


**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



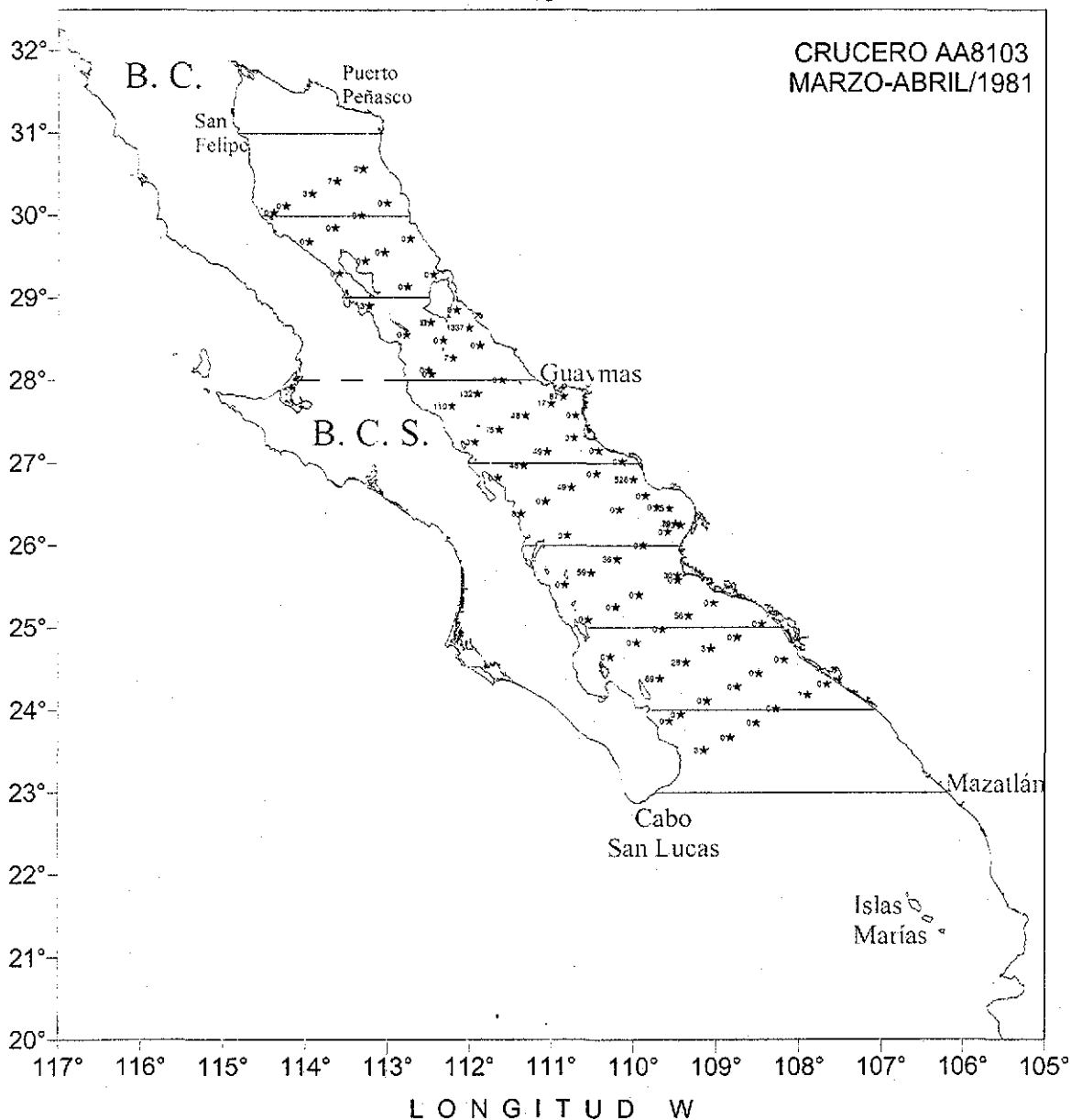


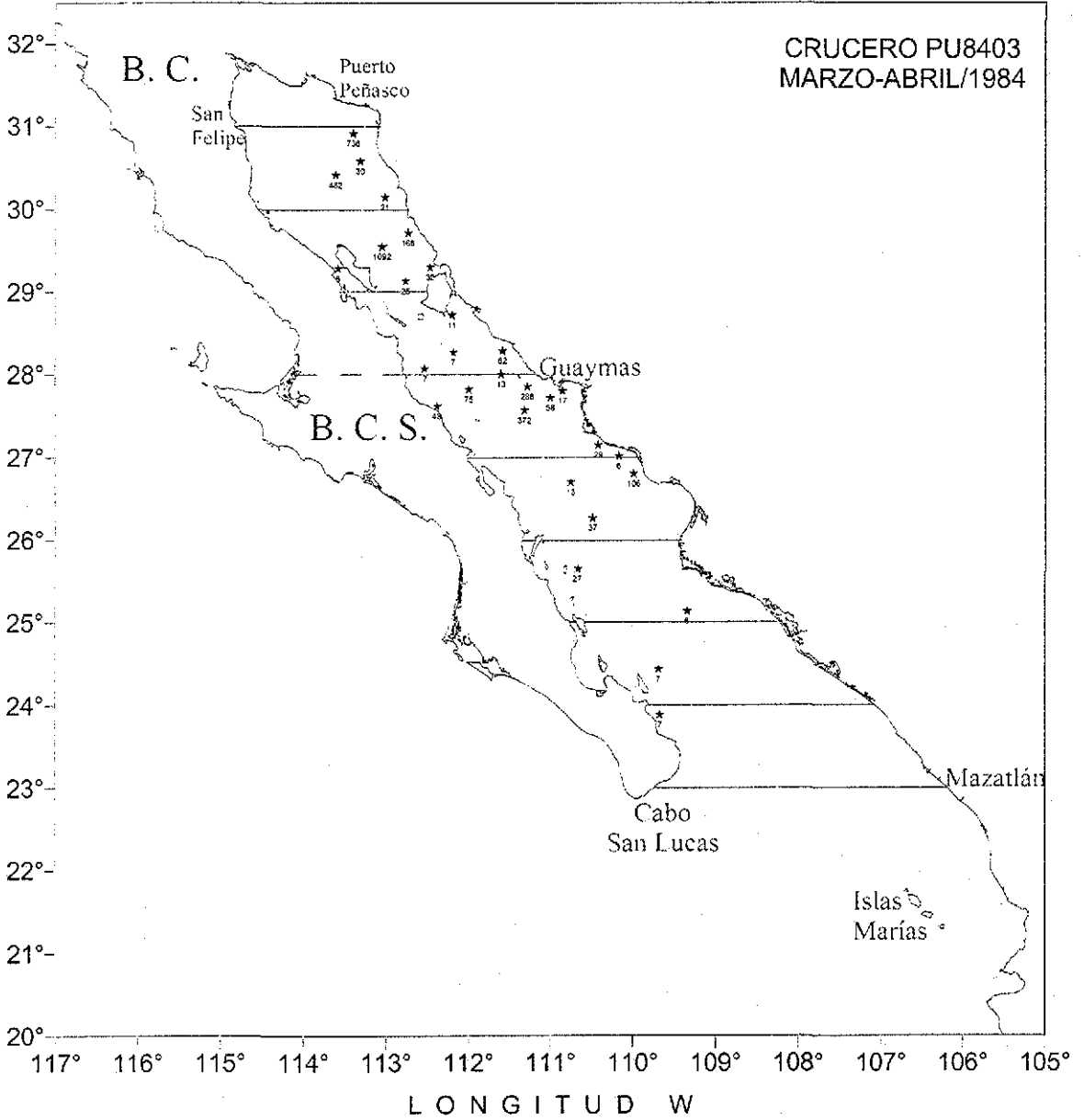




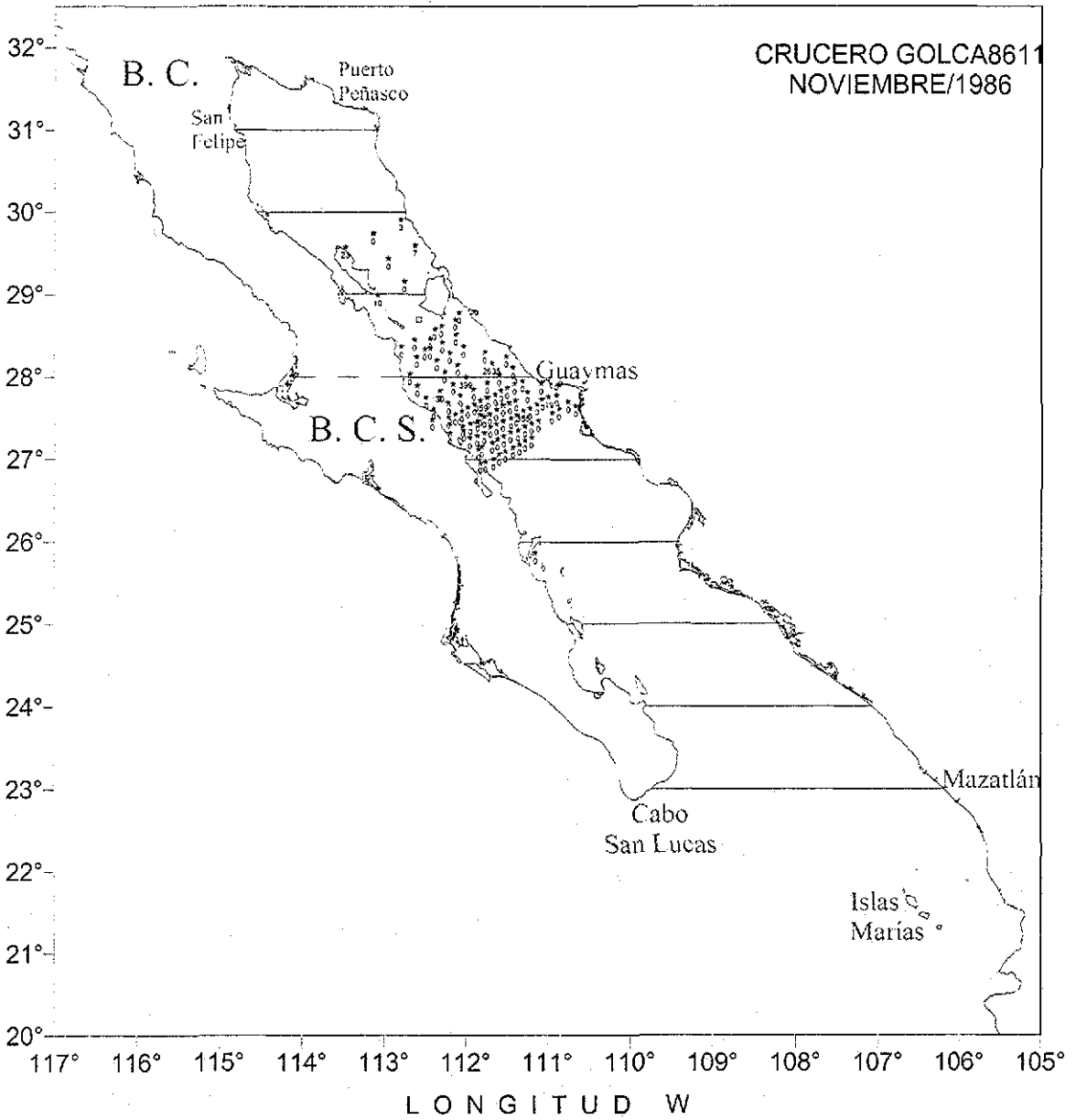


CRUCERO AA8103  
MARZO-ABRIL/1981





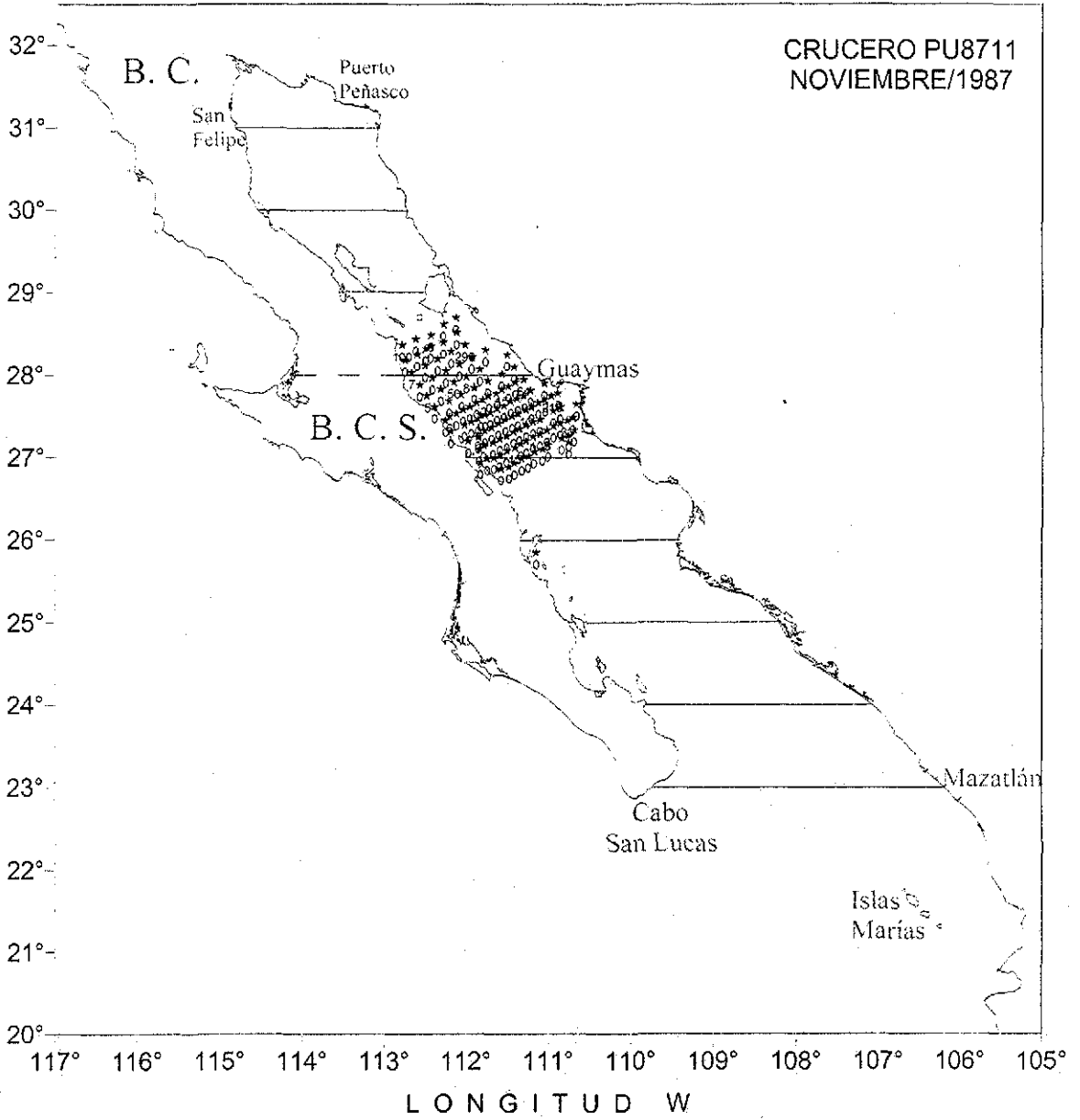
**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**







**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



anexo 3. Relación de cruceros hidrográficos, fuente e instrumento de registro				
AÑO	CRUCERO	MES	Instum. de Registro	FUENTE
1969	DA6906	6	?	CICESE
1969	MARINA	7	?	MARINA
1969	MARINA	8	?	MARINA
1969	DA6908	8	?	CICESE
1969	MARINA	12	?	MARINA
1970	MARINA	3	?	MARINA
1970	DA7004	3	?	CICESE
1970	MARINA	4	?	MARINA
1970	DA7004	4	?	CICESE
1971	AA7101	4	TRP	INP
1971	AH7110	9	TRP	INP
1971	AH7111	11	TRP	INP
1971	AH7112	12	TRP	INP
1972	AA7204	4	TRP	INP
1972	AH7206	11	TRP	INP
1972	AH7207	12	TRP	INP
1973	AA7305	4	TRP	INP
1973	AA7305	5	TRP	INP
1973	AA7308	7	TRP	INP
1974	AA7401	1	TRP	INP
1974	AA7402	2	TRP	INP
1974	AA7402	3	TRP	INP
1974	AA7403	4	TRP	INP
1974	DA7404	4	?	CICESE
1974	DA7404	5	?	CICESE
1974	DA7410	10	?	CICESE
1974	AA7405	12	TRP	INP
1975	AA7501	1	TRP	INP
1975	AA7503	3	TRP	INP
1975	AA7503	4	TRP	INP
1975	AA7504	4	TRP	INP
1975	AA7504	4	TRP	INP
1976	AA7601	1	TRP	INP
1976	AA7602	2	TRP	INP
1976	AH7605	4	TRP	INP
1976	AA7605	7	TRP	INP
1976	AA7607	10	TRP?	INP
1977	AA7701	2	TRP	INP
1977	AA7704	8	TRP	INP
1977	AH7703	9	TRP	INP
1977	AA7708	12	TPI	INP
1978	AA7802	2	TRP	INP
1978	AA7802	3	TRP	INP
1978	AA7810	9	TRP	INP
1978	AA7810	10	TRP	INP
1978	AA7811	10	TRP	INP
1978	AA7811	11	TRP	INP
1978	AA7812	11	TRP	INP
1979	AA7902	3	TRP/TRNP	INP
1979	AA7907	7	TRP/TRNP	INP
1979	AA7907	8	TRP/TRNP	INP
1979	AA7911	11	TRP/TRNP	INP
1980	AA8003	3	TRP	INP
1980	AA8008	7	TRP/TRNP	INP
1981	AA8103	3	TR	INP
1981	AA8103	4	TR	INP
1981	AA8105	8	TR/BT	INP
1981	AA8110	10	TR	INP

1981	DA8110	10	TR	CICESE
1982	AH8201	2	TR	INP
1982	AH8206	6	BT?	INP
1984	PU8403	3	?	INP
1984	MARCO1	8	TB	PEMEX
1984	MARCO2	11	TB	PEMEX
1985	MARCO3	5	TB	PEMEX
1986	GOLCA8611	11	TRP	
1987	AA8701	1	?	INP
1987	GUAYTECI	2	CID	
1987	AA8701	2	TRP	INP
1987	PROCETA1	6	CID	
1987	AH8704	8	TRP	INP
1987	AH8704	9	TRP	INP
1987	GOLCA8709	9	TRP/TRNP	CICIMAR
1987	PU8711	11	?	
1988	AH8801	1	TRP	INP
1988	GOLCA8802	2	?	
1990	AL9002	2	CID	CICESE
1990	AL9002	3	TCUB	CICESE
1990	BIPXI9008	8	TCUB	INP
1990	BIPXI9008	9	TCUB	INP
1991	BIPXI9101	1	TRP	INP
1991	BIPXI9101	2	TRP/TRNP	INP
1991	AH9102	2	TRP	INP
1993	BIP9301	1	TRP	INP
1994	BIP9401	1	TRP	INP

TRP=TERMOMETRO REVERSIBLE PROTEGIDO  
 TPI=TERMOMETRO PROTEGIDO DE INVERSIÓN  
 TRNP=TERMOMETRO REVERSIBLE NO PROTEGIDO  
 TB=TERMOMETRO DE BULBO  
 TCÚB =TERMOMETRO DE CUBETA

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

Anexo 4. Frecuencia de observaciones de temperatura por latitud.												
crucero año	mes	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
AA7101 1971	4	0	0	0	5	12	16	10	7	0	0	0
AA7204 1972	4	0	0	13	16	12	15	13	8	1	0	0
AA7305 1973	4	0	0	13	16	2	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	10	14	12	7	0	0	0
AA7308 1973	7	0	5	11	18	11	12	11	10	11	11	3
AA7401 1974	1	0	0	0	0	5	11	7	11	1	0	0
AA7402 1974	2	0	6	10	13	12	8	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	3	12	7	11	9	7
AA7403 1974	4	0	0	0	0	2	3	3	3	0	0	0
AA7405 1974	12	0	0	0	7	9	6	10	12	0	0	0
AA7501 1975	1	0	6	9	14	6	9	10	9	0	0	0
AA7503 1975	3	0	10	17	13	9	7	8	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	6	9	0	0	0
AA7504 1975	4	0	0	0	4	9	8	10	8	0	0	0
AA7601 1976	1	0	10	9	11	8	8	10	10	0	0	0
AA7602 1976	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
AA7605 1976	7	0	10	10	3	7	9	9	9	0	0	0
AA7607 1976	10	0	10	10	13	8	9	10	9	0	0	0
AA7701 1977	2	0	0	0	0	0	0	0	2	8	10	4
AA7704 1977	8	0	0	0	12	11	4	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	0	10	10	9	0	0	0
AA7708 1977	12	0	0	2	9	11	12	9	7	0	0	0
AA7802 1978	2	0	0	0	0	6	15	14	12	0	0	0
	3	0	0	2	13	3	0	0	0	0	0	0
AA7810 1978	9	0	0	0	7	11	18	15	6	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	6	5	0	0
aa7811 1978	10	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	9	7	2
aa7812 1978	11	0	0	0	0	0	0	1	11	0	0	0
	12	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
AA7902 1979	3	0	1	14	14	10	13	8	8	0	0	0
AA7907 1979	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	1	7	12	13	9	12	9	2	0	0	0
AA7911 1979	11	0	0	0	0	0	4	10	10	8	10	5
AA8003 1980	3	0	0	1	3	11	12	7	9	0	0	0
AA8008 1980	7	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	6
AA8103 1981	3	0	0	0	4	10	16	13	11	8	7	0
	4	0	0	5	9	2	0	0	0	0	0	0
AA8110 1981	10	0	0	3	11	12	15	12	13	7	10	5
AA8701 1987	1	0	0	0	0	0	7	13	5	0	0	0
	2	0	0	2	11	9	7	0	0	0	0	0
AH7110 1971	9	0	0	0	0	0	0	0	0	30	38	21
AH7111 1971	11	14	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AH7112 1971	12	0	0	2	8	5	7	5	5	0	0	0
AH7206 1972	11	0	0	6	24	17	17	18	13	5	0	0
AH7207 1972	12	6	10	12	2	0	0	0	1	0	0	0
AH7605 1900	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1976	4	0	9	10	13	6	9	10	8	1	0
AH7703 1977	9	0	0	2	11	10	15	10	9	0	0	0
AH8105 1981	8	5	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
AH8201 1982	2	6	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0
AH8206 1982	6	6	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	1986	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AH8704 1987	8	18	17	14	7	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	7	10	0	0	0	0	0	0

		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
AH8801 1988	1	14	17	5	0	0	0	0	0	0	0	0
AH9102 1991	2	6	9	8	3	6	0	0	0	0	0	0
AL9002 1990	2	0	0	0	0	0	36	55	49	25	0	0
	3	0	0	1	0	17	17	0	0	0	0	0
BIP XI 9101 1991	1	0	0	0	0	0	0	7	67	52	0	0
	2	0	0	0	0	1	33	103	10	0	0	0
BIP9301 1993	1	0	0	0	0	55	25	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	10	97	58	58	41	0	0
BIP9401 1994	1	0	0	0	0	1	7	100	76	71	7	0
	2	0	0	0	0	3	111	8	0	0	0	0
DA6906 1969	6	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
DA6908 1969	8	0	0	0	1	0	6	1	0	2	1	0
da7004 1970	3	0	0	0	7	2	0	5	3	5	5	0
	4	0	0	0	7	0	2	3	3	0	0	0
da7404 1974	4	0	0	2	0	3	1	3	15	9	3	0
	5	0	0	1	1	0	1	1	3	0	0	0
da7410 1974	10	0	0	1	3	2	2	10	33	10	9	7
	11	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
da8110 1981	10	0	0	0	0	0	0	0	24	13	2	1
GOLCA 8802 1988	2	0	0	0	0	0	5	13	10	13	8	1
GOLCA8611 1986	11	0	0	0	0	0	1	7	5	6	0	0
GOLCA8709 1987	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	6	10	18	15	11	9	0	0
GUAYTECI 1987	2	0	0	0	0	0	1	8	5	6	0	0
MARCOI 1984	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
MARCOII 1984	8	0	0	4	8	5	4	8	4	4	8	6
MARCOIII 1984	11	0	0	4	8	4	6	7	4	6	9	5
MARCOIII 1985	5	0	0	4	8	4	5	8	4	6	8	6
MARINA 1951	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1954	12	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1955	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1956	2	0	4	8	6	4	2	4	4	0	0	0
	4	0	2	10	6	10	6	8	8	6	8	4
	11	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	18	6	2	2	2	2	8	0	0	0
1957	2	0	10	12	18	12	14	18	16	0	0	0
	4	0	4	6	6	8	0	8	2	2	0	0
	6	0	6	10	4	10	4	4	8	20	2	6
	8	0	4	10	8	6	2	6	10	10	6	4
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
1958	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
1959	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	8	6	4	9	0
	5	0	6	6	8	2	2	0	0	0	0	0
1960	1	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	14	10	4	0	0	0	0	0	0	0

1961	4	0	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	2	0	8	14	10	4	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	16	10	0	0	0
1963	11	0	0	0	2	2	2	2	6	0	0	0
1964	6	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1965	5	0	2	2	4	2	4	4	4	0	0	0
	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1967	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	2	22	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	2	6	10	4	15	2	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	2	4	4	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	2	10	6	4	0	0
	11	0	0	0	2	2	4	0	0	0	0	0
1968	11	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1969	7	0	4	4	4	2	14	2	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	4	0	4	2	0
	11	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	5	32	0	0	0	0	0	0	0	0
1970	3	0	18	0	12	4	0	10	3	8	12	0
	4	0	0	0	14	0	4	6	6	0	0	0
PROCETA 1987	6	0	6	16	19	13	11	0	1	0	0	0
PU8403 1984	3	0	0	0	0	1	3	8	5	6	4	0
	4	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
PU8711 1987	11	0	0	0	0	1	7	89	26	0	0	0
BIPX19008 1990	8	0	0	0	0	0	0	0	3	15	2	0
	9	0	0	0	0	0	0	5	12	0	0	0

AÑO	CRUCERO	TEMPERATURA MEDIA SUPERFICIAL (0-10M) EN EL GOLFO DE CALIFORNIA											
		CRUCEROS OCEANOGRAFICOS											
		MES	31N	30N	29N	28N	27N	26N	25N	24N	23N	21N	20N
1969	DA6906	6							22.9				
1969	MARINA	7				26.8	27.9	26.4	30.1	28.8	28.5		
1969	MAR/DA6908	8	29.5	28.2		29.0	30.7		30.9				
1969	MARINA	12								24.4	25.3		
1970	MAR/DA7004	3	17.4	16.5	18.4	18.6		17.9	20.2		21.7		
1970	MAR/DA7004	4			18.0	18.7	19.1		21.0				
1971	AA7101	4			17.7	19.3	19.5	19.3	18.7				
1971	AH7110	9	30.2	29.3	28.4								
1971	AH7111	11								24.2	25.1	26.5	25.4
1971	AH7112/11	12			18.1	18.8	20.2	22.2	22.3	23.7	24.7		
1972	AA7204	4		20.5	18.9	20.0	21.2	22.0	23.2	23.8			
1972	AH7206	11		22.6	22.0	24.0	24.6	25.4	26.3	26.3			
1972	AH7207	12			22.2				24.7	25.1	25.6	24.8	
1973	AA7305	4						22.5	22.4	22.8			
1973	AA7305	5			19.9	21.4	21.4	21.7					
1973	AA7308	7	28.7	28.0	26.3	26.3	28.1	27.3	26.8	26.2	25.5	23.3	
1974	AA7401	1		14.7	15.5	16.7	17.8	18.0					
1974	AA7402	2					16.8	17.0	18.7	20.0	21.0		
1974	AA7402	3	15.4	15.8	15.1	14.6	16.3	17.5					
1974	AA7403/DA7404	4		18.6	18.5	17.4	19.9	21.2	20.9				
1974	DA7404	5			17.1								
1974	DA7410	10	28.5	28.0	26.9	25.5	27.1	25.5	28.6	28.3			
1974	AA7405	12			16.5	16.8	17.7	21.1	20.7				
1975	AA7501	1			15.4	16.8	17.9	18.2	19.8	20.7	21.9		
1975	AA7503	3			17.2	18.6	18.9	20.0	21.6	23.2			
1975	AA7503/AA7504	4			16.3	17.2	18.3	18.9	20.2				
1976	AA7601	1			14.9	16.3	16.7	17.8	18.0	20.4	21.9		
1976	AA7602	2								23.0			
1976	AH7605	4		18	18	18.8	19.6	18.6	20.3	22.4	23.8		
1976	AA7605	7			29.5	29.4	28.1	29.5	30.3	30.0	30.3		
1976	AA7607	10			27.6	28.0	28.3	28.6	28.5	28.4	29.0		
1977	AA7701	2	16.9	17.3	17.2	16.6							
1977	AA7704	8		29.7			29.5	28.4	29.1				
1977	AH7703	9		29.7	29.9	29.8	30.0	29.8	30.2				
1977	AA7708	12		20.3	22.2	23.4	24.5	25.2	24.5				
1978	AA7802	2			16.5	18.0	19.0	20.9					
1978	AA7802	3					20.8	21.4	21.4				
1978	AA7810	9			28.5	29.0	29.0	29.4	29.0				
1978	AA7810/AA7811	10			27.0	27.7							
1978	AA7811/AA7812	11	24.1	24.7	24.9	19.7							
1979	AA7902	3			16.2	17.2	18.2	18.8	19.4	20.8			
1979	AA7907	7									29.5		
1979	AA7907	8			29.9	29.2	29.8	29.8	29.1	28.9	28.9		
1979	AA7911	11	22.3	23.0	21.7	21.0	22.5	22.9					
1980	AA8003	3			18.1	20.2	19.9	21.4	21.9	23.7			
1980	AA8008	7	28.8	28.1	27.2								
1981	AA8103	3		18.1	17.1	17.1	18.8	19.7	20.4	21.4			
1981	AA8103	4						19.6	20.9	22.0			
1981	AA8105	8								30.2	30.0		
1981	AA8110/DA8110	10	26.4	26.1	24.8	24.7	26.7	27.5	27.6	27.8	27.7		
1982	AH8201	2								21.9	22.7	24.2	



90

AÑO	CRUCERO	MES	31N	30N	29N	28N	27N	26N	25N	24N	23N	22N	21N	20N
1982	AH8206	6									29.2	29.1		
1984	PU8403	3		17.5	17.9	18.2	19.7	21.1	22.1					*
1984	MARCO1	8	30.4	28.3	30.3	29.8	30.3	29.6	29.8	29.3	29.5			
1984	MARCO2	11	22.3	23.6	23.8	23.1	23.3	24.2	25.8	26.0	26.6			
1985	MARCO3	5	20.1	18.4	18.3	15.5	20.5	21.8	21.4	22.6	21.2			
1986	GOLCA8611	11			22.2	21.1	21.1	20.5						
1987	AA8701	1				16.6	18.0	18.9						
1987	GUAYTEC/AA8701	2			16.5	17.0	18.0	18.8	19.7	20.5	21.1			
1987	PROCETA1	6				23.0		26.5	26.0	24.8	25.3	25.1		
1987	AH8704	8								31.5	31.1	30.8	31.0	30.1
1987	AH8704/GOLCA87	9			29.6	29.0	30.5	30.6	31.4	31.3				
1987	PU8711	11				20.9	22.3	22.6						
1988	AH8801	1									20.7	22.1	24.1	
1988	GOLCA8802	2	16.5	15.9	16.4	16.1	17.3	17.2						
1990	AL9002	2			15.1	14.9	16.9	18.4						
1990	AL9002	3						18.9	19.2		19.1			
1990	XI9008	8		29.4	28.9	28.3								
1990	XI9008	9				28.9	29.8							
1991	BIPX19101	1			16.2	16.6	17.1							
1991	BIPX19101/AH9103	2				17.7	18.0	18.2	19.7	20.8	21.8	23.1	24.1	
1993	BIP9301	1						20.0	20.0					
1994	BIP9401	1		16.5	16.4	16.2	17.6	17.9	15.7					