



## **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

Departamento de Plancton y Ecología Marina

# **"VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE COPÉPODOS DE AFINIDAD TRANSICIONAL EN B. C. S. Y SU RELACIÓN CON LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR."**

**Tesis que para obtener el grado de Maestro en Ciencias  
con especialidad en Ciencias Marinas**

**Presenta:**

**Biól. Claudia Ligia Díaz Andrade.**

**La Paz, Baja California Sur, México.**

**Junio de 2004.**



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION**  
**ACTA DE REVISION DE TESIS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 14:00 horas del día 13 del mes de Mayo del 2004 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

**"VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE COPÉPODOS DE AFINIDAD TRANSICIONAL EN B.C.S, Y SU RELACIÓN CON LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR"**

Presentada por el alumno:

**DIAZ**

Apellido paterno

**ANDRADE**

materno

**CLAUDIA LIGIA**

nombre(s)

Con registro:

8	9	0	1	6	7
---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN CIENCIAS MARINAS**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

**LA COMISION REVISORA**

Director de tesis  
PRIMER VOCAL

DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO

PRÉSIDENTE

DR. SOFÍA ORTEGA GARCÍA

SECRETARIO

DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS

SEGUNDO VOCAL

DR. RENÉ FLORES RODRÍGUEZ

TERCER VOCAL

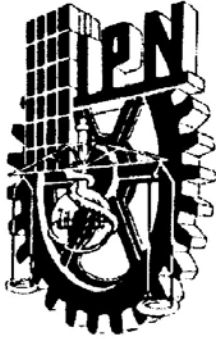
MC. ALEJANDRO ZARATE VILLAFRANCO

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. FRANCISCO ARRESQUÍN SANCHEZ



**I. P. N.**  
**CICIMAR**  
**DIRECCION**



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL  
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 09 del mes Junio del año 2004, el (la) que suscribe CLAUDIA LIGIA DÍAZ ANDRADE alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN CIENCIAS MARINAS con número de registro 890167 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO y cede los derechos del trabajo titulado: "VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE COPÉPODOS DE AFINIDAD TRANSICIONAL EN B.C.S., Y SU RELACIÓN CON LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: cldadb@aol.com

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

**CLAUDIA LIGIA DÍAZ ANDRADE**

nombre y firma

- **PARA LUIS ESTEBAN Y SAMANTHA ABRIL,** MIS AMADOS HIJOS, QUIENES FUERON MIS MOTIVOS PARA SUPERARME.
- **PARA LUIS MANUEL,** MI ESPOSO, QUIEN ME HA BRINDADO SIEMPRE SU APOYO AUN EN LA DISTANCIA Y SIGUE INSTÁNDOME A SUPERARME CADA DÍA .
- **PARA MIS PADRES,** QUE SIEMPRE ME HAN ACEPTADO Y AYUDADO EN MIS BUENAS Y MALAS DECISIONES A LO LARGO DE MI VIDA .
- **PARA MIS HERMANAS,** QUIENES SIEMPRE HAN ESTADO CONMIGO.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por apoyar el desarrollo de los proyectos de investigación, a partir de los cuales se obtuvo la información de copépodos que se analizó en este trabajo.

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN por la preparación para la obtención del postgrado.

A todo el personal que participó en las campañas oceanográficas y en el laboratorio.

Al CoSNET y CONACyT por complementar el financiamiento de los proyectos realizados, y por el tiempo buque B/O El Puma donde se llevaron a cabo la mayoría de los cruceros oceanográficos.

A la Secretaría de Marina, Armada de México, por el apoyo en el uso de sus buques oceanográficos B. H. Mariano Matamoros y B. H. Altair, así como de los Guardacostas González Ortega, Santos Degollado y Zamora.

Al M. en C. Ricardo Palomares García, por permitirme emplear la colección de copépodos del Departamento de Plancton del CICIMAR..

A la Bióloga Rocío Pacheco por introducirme a la identificación de las especies de copépodos y su clasificación sistemática.

Al M. En C. Andrés Levy Pérez y al Dr. Gerardo Aceves por ayudarme con el manejo del programa Surfer.

A la Bióloga Gabriela Ma. Esqueda Escárcega, mi madre adoptiva quien me enseñó muchas cosas, su apoyo y amistad incondicional durante mis estudios y últimas estadías en La Paz.

Al Dr. Sergio Hernández Trujillo por proporcionarme la base de datos con la cual fue procesada la información del presente trabajo, por dirigirlo y, por su ánimo, su confianza en mi, su apoyo incondicional, sus explicaciones, sus enseñanzas y su paciencia en todas las revisiones.

A la Dra. Sofia Ortega por su apoyo en la elaboración de los mapas de distribución, sus importantes observaciones y tiempo dedicado a la revisión del presente trabajo.

Al M. en C. Alejandro Zárate y a los Doctores René Funes y Rogelio González por sus comentarios y su valioso tiempo dedicado a la revisión del presente trabajo.

A mi esposo Luis Manuel por su inapreciable apoyo y soporte técnico en los análisis estadísticos.

A mis hermanas Cecilia y Eloísa por su apoyo en la revisión de la traducción del resumen al inglés.

A mi amiga Rocío Piña Espallargas quien me informó de la oportunidad para concluir esta etapa de mi vida, a mis suegros por su apoyo en casa y a mi amiga María de Jesús Jardón y mi tía Guadalupe López Castillo por su amistad, apoyo y aguante ante mis terribles estados anímicos durante la elaboración del manuscrito.

# ÍNDICE.

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAG.</b>
GLOSARIO.....	8
RELACIÓN DE FIGURAS.....	11
RELACIÓN DE TABLAS.....	16
RESUMEN.....	17
ABSTRACT.....	18
INTRODUCCIÓN.....	20
ÁREA DE ESTUDIO.....	21
ANTECEDENTES.....	25
JUSTIFICACIÓN.....	28
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	29
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
RESULTADOS	
1. Condiciones ambientales (TSM).....	38
2. Variación espacial de la abundancia.....	40
3. Anomalías de abundancias y efectos de la TSM.....	49
4. Comparación de abundancias.....	52
DISCUSIÓN	
1. Distribución en el área de estudio.....	62
2. Relación TSM-Abundancia.....	67
CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS.....	75
BIBLIOGRAFÍA.....	76
ANEXO I.....	82
ANEXO II.....	121

## **GLOSARIO.**

**AREA DE DISTRIBUCIÓN.** Intervalo geográfico de distribución de un grupo.

**AFINIDAD BIOGEOGRÁFICA.** El patrón de distribución espacial de una especie típica de una zona geográfica.

**ANOMALÍA.** Valor pronunciado por debajo o sobre el valor de la media de una variable en un periodo determinado.

**CORRIENTE DE CALIFORNIA.** Corriente superficial marina que forma parte de la gran circulación del Océano Pacífico Norte y que toma su nombre al acercarse a América del Norte y desviarse con dirección sureste hacia el Ecuador.

**CORRIENTE SUPERFICIAL.** Movimiento horizontal del agua de mar. Corriente marina que se forma cuando vientos constantes soplan sobre la superficie del mar. También son producidas por diferencias en los gradientes de presión y el efecto de Coriolis.

**DISTURBIO.** Fuerza o mecanismo que actúa sobre un sistema y potencialmente lo perturba.

**ECOTONO.** Zona en que se sobreponen dos ecosistemas, creando un ecosistema con características propias.

**ENSO.** “*El Niño Southern Oscillation*”, corresponde a un evento climatológico periódico que conlleva a fases de calentamiento (*El Niño*) y enfriamiento (*La Niña*) en el océano Pacífico.



**ESPECIE EPIPELÁGICA.** Organismo que vive en la zona superior oceánica, donde la luz es suficiente para que se realice la fotosíntesis.

**ESPECIE TRANSICIONAL.** Especie cuya principal área de distribución y de mayor abundancia, es la zona de transición.

**EXPATRIACIÓN.** Ubicación de un organismo fuera de su área de distribución normal.

**MEI.** (Multivariate *El Niño* Index) Índice Multivariado *El Niño*. Este índice fue desarrollado y propuesto por Wolter y Timlin (1993) utilizando diversas variables para identificar anomalías periódicas conocidas como *El Niño*.

**MASA DE AGUA.** Volumen grande de agua, comparable con las dimensiones de un mar, que por mucho tiempo conserva una homogeneidad relativa de sus principales características físico-químicas y biológicas y que se forma en una determinada zona geográfica del océano.

**ESPECIE NERÍTICA.** Organismo que se encuentra en la zona litoral.

**PERTURBACIÓN.** Es la respuesta de una población o comunidad a un disturbio y puede ser detectado como un cambio insignificante en una variable del sistema, como en la biomasa o en la abundancia relativa.

**PLANCTON.** Del griego “a la deriva o errante”. Conjunto de organismos micro y macroscópicos que flotan en el agua. Su movimiento dentro del cuerpo acuático se deriva de las corrientes más que del movimiento propio.

**POBLACIÓN.** Conjunto de organismos de la misma especie.

**SURGENCIA.** Elevación de agua fría de las profundidades rica en nutrientes.

**ZONA DE TRANSICIÓN.** Interfase entre las masas de agua subártica y subtropical con propiedades físico-químicas y biológicas propias.

**ZOOPLANCTON.** Conjunto de animales microscópicos y macroscópicos que forman parte del plancton.

## RELACION DE FIGURAS.

NUMERO	DESCRIPCIÓN	PAG
FIGURA 1	TOPONIMIA DEL AREA DE ESTUDIO.....	21
FIGURA 2	PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS EN LA COSTA OCCIDENTAL DE NORTEAMÉRICA Y BAJA CALIFORNIA.....	23
FIGURA 3	ESQUEMA DE LAS REGIONES SUBARTICA Y SUBTROPICAL, ZONA DE TRANSICIÓN Y LAS ZONAS DE FRENTE ASOCIADOS SUBARTICA (ZFSA) Y SUBTROPICAL (ZFST).....	24
FIGURA 4.1	RED DE ESTACIONES OCEANOGRÁFICAS CICIMAR DE JULIO DE 1982 A ENERO DE 1984.....	32
FIGURA 4.2	RED DE ESTACIONES OCEANOGRÁFICAS CICIMAR DE MAYO DE 1984 A NOVIEMBRE DE 1986.....	33
FIGURA 4.3	RED DE ESTACIONES OCEANOGRÁFICAS CICIMAR DE JULIO DE 1987 A SEPTIEMBRE DE 1991.....	34
FIGURA 5	ANOMALÍAS TÉRMICAS EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR (1980-1992).....	39
FIGURA 6.1	ABUNDANCIA TOTAL DE <i>C. pacificus</i> POR CAMPAÑA EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR.....	47
FIGURA 6.2	ABUNDANCIA TOTAL DE <i>R. nasutus</i> POR CAMPAÑA EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR.....	48
FIGURA 6.3	ABUNDANCIA TOTAL DE <i>E. bungii californicus</i> POR CAMPAÑA EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR.....	48

2FIGURA 6.4	ABUNDANCIA TOTAL DE <i>C. bipinnata</i> POR CAMPAÑA EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR.....	49
FIGURA 7.1	ANOMALÍAS DE LA ABUNDANCIA DE <i>C. pacificus</i> .....	50
FIGURA 7.2	ANOMALÍAS DE LA ABUNDANCIA DE <i>R. nasutus</i> .....	51
FIGURA 7.3	ANOMALÍAS DE LA ABUNDANCIA DE <i>E. bungii californicus</i> .....	51
FIGURA 7.4	ANOMALÍAS DE LA ABUNDANCIA DE <i>C. bipinnata</i> .....	52
FIGURA 8.1	ABUNDANCIA DE <i>C. pacificus</i> POR CAMPAÑAS EN AÑOS <i>El Niño</i> 82-83, <i>El Niño</i> 86-87 Y no- <i>El Niño</i> .....	53
FIGURA 8.2	ABUNDANCIA DE <i>R. nasutus</i> POR CAMPAÑAS EN AÑOS <i>El Niño</i> 82-83, <i>El Niño</i> 86-87 Y no- <i>El Niño</i> .....	54
FIGURA 8.3	ABUNDANCIA DE <i>E. bungii californicus</i> POR CAMPAÑAS EN AÑOS <i>El Niño</i> 82-83, <i>El Niño</i> 86-87 Y no- <i>El Niño</i> .....	54
FIGURA 8.4	ABUNDANCIA DE <i>C. bipinnata</i> POR CAMPAÑAS EN AÑOS <i>El Niño</i> 82-83, <i>El Niño</i> 86-87 Y no- <i>El Niño</i> .....	55
FIGURA 9.1	DISPERSIÓN DE DATOS DE ABUNDANCIA DE <i>C. pacificus</i> Y SU RELACIÓN CON LA TSM DE LOS CRUCEROS no- <i>El Niño</i> y <i>El Niño</i> .....	56
FIGURA 9.2	DISPERSIÓN DE DATOS DE ABUNDANCIA DE <i>R. nasutus</i> Y SU RELACIÓN CON LA TSM DE LOS CRUCEROS no- <i>El Niño</i> y <i>El Niño</i> .....	57
FIGURA 9.3	DISPERSIÓN DE DATOS DE ABUNDANCIA DE <i>E. bungii californicus</i> Y SU RELACIÓN CON LA TSM DE LOS CRUCEROS no- <i>El Niño</i> y <i>El Niño</i> .....	58

FIGURA 9.4	DISPERSIÓN DE DATOS DE ABUNDANCIA DE <i>C. bipinnata</i> Y SU RELACIÓN CON LA TSM DE LOS CRUCEROS no- <i>El Niño</i> y <i>El Niño</i> .....	59
FIGURA 10.1	VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA ABUNDANCIA DE <i>C. pacificus</i> .....	60
FIGURA 10.2	VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA ABUNDANCIA DE <i>R. nasutus</i> .....	61
FIGURA 10.3	VARIACIÓN ESTACIONAL EN LA ABUNDANCIA DE <i>E. bungii californicus</i> .....	61
FIGURA 10.4	VARIACIÓN ESTACIONAL EN LA ABUNDANCIA DE <i>C. bipinnata</i> .....	62
<b>ANEXO I</b>	<b>MAPAS DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL E ISOTERMAS</b>	
FIGURA 11.1	JULIO 1982 <i>Calanus pacificus</i> .....	82
FIGURA 11.2	JULIO 1982 <i>Eucalanus bungii californicus</i> .....	83
FIGURA 11.3	JULIO 1982 <i>Rhincalanus nasutus</i> .....	83
FIGURA 12.1	FEBRERO 1983 <i>Calanus pacificus</i> .....	84
FIGURA 12.2	FEBRERO 1983 <i>Eucalanus bungii californicus</i> .....	85
FIGURA 12.3	FEBRERO 1983 <i>Rhincalanus nasutus</i> .....	85
FIGURA 12.4	FEBRERO 1983 <i>Candacia bipinnata</i> .....	86
FIGURA 13.1	MAYO 1983 <i>Calanus pacificus</i> .....	87
FIGURA 13.2	MAYO 1983 <i>Eucalanus bungii californicus</i> .....	88
FIGURA 13.3	MAYO 1983 <i>Rhincalanus nasutus</i> .....	88
FIGURA 14	SEPTIEMBRE 1983 <i>Eucalanus bungii californicus</i> .....	89
FIGURA 15.1	ENERO 1984 <i>Calanus pacificus</i> .....	90
FIGURA 15.2	ENERO 1984 <i>Eucalanus bungii californicus</i> .....	91
FIGURA 15.3	ENERO 1984 <i>Rhincalanus nasutus</i> .....	91
FIGURA 15.4	ENERO 1984 <i>Candacia bipinnata</i> .....	92
FIGURA 16.1	MAYO 1984 <i>Calanus pacificus</i> .....	93
FIGURA 16.2	MAYO 1984 <i>Rhincalanus nasutus</i> .....	94
FIGURA 16.3	MAYO 1984 <i>Candacia bipinnata</i> .....	94

FIGURA 17.1	MAYO 1985 <i>Calanus pacificus</i> .....	95
FIGURA 17.2	MAYO 1985 <i>Eucalanus bungii californicus</i> .....	96
FIGURA 17.3	MAYO 1985 <i>Rhincalanus nasutus</i> .....	96
FIGURA 17.4	MAYO 1985 <i>Candacia bipinnata</i> .....	97
FIGURA 18.1	AGOSTO 1985 <i>Calanus pacificus</i> .....	98
FIGURA 18.2	AGOSTO 1985 <i>Eucalanus bungii californicus</i> .....	99
FIGURA 18.3	AGOSTO 1985 <i>Rhincalanus nasutus</i> .....	99
FIGURA 18.4	AGOSTO 1985 <i>Candacia bipinnata</i> .....	100
FIGURA 19.1	MAYO 1986 <i>Calanus pacificus</i> .....	101
FIGURA 19.2	MAYO 1986 <i>Eucalanus bungii californicus</i> .....	102
FIGURA 19.3	MAYO 1986 <i>Rhincalanus nasutus</i> .....	102
FIGURA 19.4	MAYO 1986 <i>Candacia bipinnata</i> .....	103
FIGURA 20.1	NOVIEMBRE 1986 <i>Calanus pacificus</i> .....	104
FIGURA 20.2	NOVIEMBRE 1986 <i>Eucalanus bungii californicus</i> .....	105
FIGURA 20.3	NOVIEMBRE 1986 <i>Rhincalanus nasutus</i> .....	105
FIGURA 20.4	NOVIEMBRE 1986 <i>Candacia bipinnata</i> .....	106
FIGURA 21.1	JULIO 1987 <i>Calanus pacificus</i> .....	107
FIGURA 21.2	JULIO 1987 <i>Eucalanus bungii californicus</i> .....	108
FIGURA 21.3	JULIO 1987 <i>Rhincalanus nasutus</i> .....	108
FIGURA 22.1	OCTUBRE 1987 <i>Calanus pacificus</i> .....	109
FIGURA 22.2	OCTUBRE 1987 <i>Eucalanus bungii californicus</i> .....	110
FIGURA 22.3	OCTUBRE 1987 <i>Rhincalanus nasutus</i> .....	110
FIGURA 22.4	OCTUBRE 1987 <i>Candacia bipinnata</i> .....	111
FIGURA 23.1	JULIO 1988 <i>Calanus pacificus</i> .....	112
FIGURA 23.2	JULIO 1988 <i>Eucalanus bungii californicus</i> .....	113
FIGURA 23.3	JULIO 1988 <i>Rhincalanus nasutus</i> .....	113
FIGURA 23.4	JULIO 1988 <i>Candacia bipinnata</i> .....	114
FIGURA 24.1	JUNIO 1989 <i>Calanus pacificus</i> .....	115
FIGURA 24.2	JUNIO 1989 <i>Eucalanus bungii californicus</i> .....	116
FIGURA 24.3	JUNIO 1989 <i>Rhincalanus nasutus</i> .....	116
FIGURA 24.4	JUNIO 1989 <i>Candacia bipinnata</i> .....	117

FIGURA 25.1	SEPTIEMBRE 1991 <i>Calanus pacificus</i> .....	118
FIGURA 25.2	SEPTIEMBRE 1991 <i>Eucalanus bungii californicus</i> .....	119
FIGURA 25.3	SEPTIEMBRE 1991 <i>Rhincalanus nasutus</i> .....	119
FIGURA 25.4	SEPTIEMBRE 1991 <i>Candacia bipinnata</i> .....	120

**ANEXO II      CRUCEROS CALCOFI**

FIGURA 26	DISTRIBUCION DE <i>Calanus helgolandicus</i> ( <i>Calanus pacificus</i> ).....	121
FIGURA 27	DISTRIBUCIÓN DE <i>Eucalanus Bungii californicus</i> .....	122
FIGURA 28	DISTRIBUCIÓN DE <i>Rhincalanus nasutus</i> .....	123
FIGURA 29	DISTRIBUCIÓN DE <i>Candacia bipinnata</i> .....	124

## RELACION DE TABLAS.

NUMERO	DESCRIPCION	PAG
TABLA 1	CRUCEROS OCEANOGRAFICOS EMPLEADOS EN EL ESTUDIO 1982-1991.....	29
TABLA 2	CRUCEROS QUE ABARCAN LOS EVENTOS <i>EL NIÑO</i> 1982-1983 y 1986-1987.....	35
TABLA 3	CRUCEROS QUE CUBRIERON LAS DIFERENTES ESTACIONES DEL AÑO.....	36
TABLA 4	TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (TSM).....	37
TABLA 5	ABUNDANCIA TOTAL DE COPÉPODOS.....	39
TABLA 6	CRUCEROS CalCOFI-CICIMAR.....	63



# "VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE COPÉPODOS DE AFINIDAD TRANSICIONAL EN B. C. S. Y SU RELACIÓN CON LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR."

## **RESUMEN**

Se analiza la variación en la distribución, abundancia y frecuencia de aparición de las poblaciones de cuatro especies de copépodos de afinidad biogeográfica transicional, en relación con los cambios con la temperatura superficial del mar (TSM) durante el período de 1982 a 1989 y en 1991, en el extremo sureño de la zona de transición de la Corriente de California frente a la costa occidental de Baja California Sur ( $31^{\circ}$  N- $118^{\circ}$  W a  $22^{\circ}$  N- $108^{\circ}$  W); a partir de las muestras de zooplancton obtenidas de 15 cruceros oceanográficos.

La TSM (media, máxima y mínima) registrada en cada crucero, la abundancia y distribución de especie fue analizada de forma cualitativa y cuantitativamente. Los resultados mostraron que *Calanus pacificus* (Brodsky, 1941) fue la especie más abundante y más ampliamente distribuida en el área de estudio, excepto en Septiembre de 1983 que al igual de *Rhincalanus nasutus* (Giesbrecht, 1888) no se registraron, pero tuvieron sus valores máximos de abundancia en los meses de primavera disminuyendo progresivamente con el aumento de la TSM, *Eucalanus bungii californicus* (Johnson, 1938) fue la tercera especie más importante por su abundancia seguida por *Candacia bipinnata* (Giesbrecht, 1889) que fue la menos abundante.

El análisis estadístico mostró que la variación de las abundancias de las especies, estuvo relacionada con la TSM, con excepción de *Candacia bipinnata*. Las abundancias específicas fueron afectadas por los eventos *El Niño* registrados durante el período de estudio (1982-1983 y 1986-1987), con la excepción de *C. bipinnata*.

La afinidad biogeográfica de las especies analizadas en el presente trabajo, fue con base en el criterio de Fleminger, sin embargo los resultados encontrados y reportes de ubicación de las mismas, permiten reubicar a *Rhincalanus nasutus* como especie de afinidad "templada" y a *Candacia bipinnata* como "subtropical".

# SPACE-TIME VARIATION OF COPEPODS OF TRANSITIONAL AFFINITY IN B. C. S. AND ITS SEA SURFACE TEMPERATURE RELATIONSHIP.

## **ABSTRACT.**

Variations on the distribution, abundance and frequency of appearance of the populations of four species of copepods of biogeographic transitional affinity, in relationship with the changes of the sea surface temperature (SST) are analyzed. This was done from 1982 to 1989 and in 1991, in the southern area of the transition zone of the California current opposite the western coast of Baja California Sur (31° N-118° W a 22° N-108° W). Such analysis was made from samples of zooplankton gotten from 15 oceanographic cruises.

According to the SST (medium, maximum and minimum) registered on each trip, the abundance (amount) and distribution for each specie were analyzed in a qualitative and quantitative way. The results showed that *Calanus pacificus* (Brotsky, 1941) was the specie in larger abundance and the most amply distributed in the area of study. It was not registered only in September, 1993, alike *Rhincalanus nasutus* (Giesbrecht, 1888). Both species had their maximum value of abundance during the spring months to decrease progressively with the increase of SST. *Eucalanus bungii californicus* (Johnson, 1938) was the third most important species due to its abundance, but it was not registered in May 1994.

Statistical analysis demonstrated the correlation between the variation of the abundance of the specie with the SST, with the exception of *Candacia bipinnata* (Giesbrecht, 1889), which was the species with less abundance, distribution and the one with the less frequency of appearance. It was evident the way the abundances were affected by the *El Nino* events that occurred during the timeframe of the study (1982-1983 and 1986-1987), having once again as an exception: *C. bipinnata*.

Biogeographical affinity of the analyzed species in this research, was based on Fleminger's study. However the results that were found and the reports of the location of these species, give way to the relocation of *Rhincalanus nasutus* as a species of "warm" affinity and of *Candacia bipinnata* as a "subtropical" one.

## INTRODUCCION.

El estudio del plancton en la costa occidental de la península de Baja California ha sido llevado a cabo por el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) y otras organizaciones como la *California Cooperative Fisheries Investigation* (CalCOFI) y el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Los propósitos principales, en ese tiempo fueron conocer las especies presentes, su distribución y abundancia, así como sus relaciones interespecíficas, y la influencia de factores ambientales; es decir, estimar la magnitud de los cambios poblacionales de acuerdo a la variabilidad del sistema oceánico a través del tiempo y el espacio.

Las características físicas y químicas de la Corriente de California (CC) han sido ampliamente estudiadas (Reid *et al.*, 1958; Roden, 1971; Lynn y Simpson, 1987; y Roden, 1991) pero no así las poblaciones de organismos que la habitan, debido fundamentalmente a la falta de recursos económicos, materiales y humanos para la obtención de muestras y su procesamiento.

En la biota planctónica de la CC, el grupo de crustáceos conocido como Copepoda es uno de los grupos más importante y numeroso de la comunidad epipelágica y uno de los más importantes por consumir intensamente a los productores primarios y sustentar así a los consumidores secundarios.

La información conocida sobre estos organismos microscópicos, sin embargo, sigue siendo insuficiente y lenta en obtenerse, creando “huecos” o fragmentos en las series temporales que dificultan el estimar sus variaciones espacio-temporales con respecto a factores ambientales.

Algunos de los copépodos calanoides presentan patrones de distribución y abundancia delimitados por las masas de agua que conforman la CC (sus propiedades físicas, químicas y biológicas distintivas) (Pearcy, 1991); tales organismos son considerados entonces como propios de la Corriente.

Este trabajo se refiere a la variación de la distribución y abundancia de cuatro especies de copépodos calanoides que fueron definidas por Fleminger (1967) como de afinidad

transicional en la CC y que fueron obtenidas en aguas mexicanas en campañas oceanográficas llevadas a cabo entre 1982 a 1989 y en 1991, para probar la hipótesis de que esas poblaciones de copépodos tuvieron variaciones espacio temporales de abundancia asociadas principalmente a la temperatura superficial del mar (TSM).

En los resultados se muestra la información espacial y temporal de la abundancia, de la temperatura superficial del mar y los análisis estadísticos. Asimismo se presenta la posible relación entre la abundancia y la variación de la TSM por estaciones del año, definiéndose un patrón de variación estacional para las especies transicionales.

## AREA DE ESTUDIO.

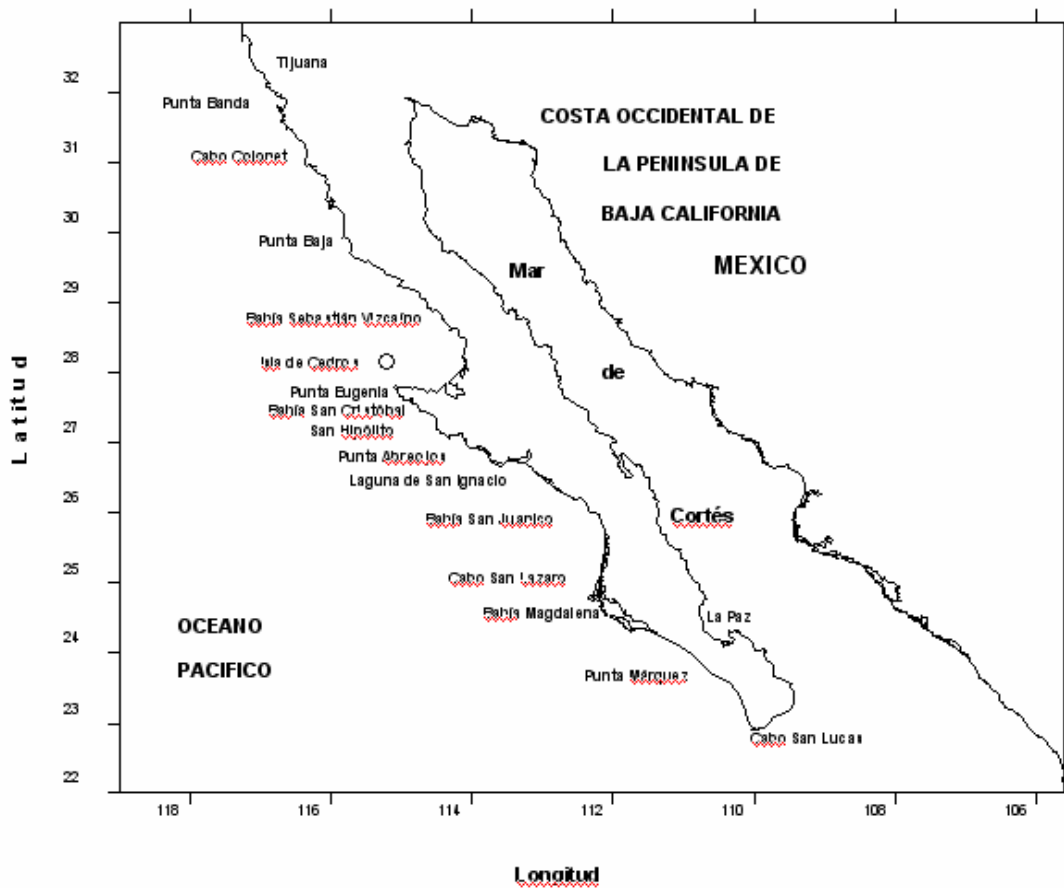


Figura 1. Toponimia del área de estudio.

El área de estudio se encuentra ubicada entre los 22° y los 31° latitud Norte y 108° y los 118° longitud Oeste, en la costa occidental de Baja California Sur (Fig. 1). La zona de muestreo comprende desde el sur de Cabo San Lucas hasta Punta Baja.

El área está bajo la influencia de la Corriente de California (CC), cuyos límites no son estables y tienen un gran intervalo de variación interanual (Roden, 1991). La CC nace arriba de los 40° N y es una corriente superficial (0-300 m de profundidad) con dirección sur, hacia el ecuador, delimitada al norte por la Corriente Subártica y al sur por la Corriente Nor-Ecuatorial (Lynn y Simpson, 1987).

El Sistema de la CC es uno de los sistemas oceánicos más extensamente estudiados (Bograd y Lynn, 2003). Es un flujo permanente, amplio, lento y difuso en promedio. El núcleo del mismo se caracteriza por agua con temperatura y salinidad relativamente baja y alto oxígeno disuelto, aunque sus características se van modificando en su camino hacia el sur, aumentando su temperatura y salinidad (Lynn y Simpson, 1987). Cerca de la costa frente a Baja California, la temperatura superficial se incrementa hacia el sur de 15° a 20° C en invierno, y de 20° a 25° C en verano (Badan, 1997).

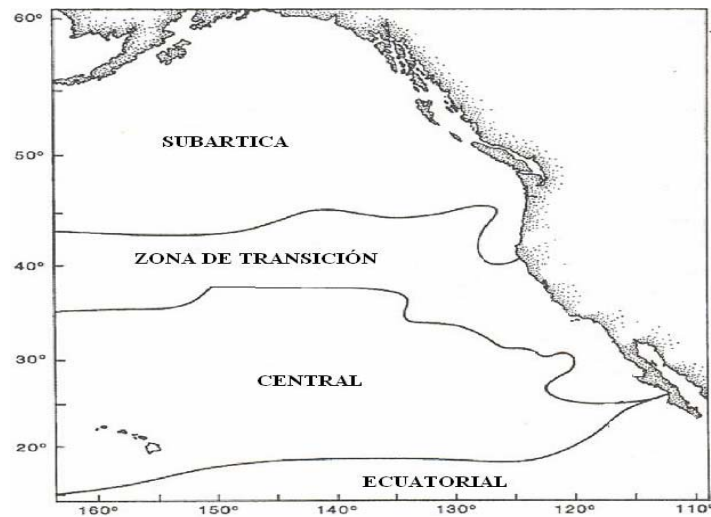
De primavera a otoño soplan vientos del Norte impulsando las aguas hacia el sur en casi toda la CC, y en invierno se debilitan o se invierten, desarrollando una contracorriente superficial que fluye desde Baja California hasta el Sur de Punta Concepción (Reid *et al.*, 1958) conocida como Contra Corriente de California; ésta puede recibir otros nombres como el de la Contracorriente de Davidson (Lynn y Simpson, 1987) por diferencias locales, estacionales y por su profundidad.

La CC es reconocida biogeográficamente como una entidad particular muy compleja que contiene su propia biota cálido-templada y subtropical, que se encuentra influenciada por la Corriente del Pacífico del Norte, el giro anticiclónico del Pacífico Central, y en menor extensión, por la masa de agua ecuatorial (Brinton *et al.*, 1986; Brinton y Reid, 1986).

Existe una regionalización biológica, que da por resultado una clasificación biogeográfica de los patrones de distribución y asociaciones de especies de plantas y animales. Está limitada por las propiedades físicas, químicas y biológicas de las diferentes masas de agua,

por lo que en el Pacífico Norte se pueden reconocer usualmente cuatro provincias biogeográficas (McGowan, 1971 y Reid *et al.*, 1978):

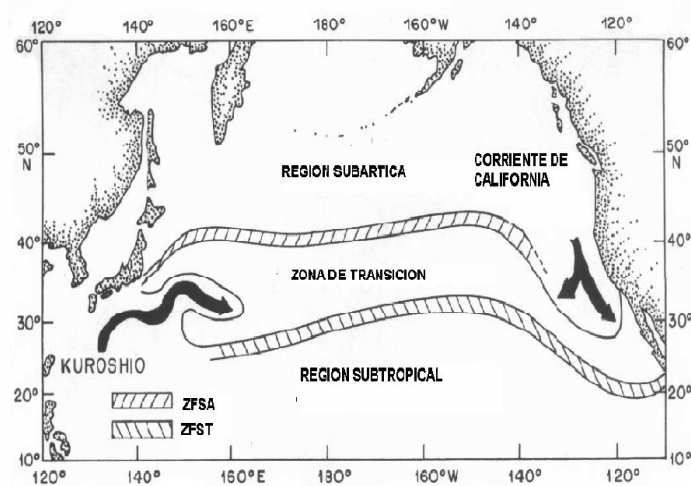
- Subártica
- Transicional
- Central
- Ecuatorial.



**Figura 2.** Provincias biogeográficas en la Costa occidental de Norteamérica y Baja California. Modificado de Moser *et al.* (1987).

Posteriormente, Roden (1991) dividió en 3 zonas a la CC, de acuerdo exclusivamente al tipo de masa de agua que la conforma.

- Región Subártica (San Francisco a Cabo Mendocino)
- Zona de transición (Sur de California y Norte de Baja California)
- Región subtropical (Punta Eugenia a Cabo San Lucas)



**Figura 3.** Esquema de las regiones Subártica y Subtropical, Zona de Transición y las Zonas de Frentes asociados Subártica (ZFSA) y Subtropical (ZFST). Modificado de Roden (1991).

Uno de los aspectos más sobresalientes del Pacífico Norte es la Zona de Transición (Fig. 2) entre las masas de agua subártica y subtropical (Roden, 1971), que más que un ecosistema propio es un ecotono entre ambas masas de agua (Rebstock, 2003). Se extiende desde Japón hasta América del Norte a través de más de 9000 km. y con una amplitud promedio de 500 a 1000 km.. (Roden, 1971).

La masa de agua subtropical tiene su límite norteño a los 26° N de latitud aproximadamente (dentro del área de estudio), tiene un espesor de 100 a 125 m y se caracteriza por presentar temperaturas mayores a los 20° C (Roden, 1991).

Los límites sureños y norteños de ésta zona tienen las características de zonas frontales, en las cuales la estructura termohalina, estabilidad hidrostática y composición biológica de especies cambian rápidamente. Estos frentes delimitan la distribución específica de organismos, como es el caso del eufáudiso *Thysanoessa gregaria*.

Las aguas de la región de transición han sido poco estudiadas en comparación con las de la región Central y Subártica (Percy, 1991). En esta zona se presentan también surgencias

ocasionadas principalmente por vientos que soplan del norte (paralelos a la costa), y que alejan las aguas de la costa. Este efecto parece intensificarse al sur de los cabos o puntas de tierra que se extienden dentro de la corriente; ejemplo de esto serían Cabo Mendocino, Punta Concepción y Punta Eugenia, que son regiones donde ocurren surgencias más intensas que en el resto de las costas (Reid *et al.*, 1958).

Esta región se ve afectada periódicamente por incrementos significativos de la temperatura superficial del mar (TSM), registrados como anomalías positivas térmicas que definen a un evento *El Niño*.

Wolter y Timlin (1993) desarrollaron el “Índice Multivariado de *El Niño* (MEI, por sus siglas en inglés), usando más de doce variables observadas sobre el Pacífico Tropical, como una herramienta para detectar la variabilidad en las escalas de tiempo interanuales del *El Niño*; el cálculo se ha hecho desde 1950 y se actualiza mes a mes (<http://www.cdc.noaa.gov/~kew/MEI/mei.html>). La base de datos del MEI, muestran que *El Niño* de 1982-1983 fue más intenso que el de 1986-1987, como aparecen en las anomalías térmicas registradas. (Hernández-Trujillo, 1999).

## **ANTECEDENTES.**

Los copépodos Calanoides representan uno de los taxa mejor representados en el mesoplancton pelágico, y son tanto diversos como abundantes. Para aguas mexicanas del Pacífico (Palomares *et al.*, 1998) se publicó un catálogo de las especies de copépodos pelágicos, el cual se convierte en la primera referencia taxonómica más importante para la zona de estudio. Fleminger (1967) determina para la zona oceánica del Pacífico de Estados Unidos a las especies de copépodos clasificadas como especies transicionales de la CC, y son: *Calanus pacificus*, *Eucalanus bungii californicus*, *Rhincalanus nasutus* y *Candacia bipinnata* y, al no existir información reciente que los ubique en otra categoría biogeográfica, en este estudio fueron consideradas como tales.



La información que se conoce de las especies de interés en el área de estudio ha sido publicada por Hernández-Trujillo (1991) al analizar la variación latitudinal de la diversidad de copépodos de 1982 a 1986, así como de los patrones de distribución y abundancia de *C. pacificus* en relación con la TSM en la costa occidental de Baja California Sur, encontrando que ambos están inversamente relacionados. Hernández-Trujillo y Suárez-Morales (2000) encontraron que *C. pacificus* es la especie de mayor abundancia y mas amplia distribución en la zona, por lo que es considerada como la especie representativa de los copépodos.

La dinámica del plancton también se ha analizado en la región sur de la Corriente de California y sus variaciones latitudinales y estacionales, encontrando que *C. pacificus* registró variaciones en su abundancia asociadas a la variación de la TSM de acuerdo a las diferentes estaciones del año. Hernández-Trujillo y Esqueda-Escarcega (2002) encontraron que *C. pacificus* y *Eucalanus californicus* solo están presentes en las costas del Océano Pacífico y que *Candacia bipinnata* y *Rhincalanus nasutus* habitan en ambos litorales de México.

Cox *et al.* (1983) reportaron heterogeneidad en la distribución de *C. pacificus* al sur de California, debido a las tasas de producción primaria altas que se dan en zonas de surgencias. Mullin (1995) estudió como es afectada la población de hembras de *C. pacificus* durante el evento de *El Niño* ocurrido en 1992, y encuentra que aunque el evento fue “ligero”, la abundancia de la especie fue anormalmente baja.

Posteriormente Mullin (1998) encontró que, al comparar interanualmente a la población de *C. pacificus*, la especie era anormalmente rara en ambos eventos *El Niño* y que era afectada de forma independiente a la biomasa macrozooplanctónica; al comparar entre décadas encontró que la abundancia de la especie no cambió significativamente en los años de estudio, aunque dentro de cada década disminuyó su abundancia durante los eventos *El Niño*. Hace notar que la variación en la abundancia de la especie, debe tomarse en cuenta para validar cualquier trabajo sobre el ecosistema de la CC, y no solamente a la biomasa.

Rebstock (2001) en su trabajo sobre la estabilidad de las especies de copépodos calanoides, en el área sur de California, menciona que *C. pacificus* es inusualmente raro en los años *El Niño* y que *E. bungii californicus* fue la especie más abundante durante *El Niño* de 1992. Asimismo, determina que existe estabilidad en el agrupamiento y abundancia de las especies (*C. Pacificus*, *Metridia pacifica* y *Plueromamma borealis*) dominantes de copépodos calanoides a lo largo de 50 años de estudio (cruceros CalCOFI que abarcaron de los 31° a 35° N y de los 117° a 122° W). Rebstock (2003) al analizar sobre los cambios y la estabilidad del sistema de la CC a través de cinco décadas, menciona que parecen ser mas importantes las variaciones interanuales que las fluctuaciones que ocurren a escala de décadas para los copépodos calanoides; además reporta que *C pacificus* y *R. nasutus* pasan los inviernos en las profundidades, pero no especifica exactamente la profundidad; sin embargo Ohman *et al.* (1998) reportan que en la zona sur de California *C. pacificus* pasa el invierno entre los 300 y 400 m de profundidad y *E. californicus* y *R. nasutus* entre los 250 y 400 m (con algunos ejemplares entre 0 y 50 m).

Los trabajos pioneros como el de Johnson (1938), mencionan a *Eucalanus elongatus* y sus variedades en el Pacífico Noreste como *Eucalanus bungii* y su subespecie *californicus* como uno de los copépodos más numerosos y grandes de la costa oeste de América, por lo que deben jugar un papel importante en la economía de esas aguas. Sin embargo, establece su principal distribución frente a las costas de California, y dice que el límite sureño para ésta especie no ha sido determinado.

Razouls y Bovée (1996) en sus estudios sobre diversidad y distribución geográfica de copépodos pelágicos, reportan a *R. nasutus* como especie cosmopolita. Bradford-Grieve (1994) encuentra a esta especie en todos los océanos. De nuevo Bradford-Grieve en 1999 en su estudio sobre la fauna marina de Nueva Zelanda, al referirse a los copépodos pelágicos calanoides, reporta a *C. bipinnata* en todos los océanos tropicales y subtropicales del mundo.

## JUSTIFICACION

Uno de los eventos climáticos que más profundamente ha impactado al Sistema de la CC y el Pacífico Nororiental, fue la perturbación atmosférica del Pacífico del Norte, superficie oceánica y del ecosistema marino que ocurrió después del invierno de 1976-77 (Bograd y Lynn, 2003). El periodo de 1940 a 1976 se caracterizó por un enfriamiento anómalo de las aguas superficiales marinas; después de 1976 siguió un cambio dramático en las condiciones ambientales y el Pacífico Nororiental se volvió anormalmente cálido. Han sido observadas respuestas físicas y biológicas a este cambio, pero su impacto en la zona sur de la CC no ha sido estimado por no contar con observaciones continuas en tiempo y en espacio como las descritas para la zona norte y central de la CC.

Asimismo la denominada región de transición ha sido poco estudiada en comparación con la subtropical y subártica (Percy, 1991); además aunque se han investigado por décadas a los copéodos, relativamente poco se sabe sobre el comportamiento de los mismos a lo largo de la península de Baja California (Hernández-Trujillo y Suárez Morales, 2000), especialmente aquellos que se encuentran asociados a ciertas masas de agua, lo que los ubica como valiosos indicadores biológicos. Estos representan una mejor opción que los índices hidrológicos en un momento dado, en situaciones como las que se presentan en áreas afectadas por procesos de mezcla y corrientes de breve duración (Brodsky, 1950).

Es relevante mencionar que cuando un organismo indicador se encuentra en un área que normalmente no le corresponde, esa expatriación puede significar la posible invasión de una masa de agua por algún fenómeno climático como puede ser *El Niño*, en donde las aguas centrales cálidas tropicales, pueden llegar a latitudes altas.

De igual forma, cuando se encuentra al organismo en latitudes más bajas de las de su zona de distribución habitual, puede indicar que una invasión de aguas subárticas está ocurriendo en la zona.

En la costa occidental de Baja California Sur, la distribución y abundancia de las especies transicionales de copépodos es muy poco conocido, con excepción de *Calanus pacificus*, cuyos patrones de abundancia y distribución han sido parcialmente descritos (Hernández-Trujillo, 1991 y Hernández-Trujillo *et al.*, 2001), pero no se han efectuado comparaciones con otras especies de la misma afinidad, para establecer el patrón de variación espacial y temporal en condiciones “normales” de calentamiento y enfriamiento.

## **HIPOTESIS**

Las poblaciones de las especies de estudio en el área de transición de la Corriente de California, presentan una variación en el espacio y en el tiempo relacionado con la temperatura superficial del mar.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la variación de la distribución y abundancia de cuatro especies de copépodos de afinidad transicional, relacionada con los cambios en la temperatura superficial del mar en la costa occidental de Baja California Sur.

### **Objetivos específicos**

-Determinar la distribución y abundancia de la fase adulta de los copépodos *Calanus pacificus*, *Eucalanus bungii californicus*, *Candacia bipinnata* y *Rhincalanus nasutus* en la costa occidental de Baja California Sur de 1982 a 1991.

-Relacionar la distribución y abundancia de las especies con los cambios de la temperatura superficial del mar (TSM).

-Identificar los posibles patrones estacionales de variación de la distribución y abundancia de cada especie.

-Identificar los posibles patrones de variación de la distribución y abundancia de las especies en los períodos *El Niño* (1982-1983) y *El Niño* (1986-1987).

-Identificar los posibles patrones de variación de la distribución y abundancia de las especies en periodos *El Niño* y no-*El Niño*.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se analizaron los datos de abundancia de *Calanus pacificus*, *Rhincalanus nasutus*, *Eucalanus bungii californicus* y *Candacia bipinnata* obtenidos de las muestras de zooplancton de 15 cruceros oceanográficos, realizados en la costa occidental de la península de Baja California en el período 1982-1989 y septiembre de 1991. La red de estaciones para cada crucero se muestra en la figura 3, en la cual se observa que hubo variaciones de cobertura espacial, lo que se traduce en diferente número de estaciones efectuadas por crucero; entre las causas de esta diferencia se encuentran condiciones climáticas adversas, tiempo de buque oceanográfico disponible y por imprevistos como averías de buque o pérdida de equipo de investigación.

**Tabla 1.** Cruceros oceanográficos empleados en el estudio de 1982 a 1991. N es el número de estaciones ocupadas.

CRUCERO CICIMAR	N	FECHA
8207	32	8-13 Julio 1982
8302	40	24 Febrero-2 Marzo 1983
8305	24	24-27 Mayo 1983
8309	35	6-13 Septiembre 1983
8401	51	20-27 Enero 1984
8405	68	26 Mayo-7 Junio 1984
8505	43	23 Mayo-9 Junio 1985
8508	48	23 Agosto-2 Septiembre 1985
8605	61	26 Mayo-7 Junio 1986
8611	59	17-26 Noviembre 1986
8707	39	10-17 Julio 1987
8710	62	9-16 Octubre 1987
8807	40	24 Julio-5 Agosto 1988
8906	38	22-29 Junio 1989
9109	26	16-23 Septiembre 1991

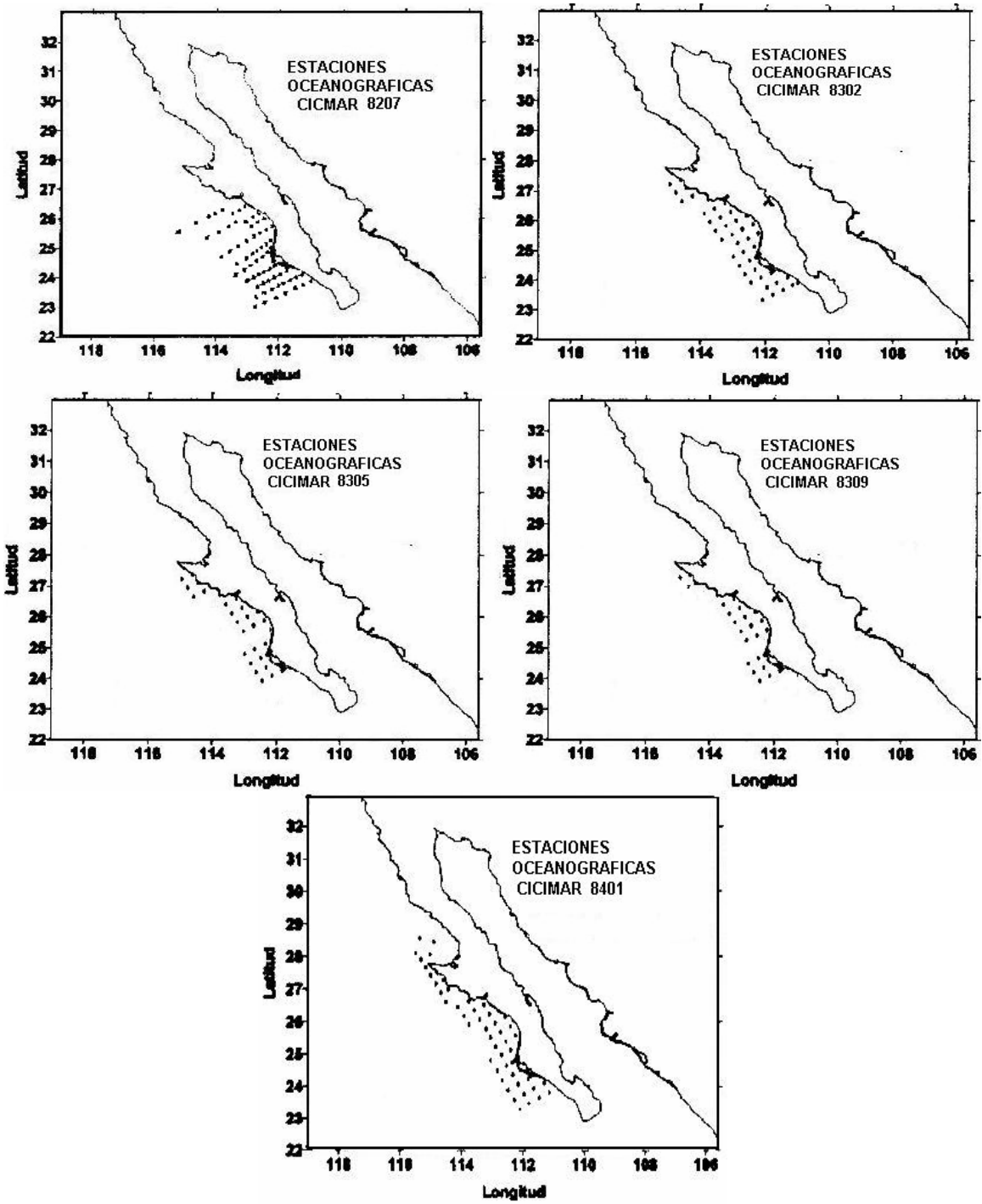


Figura 4.1. Red de Estaciones Oceanográficas CICIMAR de julio de 1982 a enero de 1984.

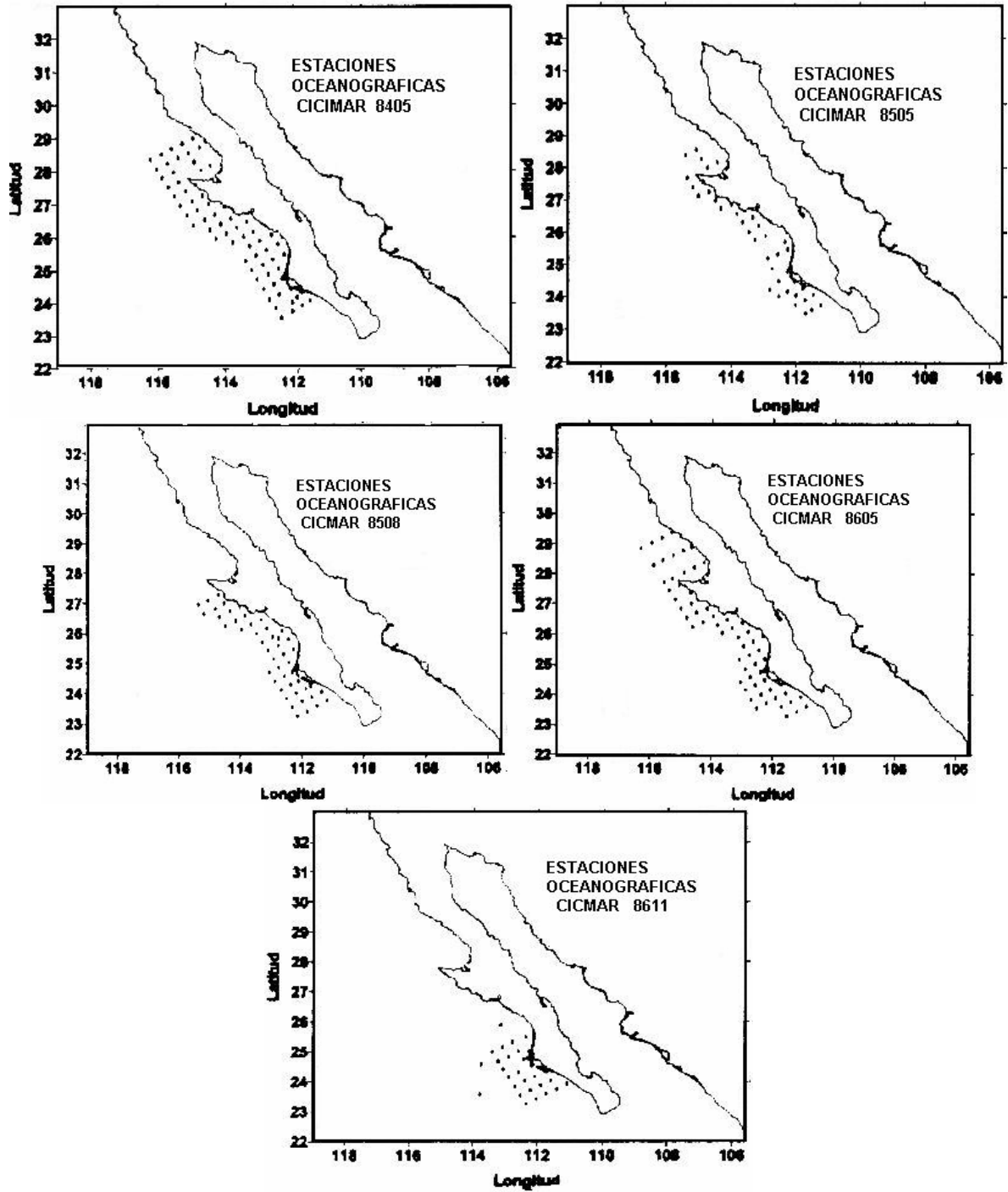


Figura 4.2. Red de Estaciones Oceanográficas CICIMAR de mayo de 1984 a noviembre de 1986.



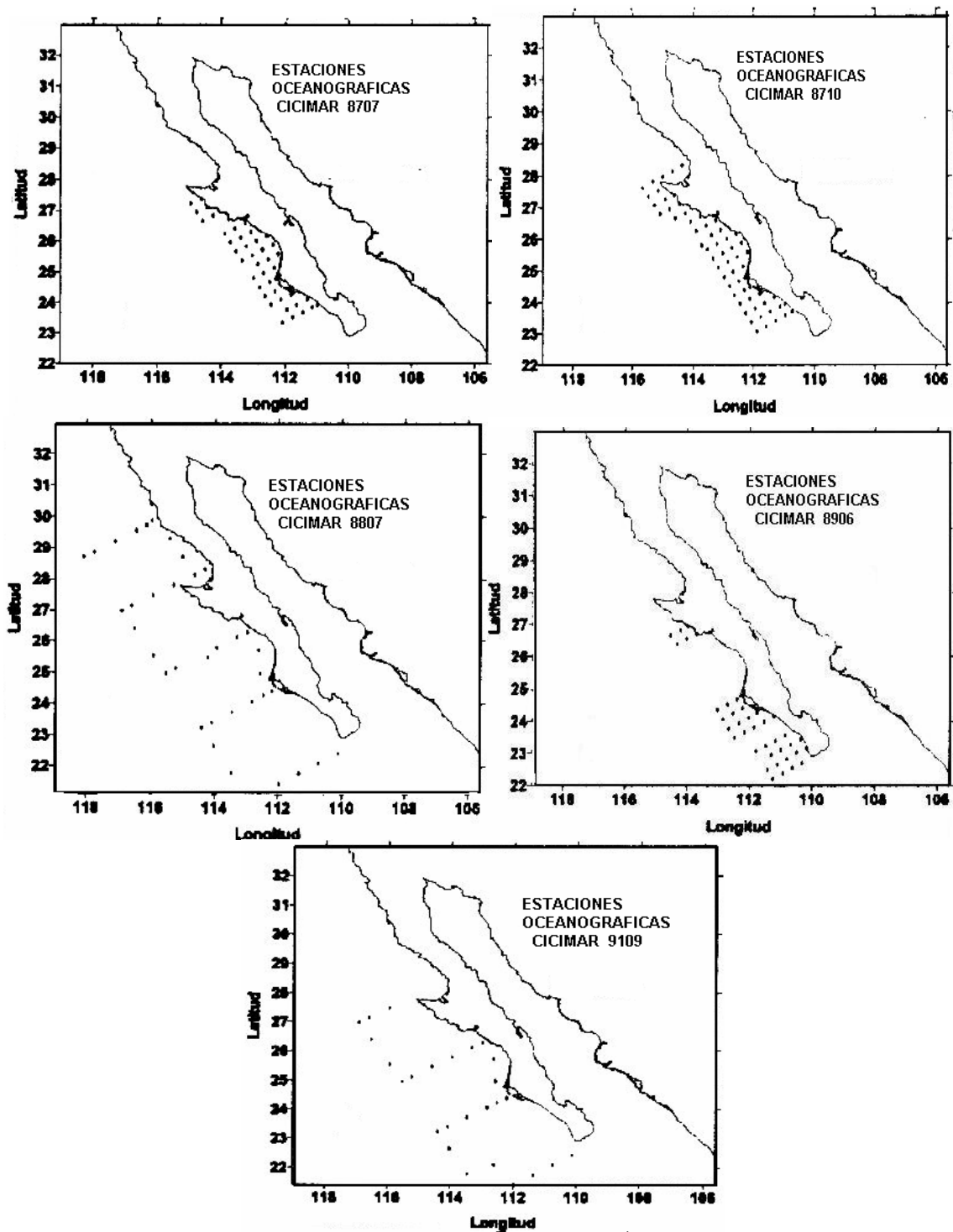


Figura 4.3. Red de Estaciones Oceanográficas CICIMAR de julio de 1987 a septiembre de 1991. Costa Occidental de Baja California.

El procedimiento de obtención y preservación de las muestras, está descrito en Hernández-Trujillo (1998) y consistió en el arrastre oblicuo de una red gemela tipo “bongo”, provista de flujómetros digitales y de mallas filtrantes de 333 y 505  $\mu\text{m}$ , 3.0 m de longitud , 0.60 m de diámetro en la boca, copos flexibles y flujómetros digitales. Con excepción del crucero CICIMAR 8401 cuya colecta se hizo mediante arrastres oblicuos de una red tipo CalCOFI con malla de 505  $\mu\text{m}$ , 0.3 m de longitud 0.60 m de diámetro de boca y flujómetro digital. La profundidad del muestreo comprendió de 200 a 0 m para la mayoría de las estaciones. Para el presente estudio, los datos corresponden al análisis de muestras obtenidas con la manga de malla de 505  $\mu\text{m}$ .

El proceso de separación de los organismos, fue el señalado por Hernández-Trujillo (1991a, b) y Fleminger (1967), y se llevó a cabo después de la determinación de la biomasa zooplanctónica; la identificación de las especies fue de acuerdo a los criterios de Brodsky (1950) y Grice (1961); después se contaron todos los organismos por especie en la muestra y se normalizó la abundancia a 1000  $\text{m}^{-3}$  de agua filtrada.

La TSM fue registrada en cada una de las estaciones de muestreo, utilizando un CTD Inter-Ocean. Para comparar estos datos de TSM en un nivel espacial y temporal mayor, se obtuvo la TSM del CD-ROM COAD (*Comprehensive Ocean Data Set*) de NOAA y ORSTROM para los años de 1980 a 1990 en el área geográfica comprendida entre los 22° N a 30° N y de 105° W a 117° W (Hernández-Trujillo *et al.*, 2001) mismos que fueron empleados para la elaboración de las anomalías térmicas, las que se calcularon usando la siguiente formula:

$$A_{t^{\circ}\text{C}} = X_i - X_{i,n}$$

Donde  $X_i$  es el valor observado de TSM promedio mensual y  $X_{i,n}$  es el valor promedio de todos los valores TSM en el periodo estudiado.

De modo similar, se calcularon anomalías de abundancia de cada una de las cuatro especies durante el periodo de estudio, a través del mismo procedimiento empleado para las anomalías térmicas.

Las imágenes de satélite de la TSM utilizadas como mapas base en la elaboración de las figuras de distribución de las especies, corresponden a la serie de promedios mensuales MCSST (Multi Channel Sea Surface Temperature), derivados de la NOAA Advance Very High Resolution Radiometer (AVHRR) en formato HDF y cuya resolución espacial es de 18x18 km. Y fueron procesados y proporcionados por la Dra. Sofia Ortega.

La clasificación de años *El Niño* y no-*El Niño* fue hecha a través del MEI (Multivariate *El Niño* Index) propuesto por Wolter y Timlin (1993). Con esta información, los meses de muestreo se ordenaron de la siguiente forma:

**Tabla 2.** Cruceros que cubren los eventos *El Niño* 1982-1983 y 1986-1987.

El Niño 1982-1983	El Niño 1986-1987
Julio 1982	Julio 1987
Febrero 1983	Octubre 1987
Mayo 1983	
Septiembre 1983	

Para establecer el grado y el tipo de relación entre la abundancia de cada especie y la TSM, se aplicó un análisis de correlación simple, obteniéndose el coeficiente de correlación ( $r$ ) y el porcentaje de variación.

Una vez definida la correlación, para determinar si había diferencia entre la abundancia de copépodos promedio mensual y anual, se aplicó el análisis de variancia (ANDEVA). La hipótesis nula de “no existe diferencia de abundancia de cada especie entre cruceros”, fue contrastada por la de “si existe diferencia”. El nivel de significancia al que se trabajó la regla de decisión fue de  $\alpha = 0.05$ .

Lo mismo se hizo en el análisis de variancia factorial para detectar diferencias significativas entre abundancias de cada especie en períodos *El Niño* y no-*El Niño*, así como en los períodos *El Niño* de 1982-1983 y *El Niño* 1986-1987.

El análisis de variancia factorial para detectar diferencias estacionales de la abundancia de cada especie se realizó agrupando los cruceros por meses de la siguiente forma:

**Tabla 3.** Cruceros que cubrieron las diferentes estaciones del año.

INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO
Febrero 1983	Mayo 1983	Julio 1982	Noviembre 1986
Enero 1984	Mayo 1984	Septiembre 1983	Octubre 1987
	Mayo 1985	Agosto 1985	
	Mayo 1986	Julio 1987	
		Julio 1988	
		Junio 1989	
		Septiembre 1991	

Asimismo para determinar la probable diferencia estacional en la abundancia de cada especie de copépodos, se aplicó el análisis de variancia.

Para todos los análisis de variancia factorial usada en el presente estudio, se utilizó el programa MINITAB 12.2 y para los de correlación y las gráficas de dispersión el de Excel 2000 para Windows.

## RESULTADOS

### Condiciones ambientales

#### *Temperatura Superficial del Mar*

La temperatura superficial del mar (TSM) registrada durante los meses de estudio se presentan en la siguiente Tabla:

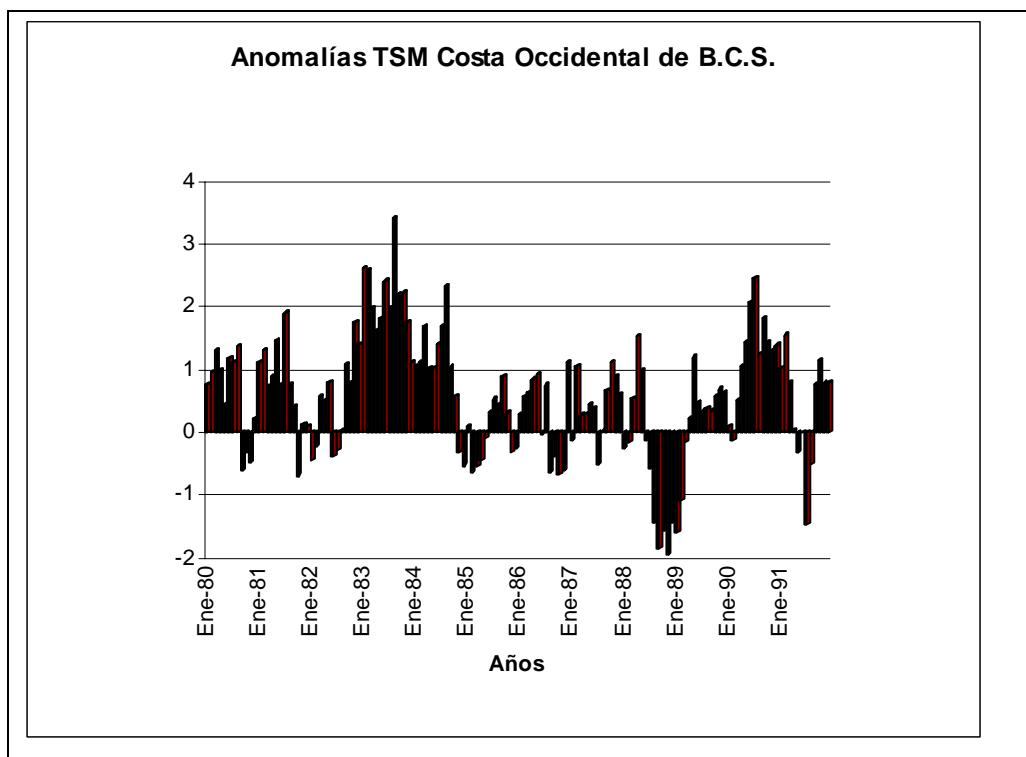
**Tabla 4.** Temperatura Superficial del Mar ( °C) por crucero.

Crucero	Máx.	Min.	Promedio
8207	24.4	18.8	21.0
8302	23.1	19.0	20.9
8305	23.1	19.5	21.2
8309	29.1	26.5	27.9
8401	23.5	17.0	19.2
8405	19.7	13.2	17.5
8505	18.0	12.0	15.3
8508	28.0	22.0	25.2
8605	20.0	14.0	17.8
8611	26.4	20.0	23.0
8707	27.0	15.5	20.4
8710	29.0	21.0	25.4
8807	31.0	17.5	22.9
8906	23.7	15.8	19.9
9109	29.0	20.0	24.4

La temperatura promedio registrada en los cruceros analizados, estuvo en un intervalo de 12 a 31 °C, con una media de 21.1 °C. En mayo de 1985 se registró valor mínimo promedio 15.3 °C y en septiembre de 1983 el máximo de 27.9 °C.

En términos estacionales, en el lapso de estudio, la temperatura promedio en primavera fue de 18.3 °C, en verano de 23. 6 °C, en otoño de 24.2 °C y en invierno de 20 °C.

Las anomalías térmicas calculadas durante el período de estudio se muestran a continuación:



**Figura 5.** Variación de las anomalías térmicas en la Costa Occidental de Baja California Sur (1980-1992).

Durante el periodo de estudio, destaca la anomalía térmica positiva de 1982 y 1983, correspondiente al evento de calentamiento *El Niño*, con más de 3 °C sobre el valor promedio. Otra anomalía positiva se presenta a fines de 1991 cuando se iniciaba otro evento de *El Niño* que, como puede observarse, fue de menor intensidad que el de 1982.

A finales de 1988 se registra la mayor anomalía negativa del periodo de estudio de aproximadamente -2 °C representando un enfriamiento de la zona de estudio.

## VARIACION ESPACIAL DE LA ABUNDANCIA

Tabla 5. Abundancia total por crucero (organismos. m<sup>-3</sup>).

Cruceros / Especies	<i>Calanus pacificus</i>	<i>Eucalanus bungii californicus</i>	<i>Rhincalanus nasutus</i>	<i>Candacia bipinnata</i>
8207	200212	26390	13427	0
8302	116594	44933	800	75
8305	1157	1724	1619	0
8309	0	2623	0	0
8401	42206	2031	107	1584
8405	22334252	0	100513	4105
8505	1225756	3510	125875	267
8508	368776	5710	22590	8144
8605	4404469	1943	41707	160
8611	32780	11995	13	83
8707	3107777	1276	5948	0
8710	387366	17195	74	222
8807	1534633	2938	17985	1041
8906	1026814	373	17774	551
9109	7950	1674	660	145

### DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

Julio de 1982

En este mes la TSM osciló de 18.8 a 24.4 °C (Tabla 4); la menor TSM se registró al norte de Bahía Magdalena y la mayor en la zona oceánica frente a Punta Márquez.

La especie con mayor abundancia fue *Calanus pacificus* seguida de *Eucalanus bungii californicus* y *Rhincalanus nasutus* (Tabla 5). No se encontró a *Candacia bipinnata*..

La distribución espacial de *C. pacificus* alrededor de Bahía Magdalena y la mayor abundancia estuvo frente a Cabo San Lázaro (Fig. 11.1). *E. bungii californicus* se distribuyó de forma más concentrada al norte de Punta Márquez (Fig. 11.2) y *R. nasutus* se encontró desde la boca de Bahía Magdalena hasta el norte de Punta Márquez (Fig. 11.3). *C. pacificus* se encontró en zonas con aguas entre 20 y 21 °C, *E. bungii californicus* 21 °C y *R. nasutus* en aguas donde la temperatura fue mayor a 21 °C .

Febrero de 1983

En el mes de febrero se registraron temperaturas de los 19 a los 23 °C (Tabla 4) encontrándose la menor TSM al sur de Bahía San Cristóbal y la mayor al sur de Bahía Magdalena.

La especie más abundante fue *C. pacificus* (Tabla 5), la cual se distribuyó entre Punta Abrejos y Bahía Magdalena. La mayor abundancia estuvo concentrada frente a Laguna San Ignacio donde la TSM fue del orden de 20 °C (Fig. 12.1). *E. bungii californicus* fue la segunda especie en dominar por su abundancia, y estuvo distribuida desde Punta Abrejos hasta el sur de Bahía Magdalena. La mayor abundancia se encontró al norte de Bahía San Juanico, donde la TSM fue de 20.5 °C (Fig. 12.2). *R. nasutus* fue la tercera especie importante por su abundancia, con su principal área de abundancia alejada de la costa, al sur de Bahía Magdalena (Fig. 12.3). En ese lugar se registró una TSM de 22.5 °C. Por último se encontró a *C. bipinnata* frente a San Hipólito (Fig. 12.4), donde se registró una TSM de 19.8 °C. En éste mes se reporta la menor abundancia de todo el período de estudio para ésta especie (Tabla 5).

Mayo de 1983

La TSM varió de los 19.5 °C a 23.1 °C (Tabla 4), encontrándose la menor TSM al norte de Punta Abrejos y la mayor frente a Bahía Magdalena.

*C. pacificus* se encontró desde Punta Abrejos donde la TSM fue de 20 °C hasta la boca de Bahía Magdalena (Fig. 13.1). Su mayor centro de abundancia se ubicó frente a Punta Abrejos (19 ° a 20 °C). En este mes se obtuvo el valor mínimo de abundancia (Tabla 5). *E. bungii californicus* fue la especie más abundante y su distribución fue principalmente fuera de Bahía San Cristóbal donde la TSM estuvo en los 20 °C dispersándose hasta Cabo San Lázaro (Fig. 13.2). Cabe recalcar, que este es el único mes en el que *C. pacificus* no fue la especie dominante (Tabla 5). *R. nasutus* se distribuyó exclusivamente dentro de Bahía San Cristóbal (Fig. 13.3). No se encontró a *C. bipinnata* (Tabla 5).

Septiembre de 1983

La TSM mínima de 26.5 °C y la máxima fue de 29.1 °C y (Tabla 4), por lo que es el mes en el que se registró el menor intervalo de temperatura. La TSM máxima se registró frente a



Punta Márquez y San Hipólito y la mínima frente a Bahía San Juanico. En esta campaña sólo se encontró a *E. bungii californicus* frente de Bahía San Juanico cercano a Cabo San Lázaro (Fig. 14), donde la TSM fue de 27.4 °C aproximadamente. Este fue el único mes donde no se encontró a *C. pacificus* ni a *R. nasutus* (Tabla 5).

Enero de 1984

La TSM mínima fue de 17 °C y la máxima fue de 23.5 °C (Tabla 4) al sur de Bahía Magdalena y mar adentro frente a Punta Abreojos.

*C. pacificus* fue la especie con mayor abundancia (Tabla 5) y la de mayor distribución, desde Isla de Cedros hasta Bahía Magdalena (Fig. 15.1). La zona de mayor abundancia se localizó en Punta Eugenia, donde coincidió con una TSM de 17.5 °C aproximadamente. La siguiente especie dominante fue *E. bungii californicus*, encontrándose la mayor abundancia al sur de Bahía San Cristóbal. Su distribución estuvo limitada principalmente en ésta zona (Fig. 15.2). *C. bipinnata* se encontró al sur de Bahía San Cristóbal y en San Hipólito (Fig. 15.4). La especie menos abundante fue *R. nasutus*, que tuvo una distribución muy limitada entre Punta Abreojos y Bahía San Juanico (Fig. 15.3) donde la TSM estuvo alrededor de 18.5 °C.

Mayo de 1984

Se registró una TSM mínima de 13.2 °C y una máxima de 19.7 °C y (Tabla 4). Los valores mas bajos de TSM en general, se ubicaron cercanos a la costa.

*C. pacificus* fue la especie dominante y de amplia distribución desde Bahía Sebastián Vizcaíno hasta Bahía Magdalena (Fig. 16.1). La principal zona de abundancia fue mar adentro entre Laguna de San Ignacio y Bahía San Juanico donde predominaron aguas con 19 °C. En este mes se registró el máximo valor de abundancia de todo el periodo de estudio (Tabla 5). *R. nasutus* fue la segunda especie más abundante, distribuyéndose cerca de la costa desde Isla Cedros hasta la boca de Bahía Magdalena (Fig. 16.2). *C. bipinnata* se encontró distribuida al norte en la región de Isla de Cedros (Fig. 16.3), donde la TSM estuvo alrededor de los 17 °C. Este fue el único mes del período de estudio, donde no se registró a *E. bungii californicus* (Tabla 5).

Mayo de 1985

La TSM la mínima de 12 °C y la máxima fue de 18 °C, por lo que es el mes que tuvo TSM mas bajas en todo el período de estudio (Tabla 4); el valor máximo se registró mar adentro hacia el sur del área de estudio, y la mínima en Bahía San Cristóbal.

La especie más abundante en esta campaña fue *C. pacificus*, con una amplia distribución desde Punta Eugenia hasta el sur de Bahía Magdalena (Fig.17.1); en éstas áreas el agua tuvo temperaturas de entre 14 y 15 °C principalmente. *R. nasutus* fue la segunda especie más abundante; sin embargo su distribución estuvo limitada cerca de la costa de Bahía San Cristóbal (Fig. 17.3), donde se registró la menor temperatura del mar con 12 °C. Hubo otro núcleo de distribución de ésta especie, mar adentro entre Bahía San Juanico y Punta Abrejos. En este mes se registró la máxima abundancia para ésta especie de todo el período de estudio (Tabla 5). *E. bungii californicus* fue la tercera especie más abundante y tuvo una distribución limitada frente a Bahía Sebastián Vizcaíno, al este de Isla de Cedros (Fig. 17.2). En esta zona, la TSM estuvo alrededor de 15 °C. *C. bipinnata*, tuvo una distribución similar a la de *C. pacificus* desde Punta Eugenia hasta Cabo San Lázaro (Fig. 17.4). La zona de máxima abundancia coincidió con una de las zonas más frías al sur de Bahía San Cristóbal donde la TSM estuvo alrededor de los 15 °C.

Agosto de 1985

La TSM mínima fue de 22 °C al sur de Punta Eugenia y la máxima fue de 28 °C al sur de Bahía Magdalena (Tabla 4).

La especie más abundante fue *C. pacificus*. Su distribución abarcó desde el sur de Bahía San Cristóbal (23 °C) hasta el sur de Bahía Magdalena (Fig. 18.1). *R. nasutus* fue la segunda especie por su abundancia y se distribuyó al sur de San Hipólito, cerca de la costa de Bahía San Juanico y frente a Bahía Magdalena (Fig. 18.3). *C. bipinnata* fue la tercera especie más abundante en este mes, distribuyéndose solamente cerca de la costa de Bahía San Juanico (Fig. 18.4). *E. bungii californicus*, fue la menos abundante (Tabla 5) y se distribuyó alrededor de Bahía Magdalena (Fig. 18.2).

Mayo de 1986

La TSM mínima fue de 14 °C y se registró frente a Bahía San Cristóbal, en tanto que máxima fue de 20 °C y se registró mar adentro a lo largo de la costa.

La especie dominante por su abundancia fue *C. pacificus* y se distribuyó desde Bahía Sebastián Vizcaíno hasta el norte de Punta Márquez (Fig. 19.1) encontrándose principalmente frente a Bahía San Cristóbal (16 °C) y en Cabo San Lázaro (18 °C). *R. nasutus* fue la segunda especie con mayor abundancia y se distribuyó únicamente cerca de la costa entre Bahía Magdalena y Punta Márquez en aguas de 18 °C (Fig. 19.3). *E. bungii californicus* ocupó el tercer lugar por su abundancia y se distribuyó alrededor de Isla Cedros y Punta Eugenia donde las aguas tuvieron TSM de 17 °C, frente a Bahía San Cristóbal y al norte de Punta Abrejos (Fig. 19.2). *C. bipinnata* fue la menos abundante y se distribuyó mar adentro desde Bahía San Cristóbal hasta cerca de la costa en Bahía Magdalena (Fig. 19.4), donde se encontró su máxima abundancia (18 °C).

Noviembre de 1986

La TSM varió para este mes de 20 °C a 26.4 °C de Punta Eugenia a sur de Bahía Magdalena.

*C. pacificus* fue la especie más abundante y la más ampliamente distribuida desde Punta Eugenia hasta Bahía Magdalena (Fig. 20.1), encontrándose su mayor abundancia al norte de Cabo San Lázaro (23 °C). *E. bungii californicus* fue la segunda especie más abundante y se distribuyó desde Bahía San Cristóbal hasta Bahía Magdalena (Fig. 20.2), su punto de máxima abundancia fue en Cabo San Lázaro (24 °C). *C. bipinnata* se encontró en la zona frente a la boca de Bahía Magdalena, en donde se registró una TSM de 25 °C (Fig. 20.4). Por último, *R. nasutus* se distribuyó alejada de la costa frente a Punta Abrejos (Fig. 20.3), en aguas con temperaturas de aproximadamente 21 °C.

Julio de 1987

La TSM mínima fue de 15.5 °C frente a Bahía San Cristóbal y la máxima fue de 27 °C al norte de Punta Márquez (Tabla 4).

La especie más abundante del crucero fue *C. pacificus* y se distribuyó en San Hipólito y frente a Bahía San Juanico (Fig. 21.1), encontrándose su zona de mayor abundancia en San

Hipólito (17 °C). *R. nasutus* fue la segunda especie más abundante y tuvo una distribución similar a la de la especie anterior (Fig. 21.3) y su máxima abundancia se registró entre Punta Abreojos y Bahía San Juanico con una TSM de entre 21 y 22 °C. Por último *E. bungii californicus* se distribuyó al sur de Bahía Magdalena (Fig. 21.2), donde la TSM fluctuó entre los 24 y 26 °C. *C. bipinnata* no se encontró en este mes (Tabla 5).

Octubre de 1987

La TSM registrada varió de los 21 °C Bahía Sebastián Vizcaíno a los 29 °C frente a la boca de Bahía Magdalena.

La especie más abundante fue *C. pacificus* distribuyéndose desde Punta Eugenia hasta Bahía San Juanico y al sur de Bahía Magdalena (Fig. 22.1), la zona de mayor abundancia estuvo cercana a la costa al norte de Bahía San Juanico (26.5 °C). La segunda especie más abundante fue *E. bungii californicus* y se distribuyó más ampliamente desde San Hipólito hasta el sur de Bahía Magdalena (Fig. 22.2). La máxima abundancia se encontró en Bahía San Juanico en aguas con temperatura alrededor de 27 °C. *C. bipinnata* sólo se encontró cerca de la costa entre San Hipólito y Punta Abreojos (Fig. 22.4), donde hubo una TSM de 25 °C. *R. nasutus* tuvo una baja abundancia y se distribuyó únicamente en Punta Eugenia, mar adentro frente a Bahía San Juanico y Punta Márquez (Fig. 22.3).

Julio de 1988.

La TSM mínima fue de 17.5 °C, la que fue registrada al norte de Bahía San Sebastián Vizcaíno, en contraste la máxima registrada fue de alrededor de 31 °C (la máxima de todo el período de estudio, Tabla 4) ubicada en el extremo sur de la península de Baja California.

La especie de mayor abundancia fue *C. pacificus* distribuyéndose desde Punta Baja hasta Bahía Magdalena (Fig. 23.1), el lugar de mayor abundancia se presentó en Cabo San Lázaro donde se registraron TSM entre 20 y 21 °C. *R. nasutus* fue la segunda especie más importante por su abundancia, distribuyéndose en Punta Baja, con baja abundancia en el área entre Bahía San Hipólito hasta Cabo San Lázaro y al sur hasta los Cabos, encontrándose su mayor abundancia en Punta Baja.(Fig. 23.3) con una TSM de 20 °C aproximadamente. *E. bungii californicus* fue la tercera especie de mayor abundancia y

solamente se encontró en Punta Baja (Fig. 23.2). *C. bipinnata* fue la especie menos abundante y también se ubicó solamente en el área de Punta Baja (Fig. 23.4).

Punta Baja fue una zona en la que coincidieron en su distribución las 4 especies en estudio.

Junio de 1989

La TSM registrada fluctuó entre los 15.8 °C entre San Hipólito y Punta Abreojos y los 23.7 °C en el sur del área de Los Cabos.

La especie más abundante fue *C. pacificus* se distribuyó desde San Hipólito hasta Punta Márquez y tuvo su mayor abundancia en el extremo sur de la boca de Bahía Magdalena (Fig. 24.1), donde hubo una TSM de 18 °C aproximadamente. La segunda especie más abundante fue *R. nasutus* la que se distribuyó entre Bahía Magdalena y Los Cabos, su mayor núcleo de abundancia fue mar adentro frente a Punta Márquez (Fig. 24.3), donde hubo temperaturas del orden de los 21 °C. *C. bipinnata* fue la tercera especie más importante por su abundancia y se encontró mar adentro frente a Punta Márquez (Fig. 24.4) donde el agua tuvo una TSM de 21 °C. *E. bungii californicus* fue la especie menos abundante y se distribuyó cerca de la costa de Punta Márquez (Fig. 24.2) con una TSM de 21.5 °C. En este mes se registró la menor abundancia para ésta especie en todo el período de estudio (Tabla 5). Entre Bahía Magdalena y Punta Márquez se distribuyeron las 4 especies de estudio en este mes.

Septiembre de 1991

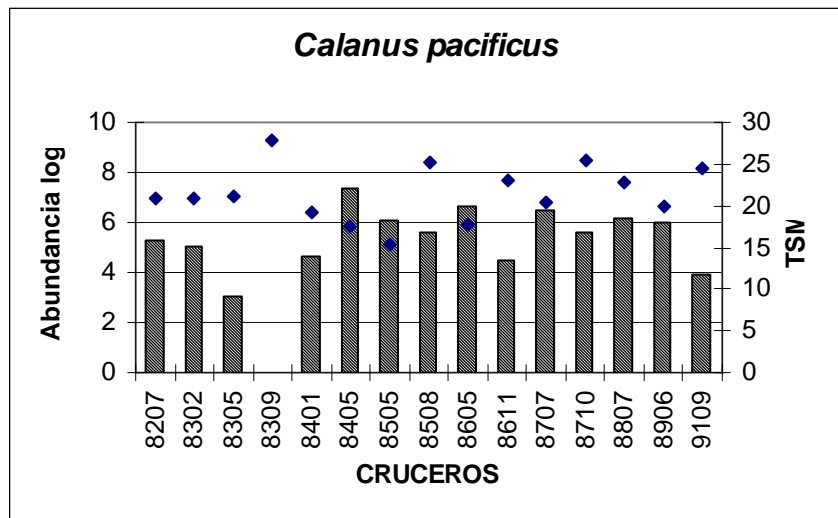
En esta campaña se registró una TSM mínima de 20 °C a la altura de Punta Eugenia y una máxima de 29 °C (Tabla 4) a la altura de Los Cabos.

*C. pacificus* fue la especie de mayor abundancia y se distribuyó mar adentro principalmente, desde Bahía San Cristóbal hasta Los Cabos (Fig. 25.1). Su núcleo de mayor abundancia fue mar adentro frente a San Hipólito con una TSM 22 °C. *E. bungii californicus* fue la segunda especie dominante por su abundancia y se localizó principalmente cerca de la costa de Bahía San Juanico (Fig. 25.2) con una TSM 26 °C, con algunos registros frente a Bahía Magdalena y ya alejada de la costa hacia el sur frente a Los Cabos. *R. nasutus* fue la tercera especie importante por su abundancia y se encontró principalmente frente a la boca de Bahía Magdalena (Fig. 25.3) con una TSM de 27 °C.

*C. bipinnata* se distribuyó muy alejada de la costa a la altura de Punta Abreojos (Fig. 25.4) siendo la especie menos abundante en este mes (Tabla 5).

### VARIACIÓN TEMPORAL DE LA ABUNDANCIA

*C. pacificus* presentó sus valores máximos de abundancia a lo largo del periodo de estudio en los meses de mayo-junio (primavera) y en julio (verano) (Fig.6.1). En mayo de 1984 se registró la máxima abundancia del periodo de estudio. *R. nasutus* presentó también en primavera y verano sus niveles más altos de abundancia y en mayo de 1985 se registró su valor máximo (Fig. 6.2). Para *E. bungii californicus* su máxima abundancia se obtuvo en febrero de 1983 (Fig. 6.3) y para *C. bipinnata* en agosto de 1985 (Fig. 6.4).



**Figura 6.1.** Abundancia total de *C. pacificus* por campaña oceanográfica. Las barras representan la abundancia total de la especie y los rombos la media de la TSM por crucero.

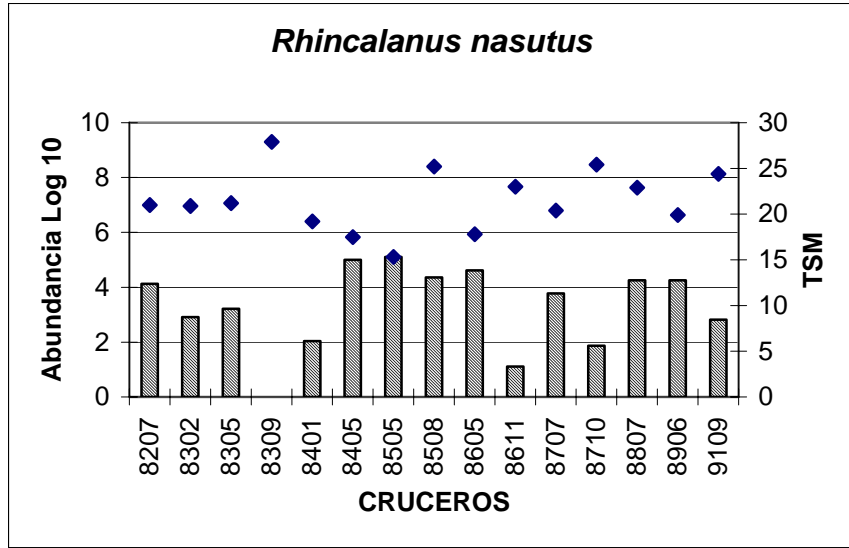


Figura 6.2. Abundancia total de *R. nasutus* por campaña oceanográfica.

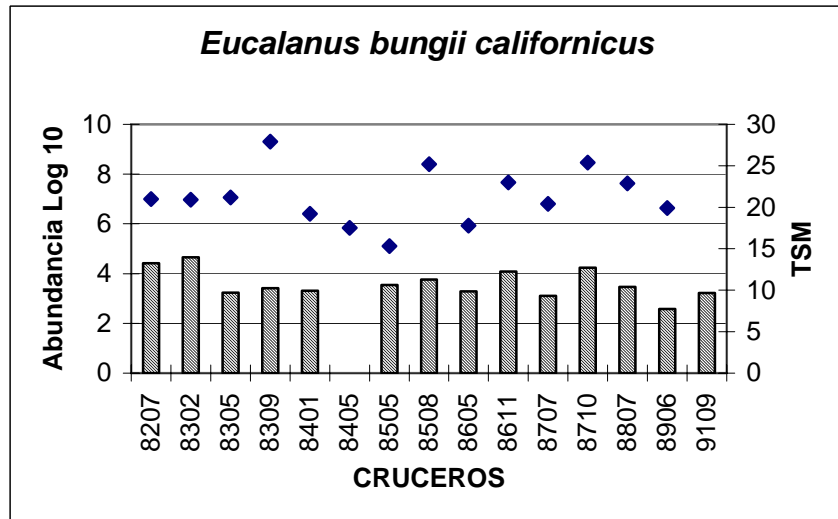


Figura 6.3. Abundancia total de *E. bungii californicus* por campaña oceanográfica.

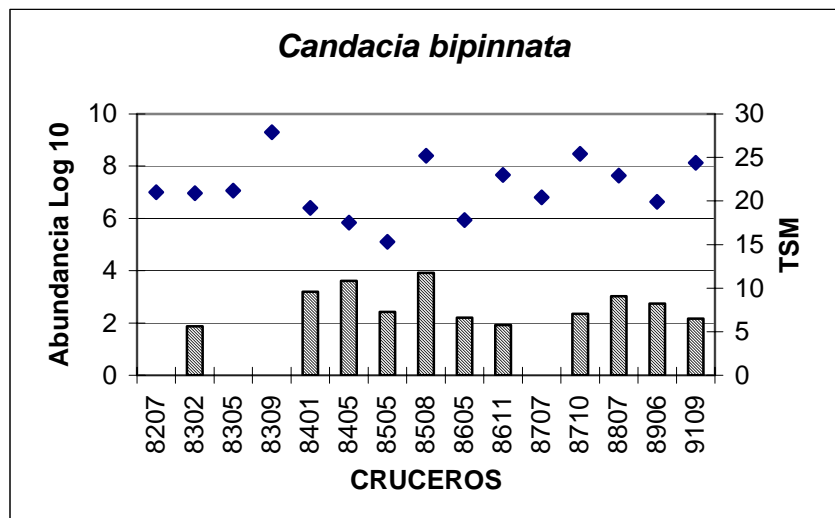


Figura 6.4. Abundancia total de *C. bipinnata* por campaña oceanográfica. Costa Occidental de Baja California Sur.

#### ***ANOMALIAS DE ABUNDANCIAS Y EFECTOS DE LA TSM***

##### *Calanus pacificus*

Fue la especie más abundante y la de mayor distribución espacial, al encontrarse en todos los cruceros, excepto en septiembre de 1983 por lo que en este mes se estima la mayor anomalía negativa del periodo de estudio seguida de la de mayo de 1983 (Fig. 7.1). En mayo de 1984 se registró la máxima anomalía positiva debida a un incremento significativo de la abundancia. Se observan otros dos puntos de anomalías positivas en mayo de 1986 y en julio de 1987 (Fig. 7.1).

##### *Rhincalanus nasutus*

Fue la segunda especie más importante por su abundancia y distribución. Tuvo un incremento de abundancia de mayo de 1984 a mayo de 1985, el cual es visible en las anomalías positivas (Fig. 7.2). Posteriormente, tuvo sólo un pequeño incremento en mayo de 1986. En los demás meses se encontró al nivel o por debajo del valor promedio de abundancia; la anomalía negativa máxima se estimó en noviembre de 1986.



*Eucalanus bungii californicus*

Fue la tercera especie importante por su abundancia y distribución. Se registraron dos máximos de anomalías positivas en julio de 1982 y en febrero de 1983 y las negativas fueron en mayo de 1984 y en junio de 1986 (Fig. 7.3).

*Candacia bipinnata*

Fue la especie de menor abundancia, distribución espacial y frecuencia de aparición en los cruceros analizados. No se registró su presencia en julio de 1982, mayo y septiembre de 1983 y en julio de 1987 (Tabla 5). Se registraron valores positivos de anomalías en enero y mayo de 1984, seguidas de una disminución notoria en mayo de 1985, seguida de un incremento máximo en agosto de 1985 (Fig. 7.4).

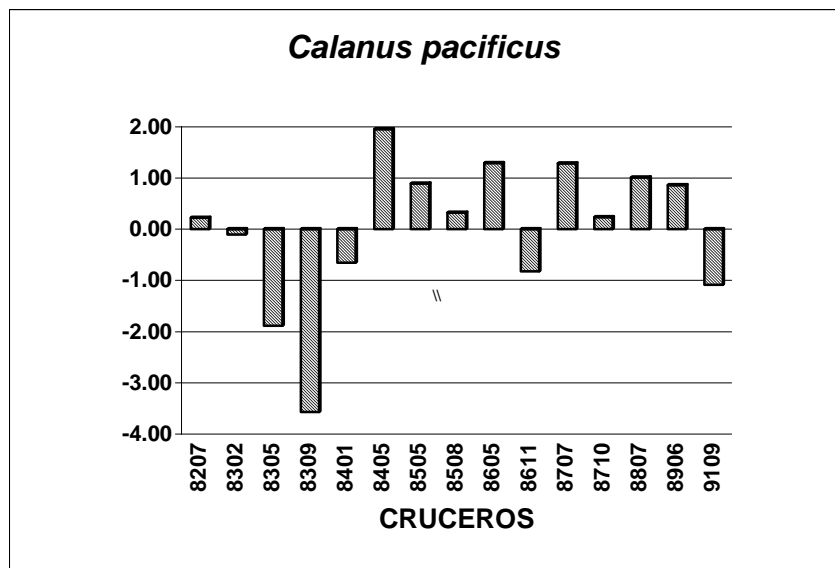


Figura 7.1. Anomalías de la abundancia de *C. pacificus*

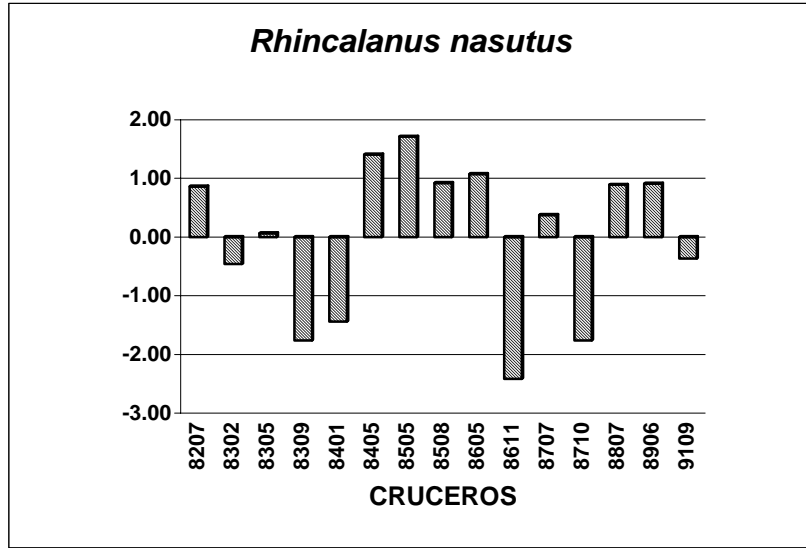


Figura 7.2. Anomalías de la abundancia de *R. nasutus*

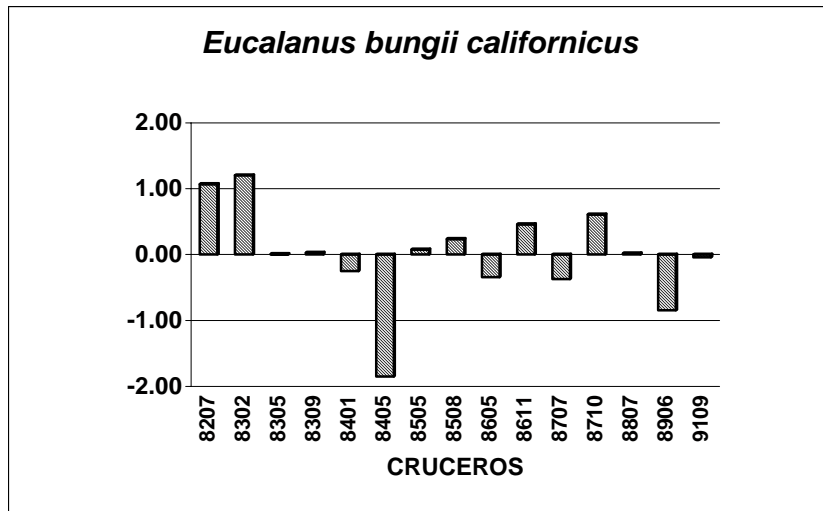


Figura 7.3. Anomalías de la abundancia de *E. bungii californicus*

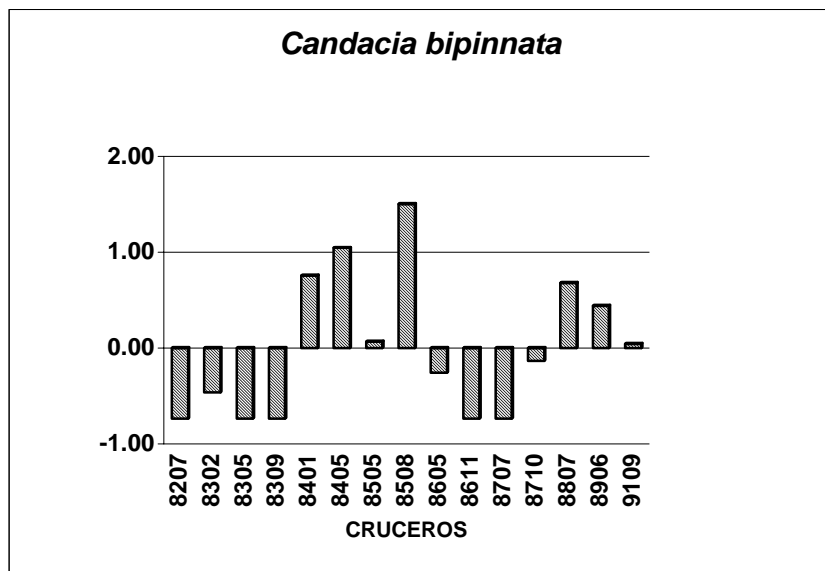


Figura 7.4. Anomalías de la abundancia de *C. bipinnata*

**COMPARACION DE LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES ENTRE AÑOS EL NIÑO 1982-1983, 1986-1987 Y AÑOS NO-EL NIÑO”.**

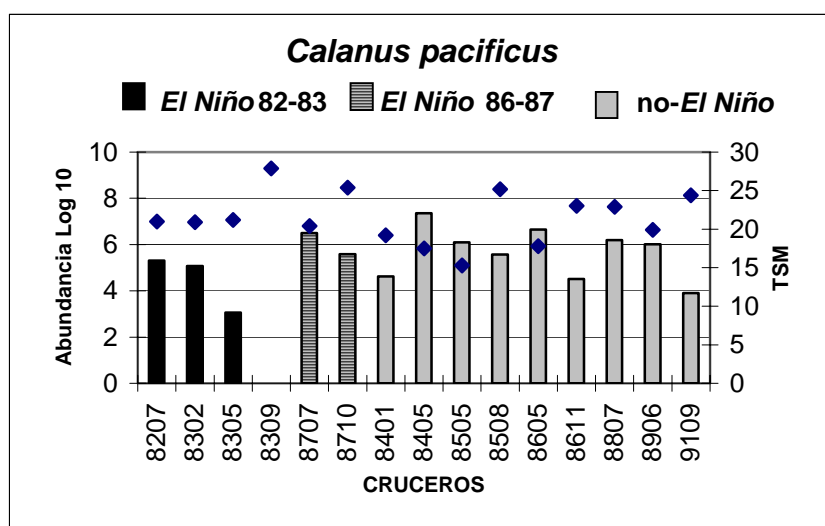
*C. pacificus* y *R. nasutus* tuvieron una disminución de abundancia durante los eventos *El Niño* de 1982-1983 y 1986-1987 (Fig. 8.1 y 8.2), en tanto que para *E. bungii californicus* no se apreciaron diferencias de la abundancia entre estos eventos y la de los años no-*El Niño* (Fig. 8.3). *C. bipinnata* se encontró en todos los cruceros no-*El Niño* mientras que en las campañas oceanográficas realizadas durante los eventos *El Niño* solo se encontró en dos de seis cruceros (Fig. 8.4).

Por medio de la comparación estadística de la abundancia de la *C. pacificus* ( $p < 0.05$ ,  $F_{668} = 8.32$ ), *R. nasutus* ( $p < 0.05$ ,  $F_{668} = 2.29$ ) y *E. bungii californicus* ( $p < 0.05$ ,  $F_{668} = 15.55$ ) en los eventos de *El Niño* y no-*El Niño*, se detectaron diferencias significativas en la abundancia entre estos periodos, lo que no sucedió en el caso de *C. bipinnata* ( $p > 0.05$ ,  $F_{668} = 4.20$ ).

**COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES ENTRE EVENTOS EL NIÑO 1982-1983 Y EL NIÑO 1986-1987.**

Los cruceros oceanográficos realizados en meses de *El Niño* 1982-1983 fueron el 8207, el 8302, 8305 y el 8309 (Tabla 2). Y los realizados en *El Niño* 1986-1987 fueron el 8707 y el 8710 (Tabla 2).

*C. pacificus* mostró un impacto negativo mayor en la abundancia en el *El Niño* 1982-1983 comparado con 1986-1987 (Fig. 8.1). *R. nasutus* al contrario de la especie anterior, presentó una disminución mayor de abundancia durante *El Niño* 1986-1987 que el de 1982-1983 (Fig. 8.2). *E. bungii californicus* no presentó diferencias significativas en la abundancia entre ambos eventos *El Niño* (Fig. 8.3). *C. bipinnata* presentó una mayor disminución en su abundancia en 1982-1983 en comparación con el de 1986-1987 (Fig. 8.4).



**Figura 8.1.** Abundancia de *C pacificus* por campañas en años *El Niño* 82-83, *El Niño* 86-87 y no-*El Niño*. Las barras representan la abundancia total de la especie y los rombos la media de la TSM por crucero.

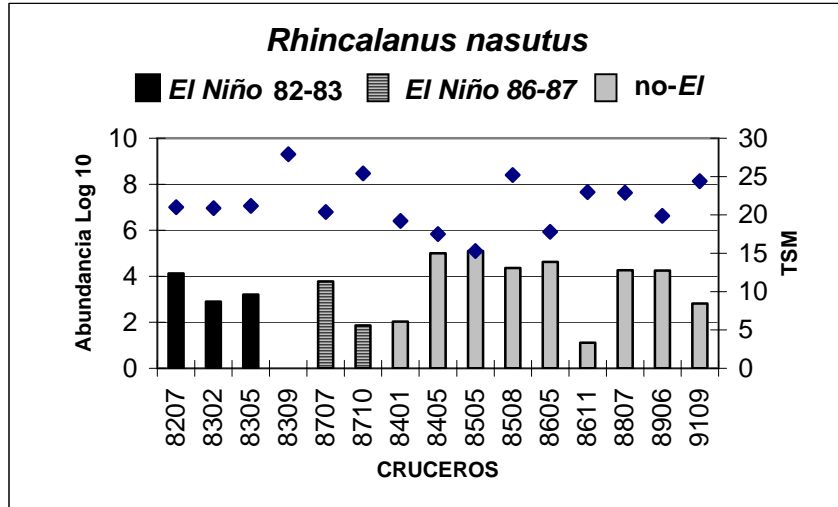


Figura 8.2. Abundancia de *R. nasutus* por campañas en años *El Niño* 82-83, *El Niño* 86-87 y no-*El Niño*.

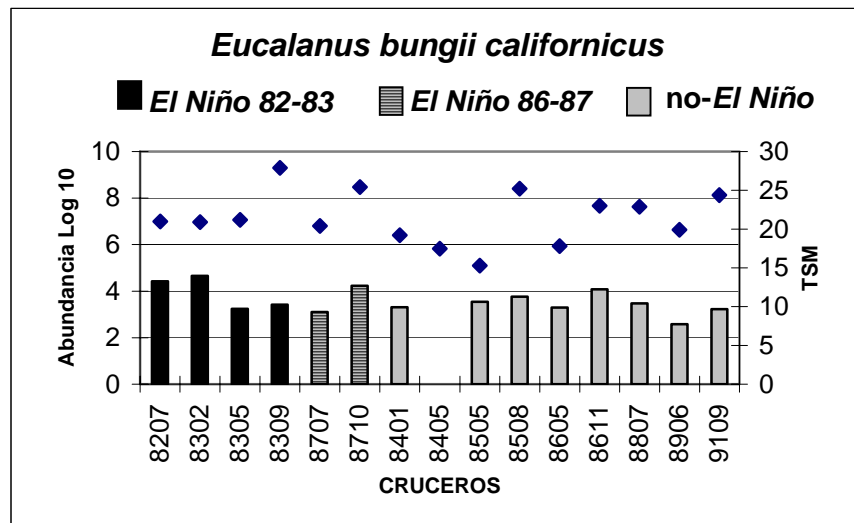


Figura 8.3. Abundancia de *E. bungii californicus* por campañas en años *El Niño* 82-83, *El Niño* 86-87 y no-*El Niño*.

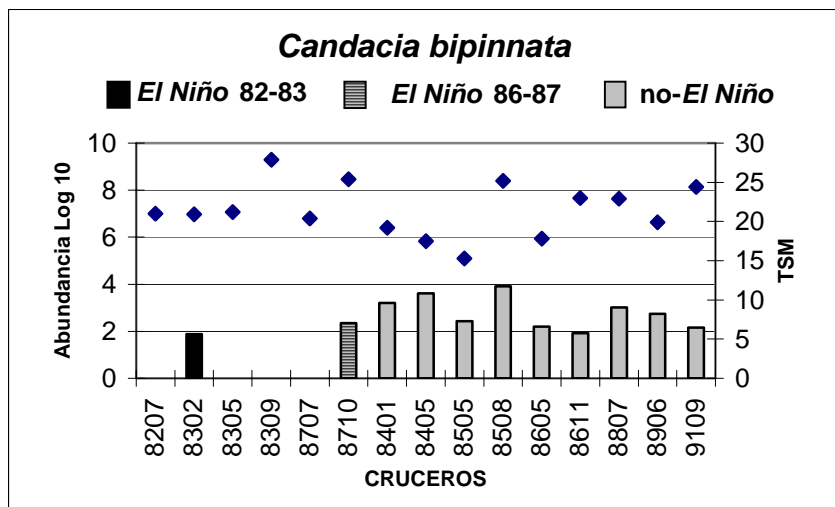
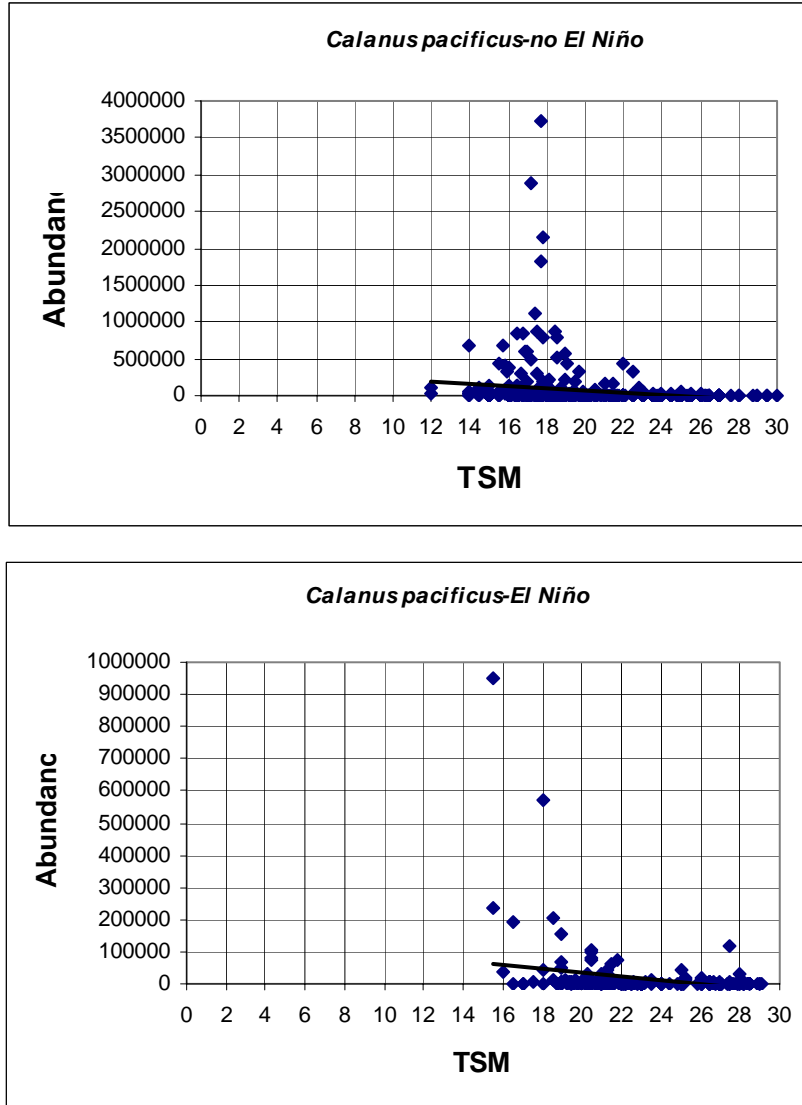


Figura 8.4. Abundancia de *C. bipinnata* por campañas en años *El Niño* 82-83, *El Niño* 86-87 y no-*El Niño*.

La abundancia de *C. pacificus* durante los cruceros no-*El Niño* se presentó en niveles de más de  $3 \cdot 10^6$  de organismos. $1000 \text{ m}^{-3}$  entre 15 y 20 °C. Se observaron las mayores concentraciones ente 17 y 18 °C y la TSM explicó solo el 3.1% de la variación de la abundancia, ya que ésta se encontró entre 500 mil y un millón de individuos a lo largo del intervalo térmico registrado (Fig. 9.1).

La abundancia encontrada para esta especie durante los cruceros *El Niño*, fue abatida a menos de 100 000 organismos. $1000 \text{ m}^{-3}$  entre 20 y 29 °C. Escasos núcleos de alta abundancia en el intervalo de 15 a 20 °C (Fig. 9.1). La temperatura del agua explicó el 7.5 % de los cambios de abundancia observados. Se encontraron diferencias significativas entre las abundancias durante *El Niño* 82-83 y *El Niño* 86-87 ( $p < 0.05$ ,  $F_{239} = 10.52$ ).

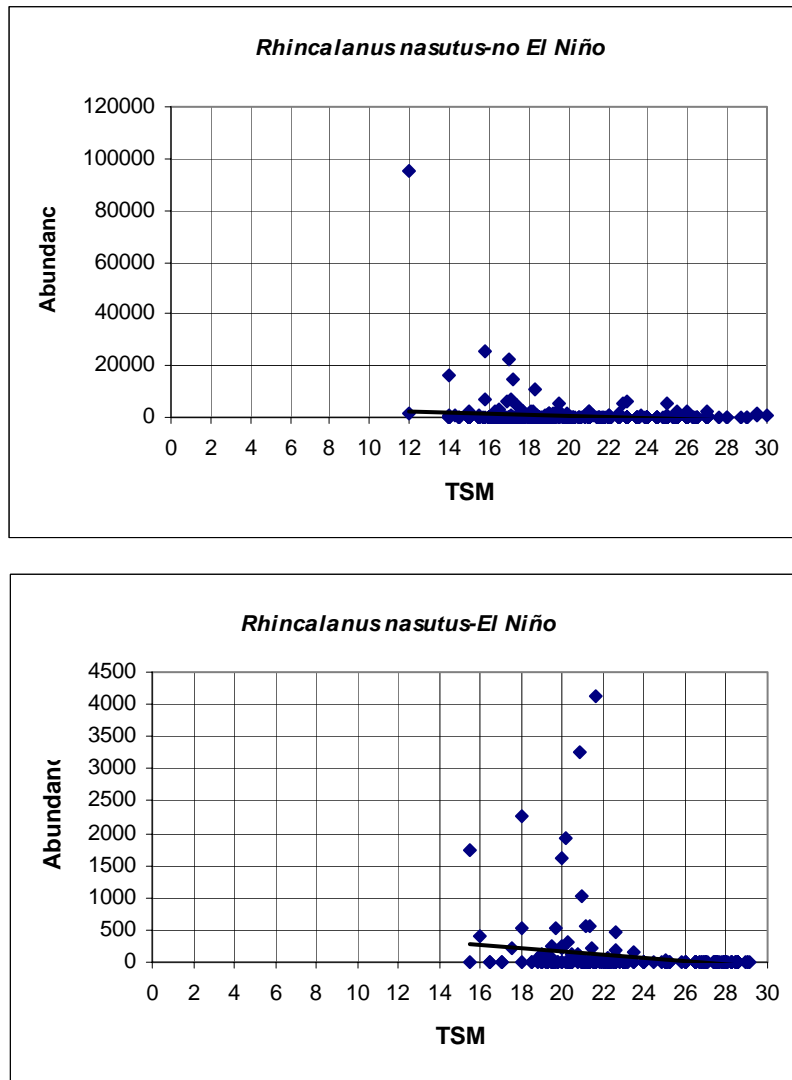


**Figura 9.1.** Dispersión de datos de la abundancia de *Calanus pacificus* y su relación con la TSM de los cruceros no-*El Niño* y *El Niño*.

La abundancia de *R. nasutus* durante los cruceros *no-El Niño*, fue de más de 20,000 organismos.  $m^{-3}$  entre los 12 y 17 °C (Fig. 9.2). Sin tendencia aparente de variación por efecto de TSM, al explicar solo el 2.4% de los cambios en el nivel de abundancia, a lo largo del intervalo térmico en que la especie fue encontrada.

La abundancia durante los periodos *El Niño*, disminuyó a menos de 4000 organismos.  $1000 m^{-3}$  y se encontró el núcleo principal entre 15 y 21 °C, con tendencia a reducirse a partir de los 22 °C de TSM (Fig. 9.2). Los cambios de abundancia observados son explicados en un

4.1% por efecto de la temperatura. No se detectaron diferencias significativas entre las variancias de las abundancias entre los cruceros *El Niño* 82-83 y *El Niño* 86-87 ( $p>0.05$ ,  $F_{239}=1.04$ ).

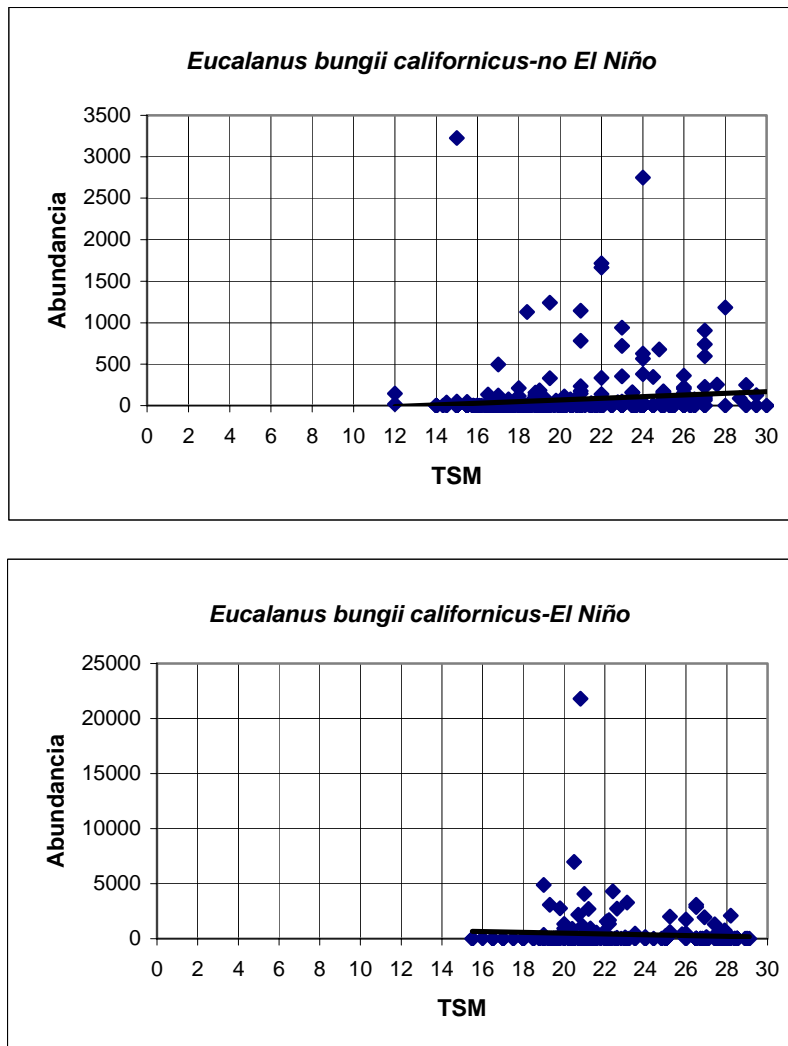


**Figura 9.2.** Dispersión de datos de la abundancia de *Rhinocalanus nasutus* y su relación con la TSM de los cruceros no-*El Niño* y *El Niño*.

La abundancia de *E. bungii californicus* en los cruceros no-*El Niño*, fue de 3000 individuos aproximadamente, distribuida entre los 12 y 28 °C (Fig. 9.3); sin tendencia aparente de variación causada por la temperatura del agua, ya que ésta solo explica el 1.6 de los cambios de la abundancia. En contraste, durante los cruceros *El Niño*, la mayor abundancia



se registró entre los 20 y 22 °C, mayor a 5 000 organismos.1000 m<sup>-3</sup>, con tendencia a disminuir en agua con temperatura mayor a 22 °C (Fig. 9.3). No se encontraron diferencias significativas entre las abundancias durante *El Niño* 82-83 y *El Niño* 86-87 ( $p>0.05$ ,  $F_{239}=3.01$ )

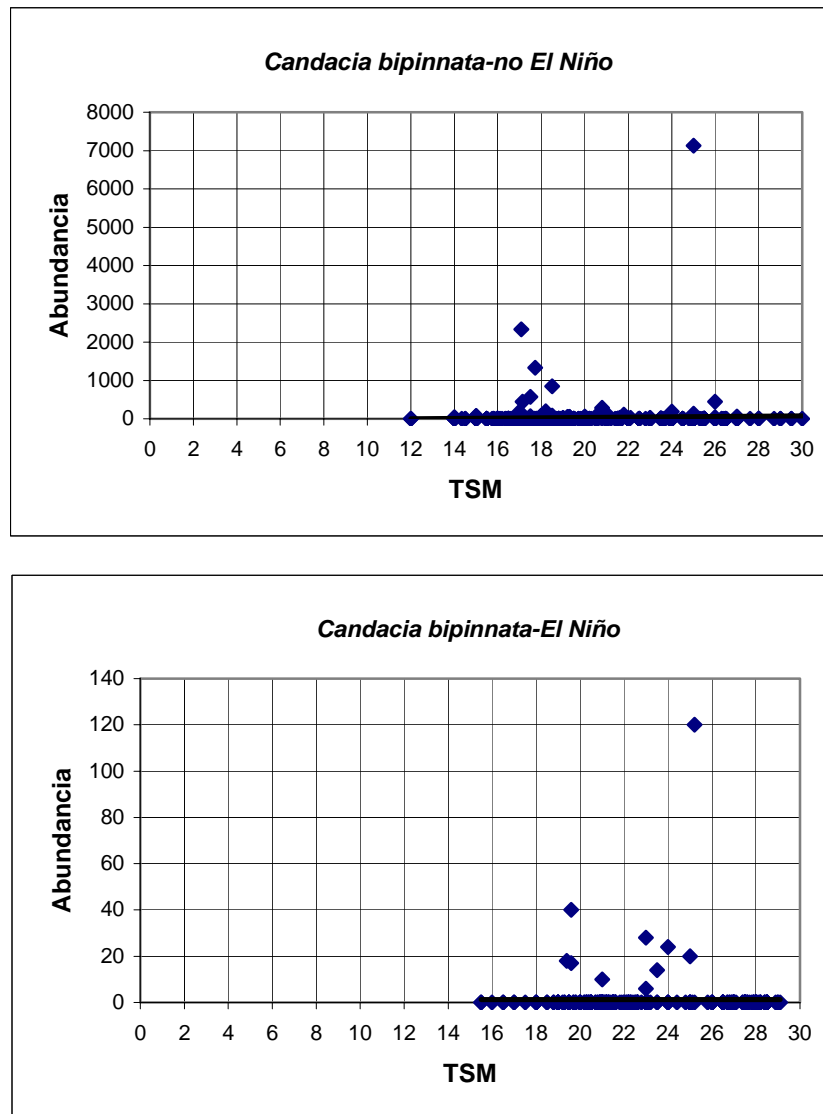


**Figura 9.3.** Dispersión de datos de la abundancia de *Eucalanus bungii californicus* y su relación con la TSM de los cruceros no-*El Niño* y *El Niño*.

La abundancia de *C. bipinnata* en los cruceros no-*El Niño*, fue de alrededor de 7 000 organismos.1000 m<sup>-3</sup>, y se concentró principalmente en aguas con temperatura entre 18-19 °C (Fig. 9.4). En general, la abundancia fue menor a 1 000 organismos.1000 m<sup>-3</sup>. No hubo un efecto significativo de TSM en la variación de la abundancia de la especie. Durante los

cruceros *El Niño*, se encontró una baja abundancia en general, con cambios mixtos entre 20 y 25 °C. No se observó relación estadística entre los cambios térmicos y la abundancia de la especie durante *El Niño* 82-83 y *El Niño* 86-87 ( $p > 0.05$ ,  $F_{239} = 2.01$ ).

Únicamente *C. pacificus* presentó diferencias significativas de su abundancia entre *El Niño* 82-83 y *El Niño* 86-87.

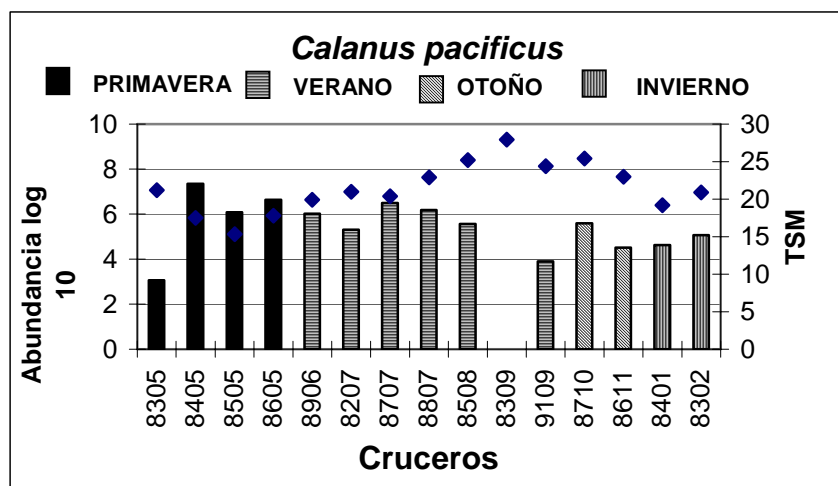


**Figura 9.4.** Dispersión de datos de la abundancia de *Candacia bipinnata* y su relación con la TSM de los cruceros no-*El Niño* y *El Niño*.

## COMPARACION ESTACIONAL DE LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES.

*C. pacificus* presentó mayor abundancia en primavera y verano (Fig. 10.1) al igual que *R. nasutus* (Fig. 10.2), en cambio *E. bungii californicus* mostró mayores valores en verano y en invierno (Fig. 10.3). *C. bipinnata* no presentó en ninguna estación del año un incremento significativo de abundancia (Fig. 10.4).

El análisis de variancia mostró diferencias significativas en la abundancia de *C. pacificus* ( $p < 0.05$ ,  $F_{1338} = 30.28$ ), *R. nasutus* ( $p < 0.05$ ,  $F_{1338} = 10.78$ ) y *E. bungii californicus* ( $p < 0.05$ ,  $F_{1338} = 21.48$ ) debidas a la época del año de recolecta. En cambio, para el caso de *C. bipinnata* no se detectó diferencia significativa por efecto de los cambios estacionales ( $p > 0.05$ ,  $F_{1338} = 3.49$ ).



**Figura 10.1.** Variación en la abundancia de *C. pacificus* de primavera a invierno. Las barras representan la abundancia total de la especie y los rombos la media de la TSM por crucero.

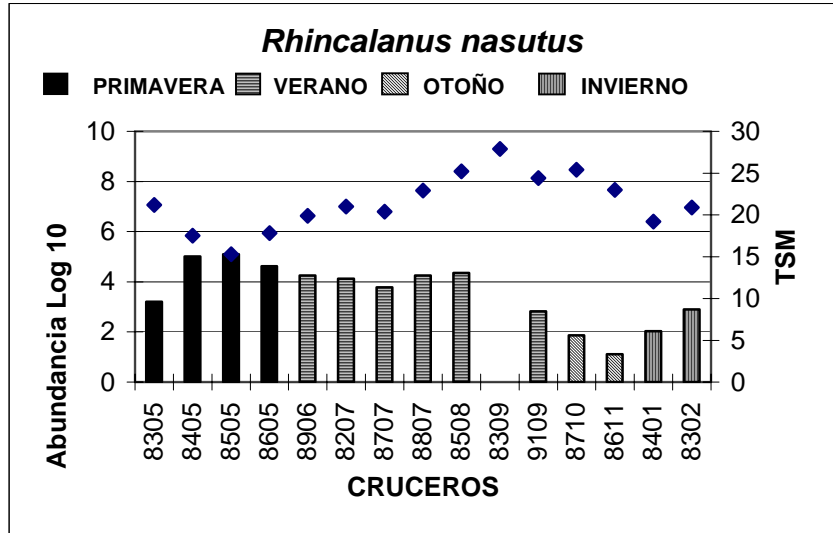


Figura 10.2. Variación en la abundancia de *R. nasutus* de primavera a invierno.

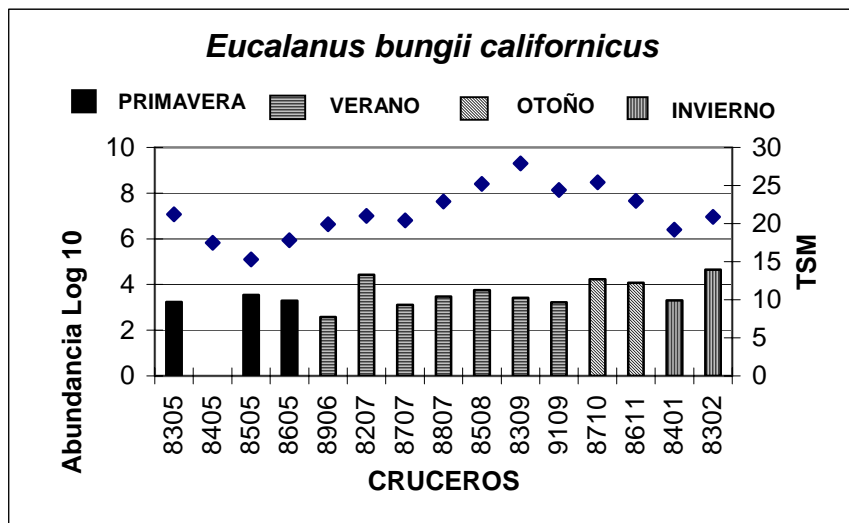


Figura 10.3. Variación en la abundancia de *E. bungii californicus* de primavera a invierno.

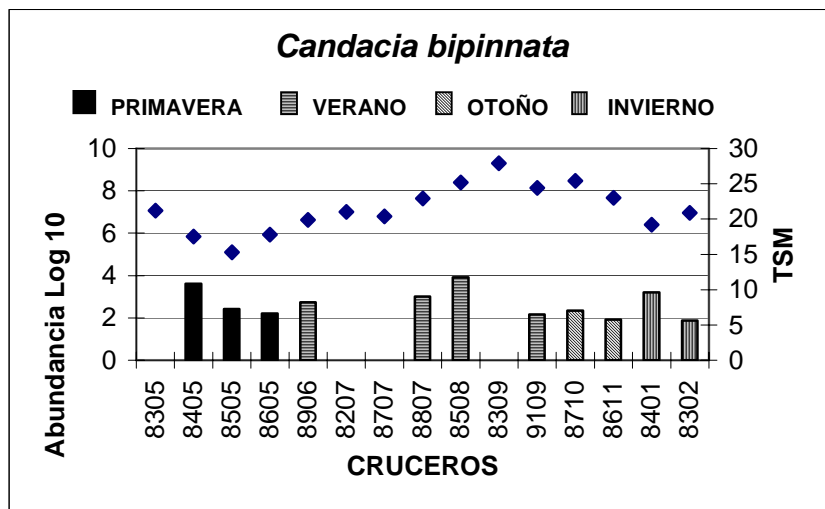


Figura 10.4. Variación en la abundancia de *C. bipinnata* de primavera a invierno.

## DISCUSIÓN.

### *DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA EN EL AREA DE ESTUDIO*

Confirmando lo reportado por Hernández-Trujillo *et al.* (2001) y Hernández-Trujillo y Esquivel-Herrera (1997), durante el periodo de análisis, *C. pacificus* fue la especie más abundante y con mayor distribución en el área de estudio.

Al comparar a *C. pacificus* y *R. nasutus* se observaron semejanzas en su distribución espacial, pero las áreas de máxima abundancia no coincidieron. La diferencia principal entre ellas estribó en que *C. pacificus* siempre fue más abundante que *R. nasutus*. Ambas especies no fueron registradas en zonas con TSM mayores a los 26 °C, lo que sugiere que éste sería el límite térmico para ambas especies, coincidiendo con los resultados obtenidos por Hernández-Trujillo *et al.* (2003) quienes marcan la isoterma de los 25 °C como límite de distribución de la especie.

*E. bungii californicus* fue ligeramente menos abundante que *R. nasutus*. Su distribución espacial mostró un patrón similar al de las especies anteriores, aunque no coincidió en la

zona en algunos meses, como en septiembre de 1983 (única especie) y en los meses de mayo. Nuevamente se observó que, en las áreas donde coincidían varias especies, geográficamente no se sobreponían sus centros de máxima abundancia. Podría identificarse a la isoterma de los 27 °C como el límite térmico para *E.bungii californicus* que aparentemente, fue la que presentó la mayor tolerancia a temperaturas elevadas. Ohman *et al.* (1998) encontraron que *C. pacificus* y *E. bungii californicus* co-ocurren espacialmente, en latitudes de California, lo que no se observó en este trabajo para las latitudes de Baja California Sur.

*C. bipinnata*, fue la especie menos frecuente, de menor abundancia y con una distribución espacial limitada durante el periodo de estudio. En agosto de 1985 (mes de máxima abundancia) su mayor concentración estuvo asociada a la isoterma de los 25 °C y en mayo de 1984 (segundo mes de mayor abundancia) a la de 17 °C. Tomando en cuenta ésta situación, es posible suponer que para ésta especie deben ser otros los factores ambientales quienes promovieron la variación y no principalmente la TSM, aunque no se distribuyó en aguas con temperatura superior a los 25 °C.

En este esquema de variabilidad resaltan las regiones geográficas donde co-ocurrieron las cuatro especies, principalmente Bahía San Cristóbal, la zona entre San Hipólito y Punta Abrejos, la zona de Bahía San Juanico y alrededor de Bahía Magdalena; estas localidades son conocidas por áreas de surgencias al observarse fuertes gradientes térmicos océano-costa (Gómez-Gutiérrez *et al.*, 1995).

### **COMPARACION DE LA DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA**

La única referencia que existe para la zona de estudio sobre la distribución y abundancia de copépodos calanoides es la de Fleminger (1967), quién publicó un Atlas de Distribución de copépodos, el que incluye aguas mexicanas en la década de los 1950. Además, los únicos cruceros del programa CalCOFI que han sido analizados en un área geográfica tan vasta como lo es de los 50 °N a 22 °N son los del autor arriba señalado. Otro aspecto interesante

para ésta comparación intercruceros es el hecho de que, los CalCOFI fueron realizados durante un evento *El Niño* ocurrido a fines de los años 50' s y algunos de los efectuados por el CICIMAR, se llevaron a cabo durante *El Niño* 1982-1983 y 1986-1987.

Al comparar la distribución y abundancia de las cuatro especies objeto de esta investigación con la que tuvieron en los cruceros CalCOFI (Fleminger, 1967; Tabla 6) se encontró que en el caso de *C. pacificus*, al comparar julio de 1958 con julio de 1987, la especie estuvo distribuida alrededor de Punta Eugenia. Pero en los años 80's, se observó una distribución más sureña que la encontrada en los 50's; sin embargo los niveles de abundancia fueron similares (entre 50 000 y 400 000 org.m<sup>-3</sup>) (Anexos I y II).

**Tabla 6.** Cruceros CalCOFI y CICIMAR.

<b>CRUCEROS CalCOFI</b>	<b>CRUCEROS CICIMAR</b>
30 Junio-22Julio 1958	Julio 1982, 10-17 Julio 1987, 24Julio-5 Agosto 1988
8 Octubre-6 Noviembre 1958	9-16 Octubre 1987
7-29 Enero 1959	20-27 Enero 1984

Para octubre de 1958, la distribución más sureña reportada por Fleminger (1967) coincidió con la que en octubre de 1987 se observó para la especie; sin embargo la abundancia encontrada se incrementó en 1987 de los 5 000 organismos. m<sup>-3</sup> a mas de 300 000 org.m<sup>-3</sup>. Por último, en enero de 1959, la distribución en la zona de estudio fue muy semejante a la de enero de 1984 e incluso la abundancia estimada se mantuvo con valores de 50 000 org.m<sup>-3</sup> para ambos cruceros (Anexos I y II).

En el caso de *R. nasutus* al comparar julio de 1958 con julio de 1982 y 1987, la distribución espacial estuvo más limitada en 1982 a la altura de Bahía Magdalena y en 1987 al norte en Bahía San Cristóbal y frente a Bahía San Juanico, pero la abundancia fue hasta cuatro veces mayor a la estimada por Fleminger (1967). En octubre de 1988 la distribución y la abundancia entre los cruceros CalCOFI y CICIMAR fueron similares.

En octubre de 1987 se registró una distribución espacial más limitada frente a Bahía San Juanico que en octubre de 1958, aunque la abundancia en ambos casos fue de entre 50 y 70 org.m<sup>-3</sup>. En enero de 1984 se presentó una distribución más limitada frente a Punta Abrejos en 1959, pero la abundancia en 1958 fue de menos de 50 org.m<sup>-3</sup> y en 1984 fue de 107 org.m<sup>-3</sup> (Anexos I y II).

Para *E. bungii californicus* en julio de 1958, Fleminger (1967) reportó la distribución espacial de la especie hasta Bahía San Juanico (que es hasta donde llegó la red de estaciones de muestreo) pero mar adentro y con baja abundancia (1 a 49 org.m<sup>-3</sup>), mientras que en julio de 1982 apareció sólo al norte de Punta Márquez e incrementó su abundancia (a más de 25 000 org.m<sup>-3</sup>); en julio de 1987 se encontró también al norte de Punta Márquez pero su abundancia disminuyó de 26 390 a 1276 org.m<sup>-3</sup> en comparación a julio de 1982 aunque siguió siendo mayor la abundancia que lo reportado en julio de 1958. En julio de 1988 se ubicó solo en Punta baja y con abundancia de 2938 org.m<sup>-3</sup>, también mayor que la reportada en julio de 1958.

En general puede decirse que en el mes de julio, *E. bungii californicus* esta dispersamente distribuida y escasamente abundante en la zona de estudio. Para octubre de 1958 no hubo registro de la especie en la zona estudiada, sin embargo en octubre de 1987 apareció distribuida cerca de la costa desde San Hipólito hasta Bahía Magdalena y con una abundancia de 17 195 org.m<sup>-3</sup> (Anexos I y II) .

En enero de 1984, solo se encontró a la altura de Punta Eugenia, lo cual fue semejante a lo obtenido en enero de 1959, cuando su distribución espacial mas sureña fue en esa localidad. Respecto a *C. bipinnata* la especie no fue registrada en julio de 1982 y 1987, por lo que julio de 1958 solo se comparó con julio de 1988. En 1958 se encontró a la especie hasta Bahía San Juanico, mientras que en 1988 sólo se encontró en Punta Baja con un incremento en la abundancia de 100%, respecto a 1958.

En octubre de 1987 solamente se encontró cerca de la costa de Punta Abrejos mientras que en octubre de 1958 se encontró hasta Los Cabos, y en abundancia similar. En enero de



1959 se registró nuevamente hasta Los Cabos mientras que en 1984 la distribución estuvo limitada frente a San Hipólito, pero la abundancia se incrementó en un 200% aproximadamente. Toda esta información permite inferir que *C. bipinnata* ha visto disminuida su distribución espacial pero incrementado su abundancia en la zona de estudio de los años 50's a los años 80's.

Al comparar el gradiente de distribución de la abundancia de las especies, se observó que *C. pacificus* y *R. nasutus* mostraron un clinal de mayor a menor concentración de la costa hacia mar adentro (Oeste-Este); en tanto *E. bungii californicus* y *C. bipinnata* mostraron un gradiente Norte-Sur, por lo que pudieran existir diferencias significativas para éstas especies en su abundancia por efecto de la latitud.

De acuerdo al análisis de la distribución de las especies entre los cruceros realizados por el CICIMAR en la década de los 80's y los de CalCOFI en los 50's, se encontró que *C. pacificus* y *R. nasutus* se han mantenido sin cambios importantes en su distribución y abundancia, lo que es coincidente con lo observado por Mullin (1998) en las costas de California y Oregon, quien concluye que *C. pacificus* no se ve afectado en su abundancia por causa de cambios interdecadales del medio, y que ésta especie es un componente de relativa constancia dentro de la biomasa del zooplancton. Por otro lado, Rebstock (2001) señala que las especies dominantes de copépodos calanoides del área marina entre Los Angeles y San Diego en California, se mantienen estables interdecadalmente a pesar del cambio ocurrido en 1976-1977 y los eventos de calentamiento *El Niño*.

*R. nasutus* y *C. bipinnata* se encuentran presentes en ambos litorales de México, según reportan Hernández-Trujillo y Esqueda-Escárcega (2002). Asimismo, Bradford-Grieve (1994) reporta a *R. nasutus* como una especie ampliamente distribuida en todos los océanos de ambos hemisferios, siendo su distribución superficial en aguas subtropicales y subantárticas y que en el Ecuador se distribuye en aguas profundas (>1000m); también Bradford-Grieve (1999), considera que *C. bipinnata* es una especie epi-mesopelágica que ha sido reportada en todas las regiones tropicales y subtropicales de todos los océanos. Con base en lo anterior y por el hecho de que *C. bipinnata* fue menos abundante que las otras

tres especies en la zona de estudio, y que la variación de la temperatura del mar no tuvo efecto significativo sobre su distribución y abundancia, de modo similar a *R. nasutus*, puede deducirse que estas dos especies no debieran considerarse como de afinidad biogeográfica transicional. No obstante, hasta recopilar más información en distintas épocas del año en la zona de Baja California, la clasificación de transicional debe tomarse con cautela.

Por otro lado, al considerar la temperatura del mar en la cual se encontró distribuida con mayor abundancia *Rhincalanus nasutus*, podría ubicarse a esta especie como de afinidad biogeográfica “templada”. En el caso de *Candacia bipinnata* por su frecuencia de aparición a lo largo del periodo y área estudiados, así como por el intervalo de temperatura que se encontró, podría clasificarse como “subtropical”.

### **RELACION TSM-ABUNDANCIA**

Debido principalmente a las surgencias, en primavera y en verano se registraron los menores valores de TSM (Chelton *et al.*, 1982) y la abundancia de *C. pacificus* se incrementó al máximo, para luego disminuir en las siguientes épocas del año al incrementarse la TSM. El resultado de este trabajo concuerda con lo obtenido por Hernández Trujillo *et al.* (2001); y Cervantes-Duarte y Hernández-Trujillo (1989), quienes encontraron que la abundancia de esta especie se incrementó de invierno a primavera para posteriormente disminuir en otoño, encontrando diferencias significativas de su abundancia entre las épocas del año. Hernández Trujillo *et al.* (2001) no encontraron diferencias significativas en la abundancia para *C. pacificus* entre latitudes pero si entre épocas del año. Por otro lado, Rebstock (2003) menciona que *C. pacificus* y *R. nasutus* en la cuenca de California, se desplazan a mayores profundidades en invierno, lo que colocaría a sus poblaciones fuera del alcance del muestreo. De igual modo, Ohman *et al.* (1998), observaron que éstas especies en el área sur de California “hibernan” a profundidades de 300-400 m y no realizan migración vertical diurna en esa época, (excepto *R. nasutus* del que obtuvieron algunos ejemplares en las recolectas superficiales). Para el mes de junio,

estos autores encontraron ambas especies tanto de día y como de noche entre los 0 y 50 m de profundidad.

*R. nasutus* tuvo máximas abundancias en primavera con TSM bajas, y conforme esta fue aumentando, disminuyó la abundancia. Ambas especies mostraron entonces un patrón de variación estacional definido.

La abundancia de *E. bungii californicus* no mostró una variación estacional; a pesar de que en el análisis estadístico se detectaron diferencias significativas. Por otro lado, la máxima abundancia se presentó a finales de invierno y definitivamente no incrementó en primavera; lo cual no concuerda con lo reportado por Ohman *et al.* (1998), quienes mencionan que en la zona de California esta especie “hiberna” en invierno entre los 250 y 400 m de profundidad encontrando muy pocos ejemplares por encima de esas profundidades.

*E. bungii californicus* mostró semejanza con *Eucalanus subcrassus*, al presentar también su valor máximo de abundancia en febrero, aunque ésta última especie es de afinidad ecuatorial (Cervantes-Duarte y Hernández-Trujillo, 1989).

Lo anterior sugiere que en latitudes bajas de la CC, ésta especie presenta un comportamiento diferente a lo reportado por otros autores para latitud alta y más parecida al de especies de afinidad ecuatorial ya que no siguió un patrón estacional definido.

Es evidente que las condiciones en la zona sur de la CC son distintas y que afectan de manera diferencial los patrones de variación de las especies del zooplancton, por lo que debe revisarse que otras variables pueden estar influyendo sobre la distribución espacial y abundancia de ésta especie.

Rebstock (2003), menciona que muchas especies de calanoides en la parte sur de la CC no presentan un ciclo estacional definido, esto se observó en el comportamiento de *Candacia bipinnata*, la cuál no mostró un patrón de variación estacional definido de su abundancia.

## **RELACION DE LA ABUNDANCIA EN AÑOS NO-EL NIÑO Y AÑOS EL NIÑO.**

La especie *C. pacificus* observó cambios significativos de su abundancia entre los cruceros no- *El Niño* y *El Niño*, corroborando lo reportado por Hernández-Trujillo *et al.* (2003) sobre que la abundancia de ésta especie disminuyó hasta en un 60 % durante los eventos *El Niño* de la década de los 80's . De igual forma, el análisis estadístico mostró que existen diferencias significativas entre las abundancias de los cruceros no-*El Niño*, sin embargo el análisis de correlación sólo explicó el 3.1 % de ésta variación por efecto de la TSM, concordando con Hernández-Trujillo *et al.* (2001), quienes obtuvieron niveles de correlación bajos con la TSM de periodos no-*El Niño*. En contraste, durante *El Niño*, se estimó hasta que el 7.5 % de variación es explicada por efecto de la TSM y que también se obtuvieron diferencias significativas entre las abundancias.

Al analizar las abundancias entre los dos eventos *El Niño*, se encontraron diferencias significativas entre ellas, debido a que *El Niño* 82-83 tuvo un mayor impacto negativo en la abundancia de la especie ya que registró mayores anomalías positivas térmicas. De igual forma Hernández-Trujillo (1999) comparó los efectos de los eventos *El Niño* 82-83 y 86-87 sobre la comunidad de copépodos en el área de estudio, y encontró que el primer evento promovió mayores cambios en la estructura de la comunidad.

Cabe mencionar, que la población se recuperó rápidamente después del evento *El Niño* 1982-1983, ya que en mayo de 1984 se registró el mayor nivel de abundancia de todo el periodo de estudio; lo cual no concuerda con lo reportado por Rebstock (2003) para la zona de California, quien dice que para ésta especie, le toma casi una década el recuperar los niveles altos poblacionales después de un fenómeno de esa naturaleza.

Lo anterior es relevante, debido a que es probable que las poblaciones de esta especie tengan una estrategia distinta de reproducción y que utilicen recursos alimenticios alternos a los que las poblaciones que habitan en latitudes mayores pueden tener y utilizar. Por otra parte, en los ecosistemas de latitudes altas, los impactos de calentamientos son más severos

y afectan de manera mas prolongada la estructura de las comunidades no habituadas a sobrevivir en condiciones hipertérmicas y de bajo ó nulo aporte alimenticio.

*R. nasutus* mostró diferencias entre las abundancias de los cruceros no-*El Niño* y los *El Niño*, disminuyendo considerablemente su abundancia al ir aumentando la TSM. También tuvo un porcentaje mayor de variación de la abundancia durante *El Niño* que en el no-*El Niño* por efecto de la TSM.

Pudo observarse que en ambas especies, el porcentaje de afectación de la abundancia por efecto de la TSM fue aproximadamente del doble durante *El Niño*. Sin embargo al analizar la variancia entre las abundancias en los períodos 1982-1983 y 1986-1987, no se encontraron diferencias significativas, lo que significaría que la abundancia para ésta especie, no fue afectada severamente por *El Niño* debido a que, como ya se mencionó, es una especie que se encuentra en hábitats marinos subtropicales.

Aunque *E. bungii californicus* mostró durante el no-*El Niño* una correlación negativa entre la abundancia y la TSM, la variación de la abundancia no pudo ser explicada como efecto de la TSM al obtenerse un valor de correlación muy bajo. La abundancia durante *El Niño* mostró una correlación positiva, pero de igual forma el porcentaje de variación debido a la TSM fue escaso. Esto hace suponer, que a ésta especie le es indiferente la TSM para distribuirse.

El impacto que *El Niño* (82-83 y 86-87) tuvieron sobre las especies *C. pacificus*, *R. nasutus* y *E. Bungii californicus* ocasionó una disminución de las abundancias de las mismas. Esto concuerda con lo reportado por Rebstock (2001) para *C. pacificus*, quien dice que ésta especie fue inusualmente rara en el sur de California en los años *El Niño*. En 1983 se observó que *E. bungii californicus* fue la especie dominante, coincidiendo con Rebstock (2001), quien hace notar que ésta especie dominó en 1983 y 1992, años en que se registraron eventos *El Niño* de intensidades parecidas; mas no sucedió esto durante el fenómeno *El Niño* 1986-1987.

*Candacia bipinnata* no tuvo diferencia significativa en sus abundancias en los años no-*El Niño* y *El Niño*, así como entre los *El Niño*, con lo cual se puede deducir que para esta especie su abundancia, distribución y frecuencia de aparición son dependientes en mayor medida de otras variables, además de la TSM.

*El Niño*, como se sabe, influye sobre la parte sur de la CC (McLain *et al.*, 1985 y Ripa, 1991) y afecta las surgencias de primavera en las costas occidentales, evitando que surja el agua fría de las profundidades rica en nutrientes y cubriendo esas zonas con aguas cálidas y pobres en alimento para las especies (McLain *et al.*, 1985).

Este evento se convierte en un disturbio en el sistema sur de la CC, influyendo negativamente sobre las poblaciones de *C. pacificus* y *R. nasutus*, las que tuvieron incrementos notables de abundancia centrados el mes de mayo, que es cuando la CC es más vigorosa y alcanza la costa occidental de Baja California Sur; en mayo de 1983 *El Niño* estaba en su apogeo y éstas especies presentaron valores muy bajos de abundancia para ausentarse definitivamente en septiembre de ese mismo año.

No debe perderse de vista que la disminución en la abundancia de las especies o la ausencia de las mismas a lo largo del periodo de estudio, puede deberse a las diferentes horas del día en que fueron realizados los muestreos, además sólo debe ser considerada para profundidades de 200 a 0 m, ya que como se ha venido mencionando, *C. pacificus*, *E. bungii californicus* y *R. nasutus* realizan migración diurna vertical y varía de forma estacional (Bollens y Frost 1989); por lo que es posible que a mayores profundidades se encuentren las especies en mayores concentraciones. Además en los años *El Niño* la termoclina se hunde a mayores profundidades, permitiendo a las especies hacer lo mismo para evitar las zonas con altas TSM (Rebstock, 2001).

Finalmente, cabe hacer notar que el área de estudio que forma parte de una zona tan peculiar y única (la zona de transición), es dominada en su fracción del zooplancton por los crustáceos, especialmente el copépodo *Calanus pacificus* y el eufáusido *Nyctiphanes simplex*; ambos organismos de afinidad transicional y que no sólo definen la región, sino

que identifican el área de distribución de larvas de la sardina (*Sardinops sagax*), al formar parte de la fauna de acompañamiento de la misma (Gómez-Gutiérrez *et al.*, 1995).

## CONCLUSIONES

Los hallazgos más importantes sobre la abundancia, distribución espacial y frecuencia de aparición de las especies de copépodos clasificados como de afinidad biogeográfica transicional durante el periodo estudiado pueden resumirse de la siguiente manera:

- *C. pacificus* fue la especie más abundante y de más amplia distribución espacial en la zona y durante el período de estudio
- *C. bipinnata* fue la especie menos abundante, con menor distribución espacial y frecuencia de aparición en la zona y durante el periodo de estudio.
- La abundancia total de *C. pacificus* y *R. nasutus* se vio afectada por la TSM de modo inverso, pues a menor TSM mayor abundancia de las especies.
- La abundancia de *C. bipinnata* no presentó diferencias significativas a lo largo del periodo de estudio y no se detectó relación alguna con los cambios de TSM.
- La distribución espacial de *C. pacificus*, *R. nasutus* y *E. bungii californicus*, estuvo principalmente localizada en zonas cuyas isothermas oscilaron alrededor de los 20° C. *C. bipinnata* no estuvo delimitada por alguna isoterma.
- *C. pacificus*, *R. nasutus* y *C. bipinnata* tienen a la isoterma de los 25 °C como límite térmico.
- *E. bungii californicus* tiene a la isoterma de los 27 °C como límite térmico en la zona de estudio.
- Al comparar la abundancia de las especies entre los años no-*El Niño* y los años *El Niño*, se encontraron diferencias significativas con excepción de *C. bipinnata*.
- *C. pacificus* y *R. nasutus* presentaron una correlación negativa de su abundancia con la TSM, tanto durante *El Niño* como en el no-*El Niño*.
- *E. bungii californicus* y *C. bipinnata* no mostraron una variación significativa de su abundancia por efecto de la TSM.
- Al comparar la abundancia entre los dos eventos *El Niño*, se registraron diferencias significativas para *C. pacificus* y *E. bungii californicus*, pero no para *R. nasutus* y *C. bipinnata*.



- *El Niño* 1982-1983 registró anomalías térmicas superiores a las de *El Niño* 1986-1987 y provocó diferencias significativas sobre la abundancia de *C. pacificus* y *E. bungii californicus*.
- *C. pacificus* y *R. nasutus* presentan un patrón estacional definido al incrementar sus abundancias en primavera y van disminuyendo a lo largo del año.
- *E. bungii californicus* no presenta un patrón estacional claro, pero en general se observa que sus abundancias se van incrementando en invierno y cuantitativamente se registraron diferencias significativas entre ellas.
- *C. bipinnata* no presenta un patrón estacional claro en sus valores de abundancias porque presenta picos en primavera, en verano y en invierno (pero no en todos los años) y cuantitativamente no se registraron diferencias significativas en las mismas.
- *R. nasutus* debe ser considerado para futuras referencias como de afinidad biogeográfica “templada”.
- *C. bipinnata* debe ser considerada para futuras referencias como de afinidad biogeográfica “subtropical”.

## **RECOMENDACIONES**

En futuros estudios acerca de estas especies, debe comprobarse lo siguiente:

- La relación Abundancia vs. TSM de *C. bipinnata*.
- La relación entre las abundancias de los copépodos de afinidad transicional con los eventos de calentamiento *El Niño*, de enfriamiento *La Niña* y los años “normales”.
- El patrón estacional para *E. bungii californicus* y *C. bipinnata*.

## **SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS.**

- Factores que determinan la abundancia, distribución espacial y frecuencia de aparición de *C. bipinnata*.
- Efecto de la latitud sobre la distribución y abundancia de *E. bungii californicus*, *R. nasutus* y *C. bipinnata*.

## BIBLIOGRAFÍA

- BADAN, A. 1997. La Corriente Costera de Costa Rica en el Pacífico Mexicano. Contribuciones a la Oceanografía física en México. Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana, p. 99-112.
- BOGRAD, S. J. y LYNN R. J. 2003. Long-term variability in the Southern California Current System. Deep-Sea Research II 50. p. 2355-2370.
- BOLLENS, S. M. y B. W. FROST. 1989. Zooplanktivorous fish and variable diel vertical migration in the marine planktonic copepod *Calanus pacificus*. Limnol. Oceanogr. 34(6):1072-1083.
- BRADFORD-GRIEVE. J. M. 1994. The marine fauna of New Zealand: Pelagic calanoid copepods (Families Megacalanidae, Calanidae, Paracalanidae, Mecynoceridae, Eucalanidae, Spinocalanidae, Clausocalanidae). Memoir 102, New Zealand Oceanographic Institute. 160 p.
- BRADFORD-GRIEVE J. M. 1999. The marine fauna of New Zealand: Pelagic calanoid copepods (Families Bathypontiidae, Arietellidae, Augaptilidae, Heterorhabdidae, Lucicutiidae, Metridinidae, Phyllopodidae, Centropagidae, Pseudodiaptomidae, Temoridae, Candaciidae, Pontellidae, Sulcanidae, Acartiidae, Tortanidae). Memoir 111, New Zealand Oceanographic Institute. 268 p.
- BRINTON, E., A. FLEMINGER y D. SIEGEL-CAUSEY. 1986. The temperate and Tropical planktonic biotas of the Gulf of California. CalCOFI Rep. 27:228-266.
- BRINTON, E. y J. L. REID. 1986. On the effects of interannual variations in circulation and temperature upon euphasiids of the California Current. In: A. C. Pierrot-Bults, S. Van der Spoel, B. J. Zahuranec y R. K. Johnson (Eds.) Pelagic Biography. UNESCO Tech. Pap. Mar. Sci. No 49:25-34.

BRODSKY K. 1950. Calanoida of the far Eastern Seas and polar basins of the USSR. Key to the fauna of the URRS No. 35 : Zoological Institute Academic Science. (35) 442p. (translated from russian by the Israel Program for Scientific Translations. Jerusalén 1967) 440 p.

CERVANTES-DUARTE, R. y S. HERNÁNDEZ-TRUJILLO. 1989. Características Hifrográficas de la parte sur de la Corriente de California y su Relación con algunas especies de copéodos en 1983. Inv. Mar. CICIMAR. Vol. 4 No. 2. 211-224.

CHELTON D. B., P. A. BERNAL y J. A. McGOWAN. 1982. Large-scale interannual physical and biological interaction in the California Current. Journal of Marine Research 40 (4): 1095-1124.

COX, J. L., S. WILLASON y L. HARDING. 1983. Consequences of distributional heterogeneity of *Calanus pacificus* grazing. Bulletin of Marine Science, 33(2):213-226.

FLEMINGER, A. 1967. Distributional Atlas of Calanoid copepods In the California Current Region. CalCOFI Atlas No. 7 La Jolla, Ca.

GÓMEZ-GUTIÉRREZ, J., S. HERNÁNDEZ-TRUJILLO y G. M. ESQUEDA ESCÁRCEGA. 1995. Community Structure of Euphasiids and Copepods in the Distribution areas of fish larvae off the west coast of Baja California, México. Sci. Mar., 59(3-4):381-390.

GRICE, D. G. 1961. Calanoid copepods from equatorial waters of the Pacific Ocean. Fish. And Wildlife Service. Spec. Sci. Rep. Fisheries. 61(186):167-246.

HERNÁNDEZ-TRUJILLO, S. 1991 a. Variación latitudinal de la diversidad de copéodos en la costa occidental de B. C. S. (1982-1984). Ciencias Marinas 17(4):83-103.

HERNÁNDEZ-TRUJILLO, S. 1991 b. Análisis de la diversidad de copépodos en el Pacífico de B. C. S. (mayo, 1986). An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. 18(2):279-288.

HERNÁNDEZ-TRUJILLO, S. 1991 c. Patrones de distribución y abundancia de *Calanus pacificus* , en relación a la temperatura superficial en el Pacífico de Baja California Sur, México (1982-1986). Rev. Inv. Cient. UABCS. 2(1):1-14.

HERNÁNDEZ-TRUJILLO, S. y A. ESQUIVEL-HERRERA. 1997. Asociaciones Interespecíficas de copépodos en la costa oeste de Baja California Sur, México. Hidrobiológica, 7:65-74.

HERNÁNDEZ-TRUJILLO, 1998. La comunidad de copépodos pelágicos en la costa del Pacífico de la Península de Baja California (1984-1989). Tesis Doctoral. ICMYL-UNAM. México D.F., 127 p + 2 Anexos.

HERNÁNDEZ-TRUJILLO, S. 1999. Variability of community structure of Copepoda related to *El Niño* 1982-83 and 1987-88 along the west coast of Baja California Peninsula, México. Fish. Oceanogr. 8:4 p. 284-295.

HERNÁNDEZ-TRUJILLO, S. y E. SUAREZ-MORALES. 2000. Interannual changes in the Calanoid Copepod Community off southern Baja California, México. CalCOFI Rep., Vol. 41. : 177-185.

HERNÁNDEZ-TRUJILLO, S., F. GOMEZ-OCHOA y G. VERDUGO-DÍAZ. 2001. Dinámica del plancton en la región sur de la Corriente de California. Rev. Biol. Trop., 49(1):15-30.

HERNÁNDEZ-TRUJILLO, S. y G. ESQUEDA-ESCÁRCEGA. 2002. La diversidad de copépodos marinos en México. Oceánides, 17(1):57-68.

HERNÁNDEZ-TRUJILLO, S., E. S. MORALES y G. M. ESQUEDA-ESCÁRCEGA. 2003. Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans. Vol. 2 31-39.

JOHNSON, M. W. 1938. Concerning the copepod *Eucalanus elongatus dana* and its varieties in the Northern Pacific. Bulletin of the SCRIPPS Institution of Oceanography of the University of California, La Jolla :165-180.

LYNN, R. J. y J. J. SIMPSON. 1987. The California Current System: The Seasonal Variability of its Physical Characteristics. Journal of Geophysical Research. Vol. 92. No. C12, pages 12.947-12.966.

McGOWAN, J. A. 1971. Oceanic Biogeography of the Pacific. In: Funnel y Riedel (Eds.) Micropaleontology of Oceans. Cambridge Univ. Press. Londres. :3-74.

McLAIN, D. R., R. E. BRAINARD y J. G. NORTON. 1985. Anomalous Warm Events in Eastern Boundary Current Systems. CalCOFI Rep., Vol. XXVI. 51-64.

MOSER, H.G., P. E. SMITH y L. E. EBER. 1987. Larval Fish Assemblages in the California Current Region, 1954-1960, a period of Dynamic Environmental Change. CalCOFI Rep., Vol. XXVIII. 97-127.

MULLIN, M. M. 1995. The Californian El Niño of 1992 and the fall of *Calanus pacificus*. CalCOFI Rep. 36:175-178.

MULLIN, M. M. 1998. Interannual and Interdecadal variation in California Current zooplankton: *Calanus* in the late 1950s and early 1990s. Global Change Biology 4, :115-119.

OHMAN, M. D., A. V. DRITS, M. E. CLARKE y PLOURDE S. 1998. Differential dormancy of co-occurring copepods. Deep-Sea Research II 45; 1709-1740.

PALOMARES-GARCIA, R. E. SUAREZ-MORALES y S. HERNÁNDEZ-TRUJILLO. 1998. Catálogo de los copépodos (Crustacea) pelágicos del Pacífico Mexicano. CICIMAR-ECOSUR. México. 352 p.

PEARCY, W. G. 1991. Biology of the Transition Region. In J. A. Wetherall (ed.) Biology, Oceanography and Fisheries of the north Pacific transition zone and subarctic frontal zone. NOAA Tech.Pap.105:39-55.

RAZOULS, C. y F. BOVÉE. 1996 . Diversity and geographical Distribution of Pelagic Copepoda. 3.- An Overview and Initial Interpretation. Annales de l'Institut Océanographique, Paris.

REBSTOCK, G.A. 2001. Long-Term stability of species composition in calanoid copepods off southern California. Marine Ecology Progress Series. 215, 213-224.

REBSTOCK, G. A. 2003. Long-term change and stability in the California Current System ; Lessons from CalCOFI and other long-term data sets. Deep-Sea Research II 50 2583-2594.

REID, J. G., G. RODEN y J. WYLLIE. 1958. Studies of the California Current system. CalCOFI Rep. 1 July 1956-11 January 1958. :27-57.

REID, F. M. H., STEWART , R. W. EPPLEY y D. GOODMAN. 1978. Spatial distribution of phytoplankton species in chlorophyll maximum layers off southern California. Limnol. Oceanogr. 23(2) :219-226.

RIPA, P. 1991. ¡ Ay que Niño este !. Ciencias. 21 :3-8.

RODEN, G. I. 1971. Aspects of the Transition zone in the Northeastern Pacific. Journal of Geophysical Research. Vol 76, No 15 : 3462-3475.

RODEN, G. I. 1991. Subartic-Subtropical transition zone of the North Pacific : Large-scale aspects and mesoscale structure. In : Wetherall J. A. (Ed.) Biology, Oceanography and Fisheries of the North Pacific Transition zone and subartic frontal zone. NOAA Technical Report NMFS 105 :1-38.

WOLTER, K. y M. S. TIMLIN. 1993. Monitoring ENSO in COADS with seasonally adjusted principal components index. Proc. 17th. Climate Diagnostics Workshop, Norman OK. NOAA/NMC/CAC, Oklahoma Clim Survey CIMMS and Norman : School of Meteorology, University of Oklahoma p, pp. 52-57



## ANEXO I

### MAPAS DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL POR ESPECIE SOBRE IMAGEN DE SATÉLITE DE LA TSM.

JULIO 1982

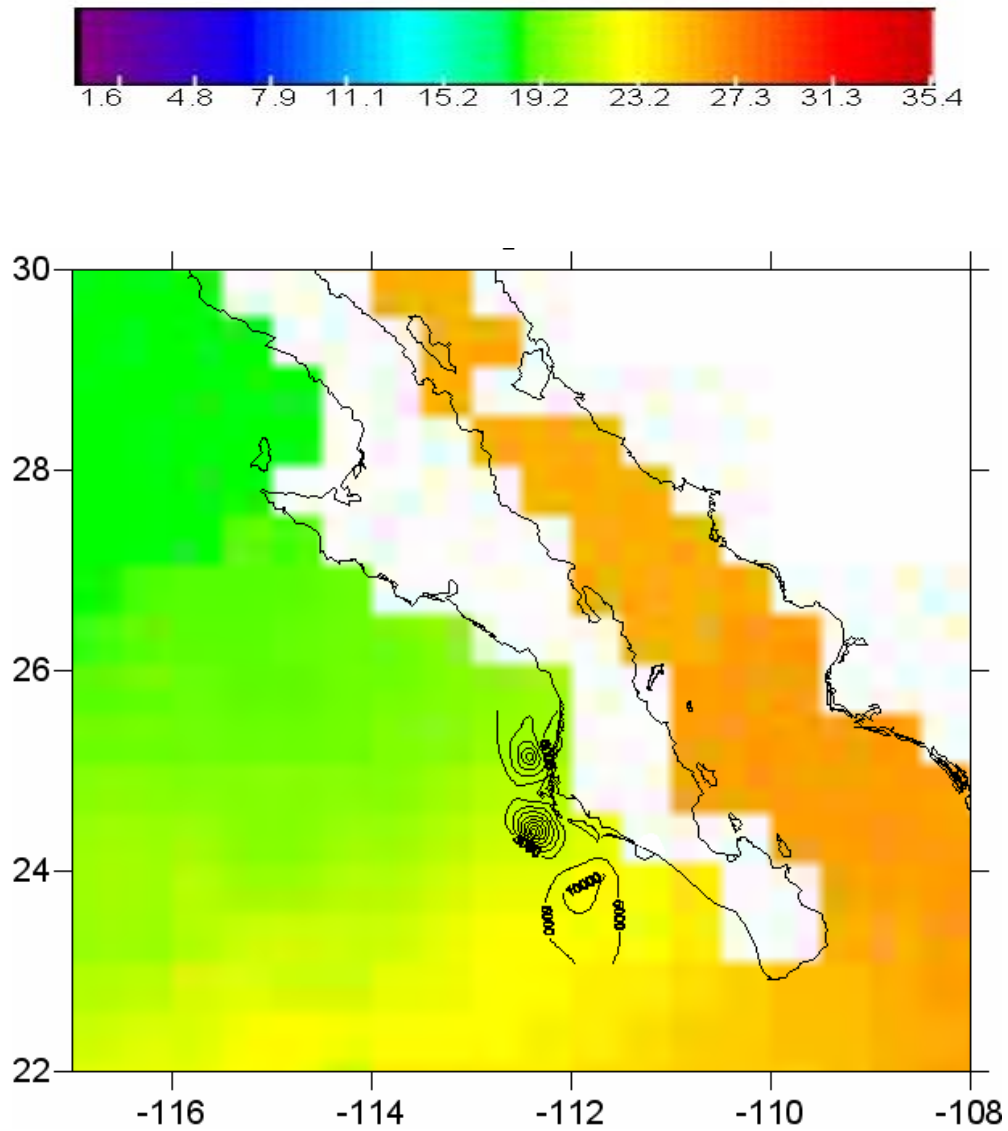
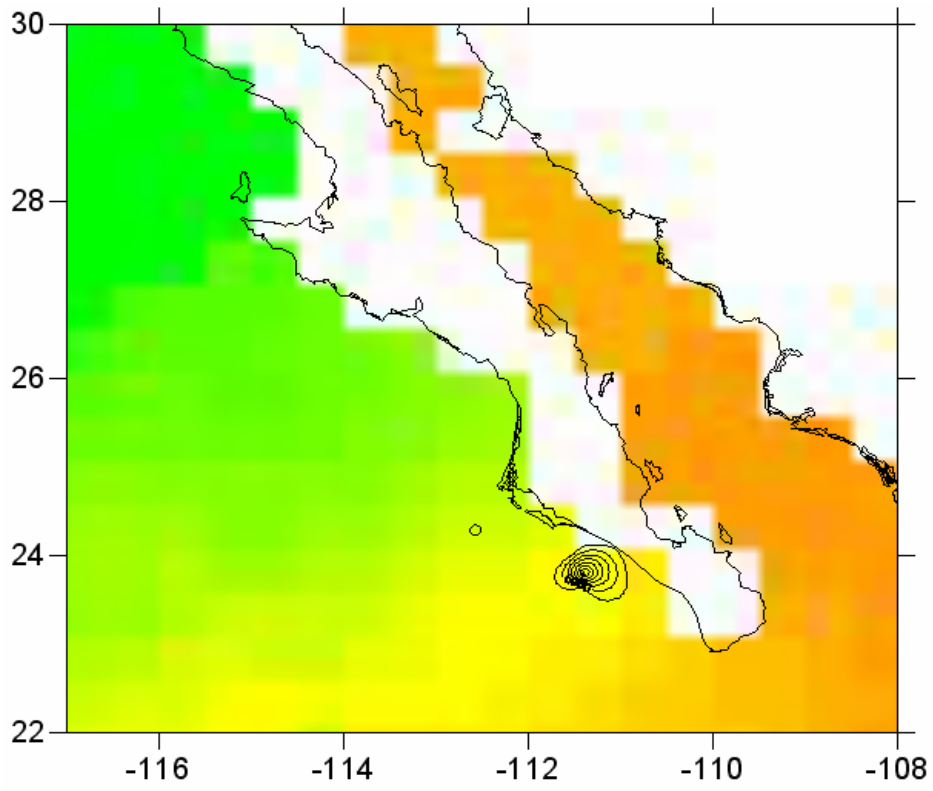
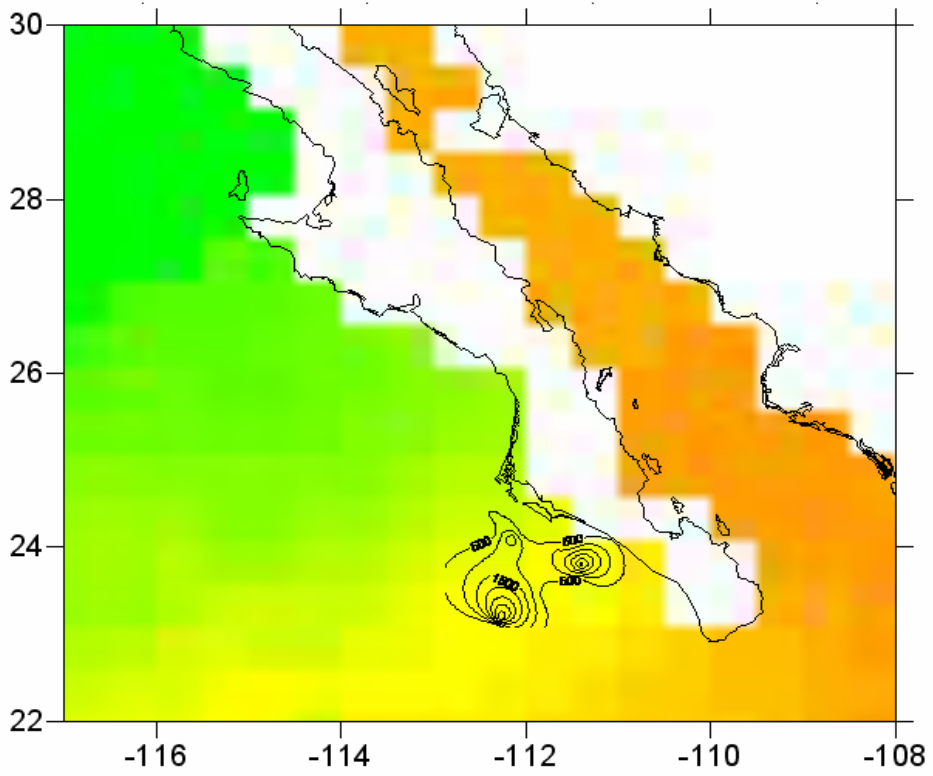


Figura 11.1 *Calanus pacificus*



**Figura 11.2** *Eucalanus bungii californicus*



**Figura 11.3** *Rhincalanus nasutus*

FEBRERO 1983

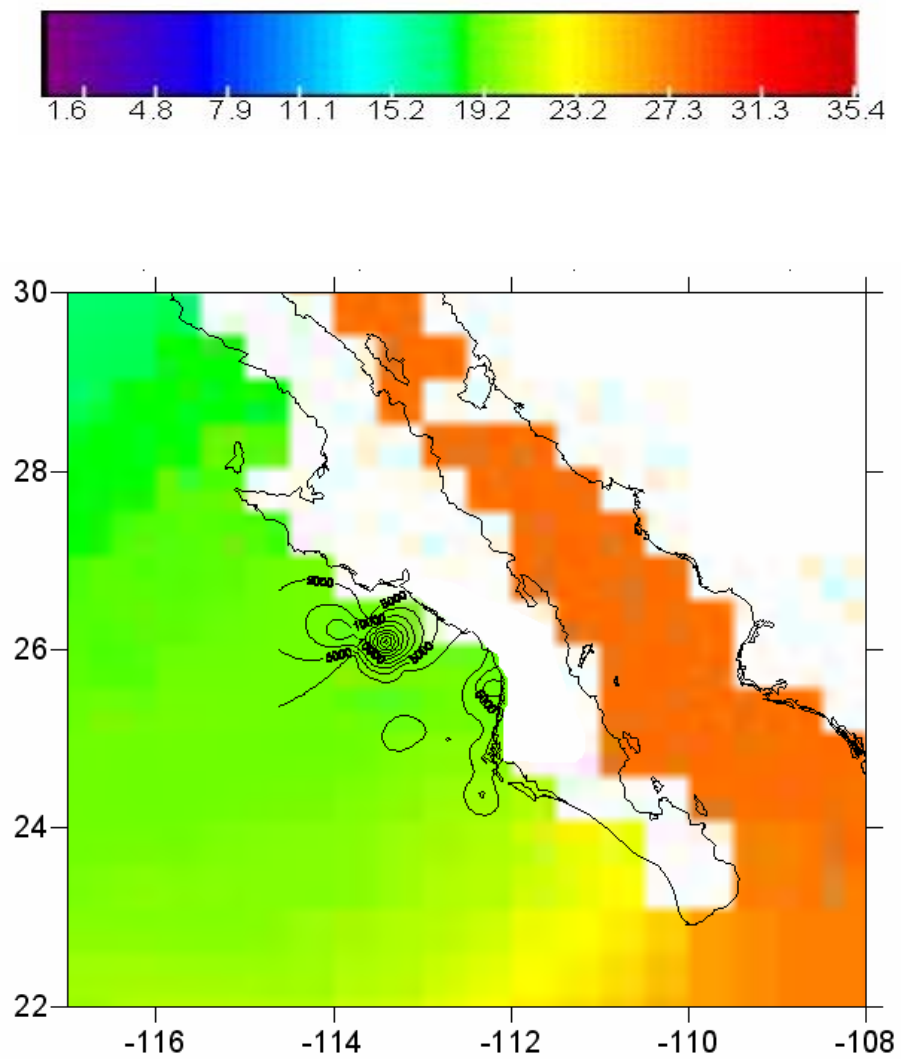


Figura 12.1 *Calanus pacificus*

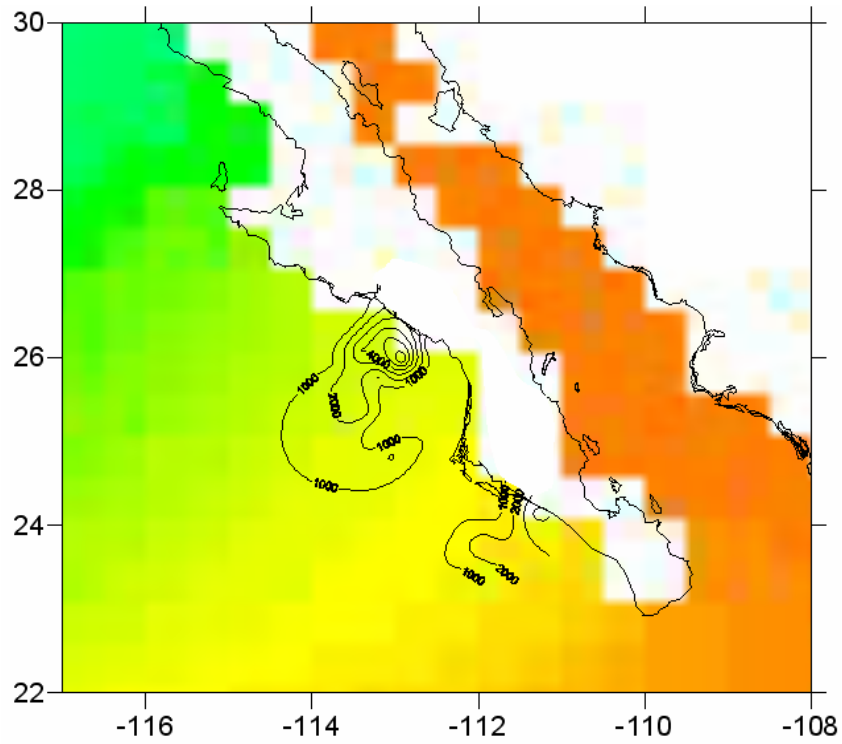


Figura 12.2 *Eucalanus bungii californicus*

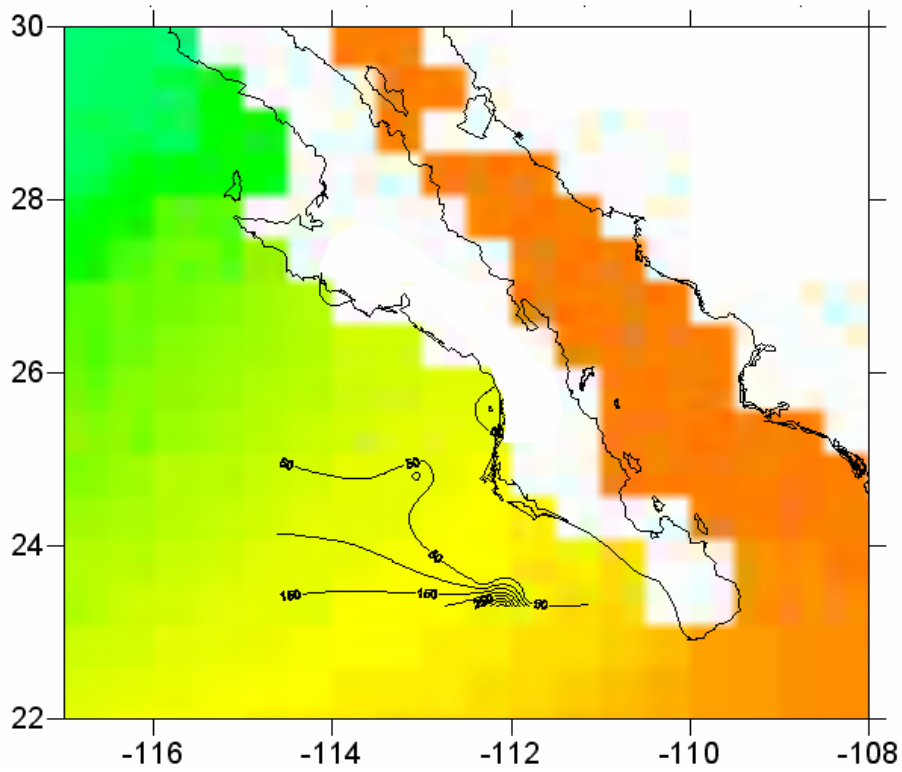


Figura 12.3 *Rhincalanus nasutus*

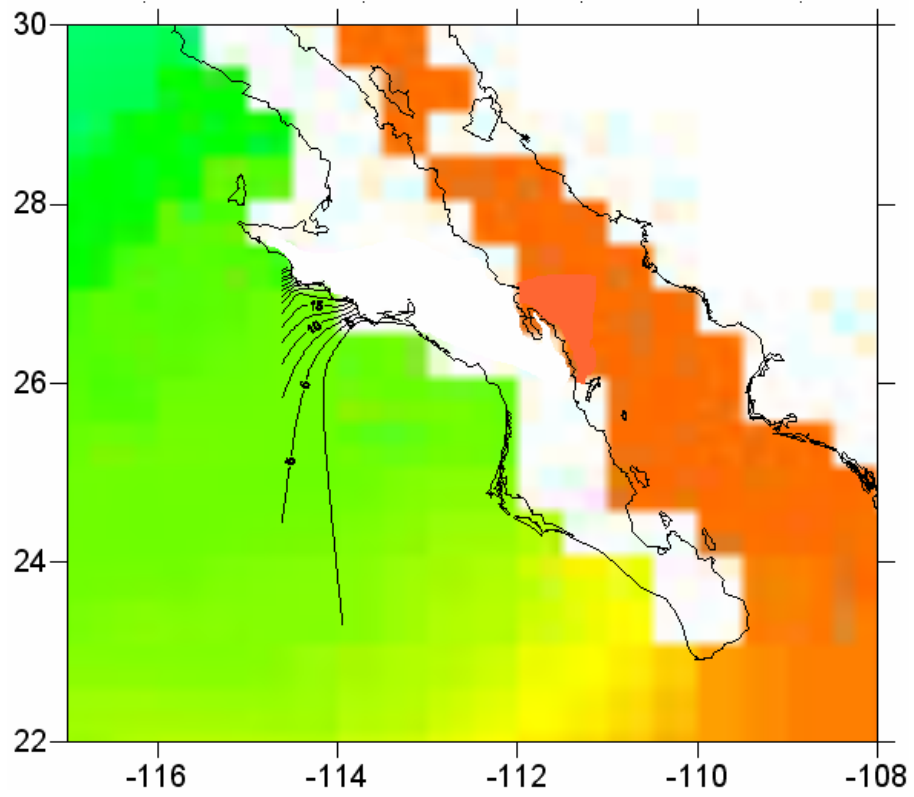


Figura 12.4 *Candacia bipinnata*

MAYO 1983

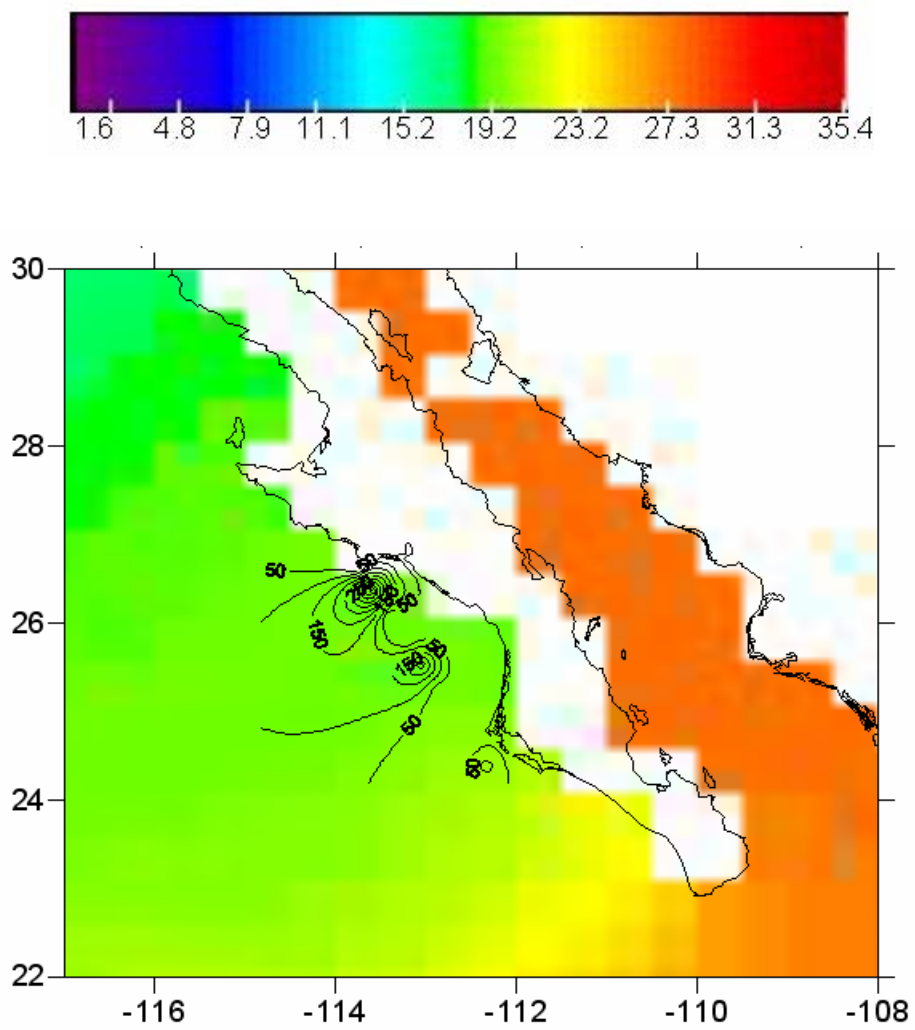
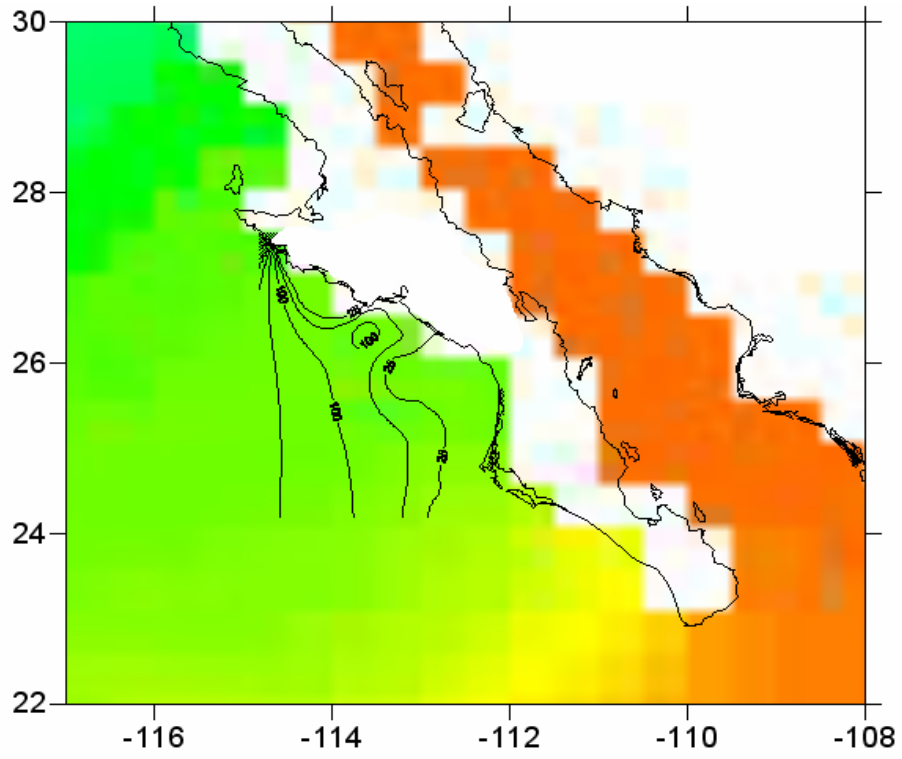
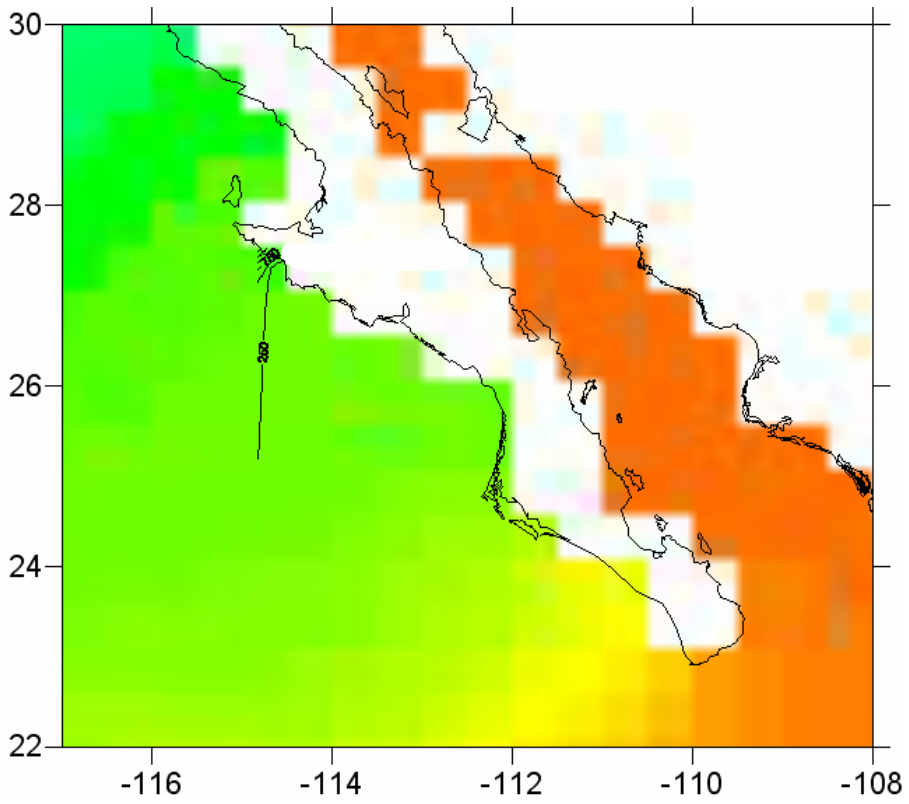


Figura 13.1 *Calanus pacificus*



**Figura 13.2** *Eucalanus bungii californicus*



**Figura 13.3** *Rhincalanus nasutus*

SEPTIEMBRE 1983

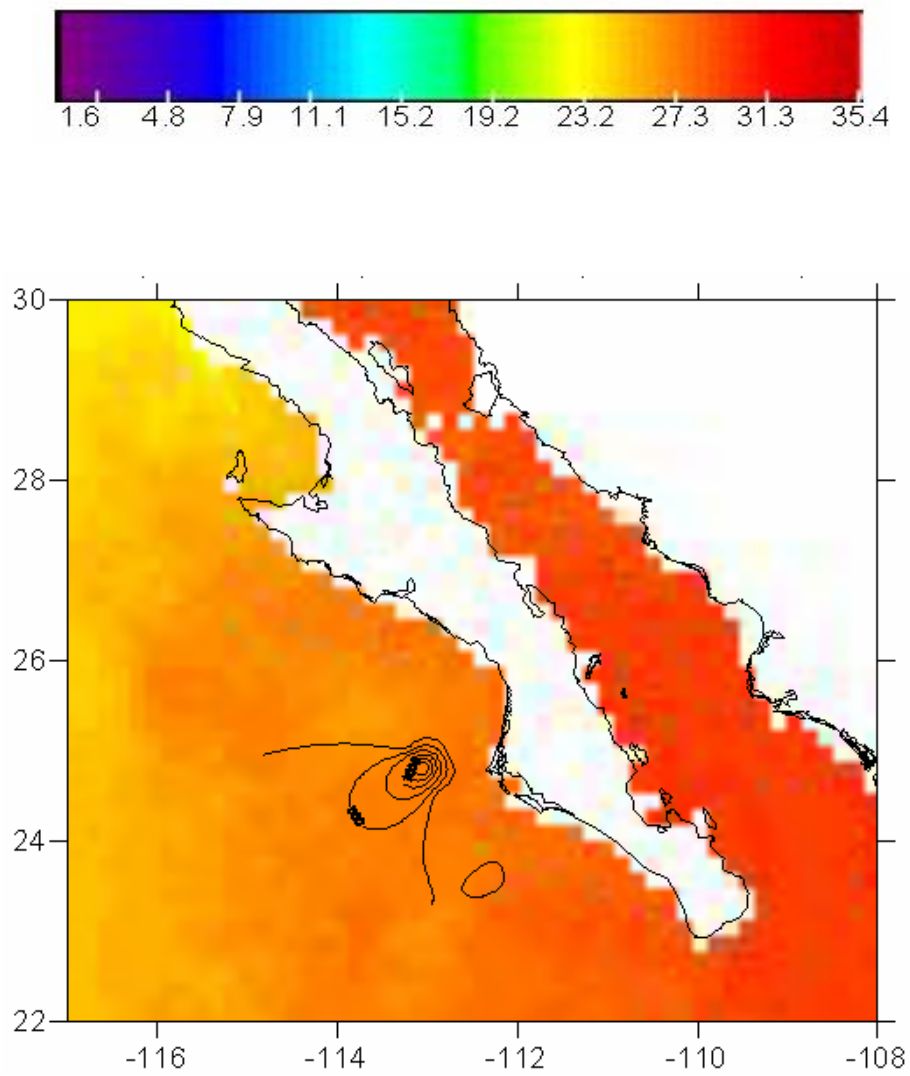


Figura 14. *Eucalanus bungii californicus*



ENERO 1984

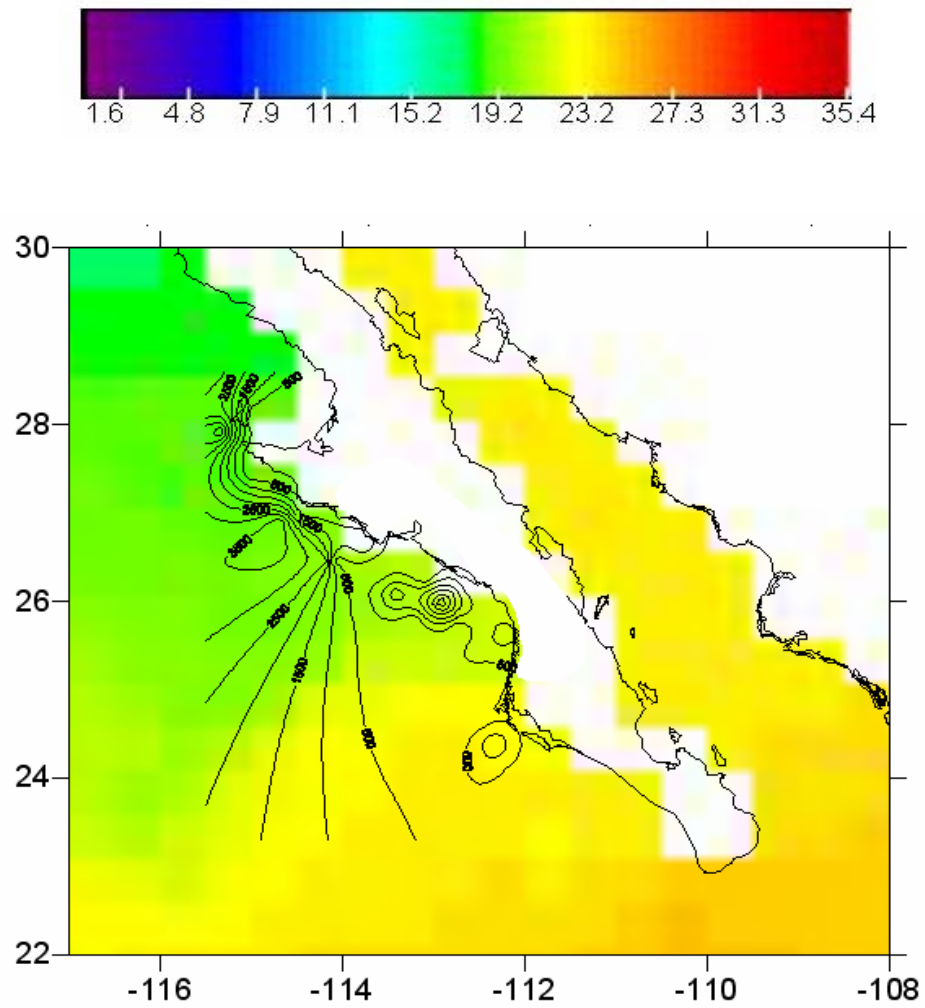
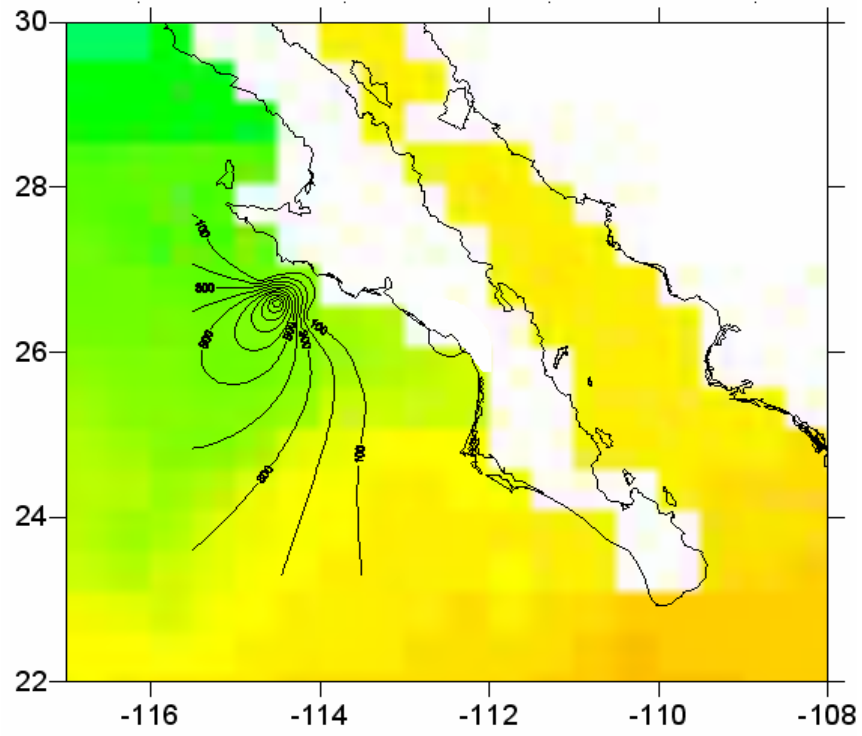
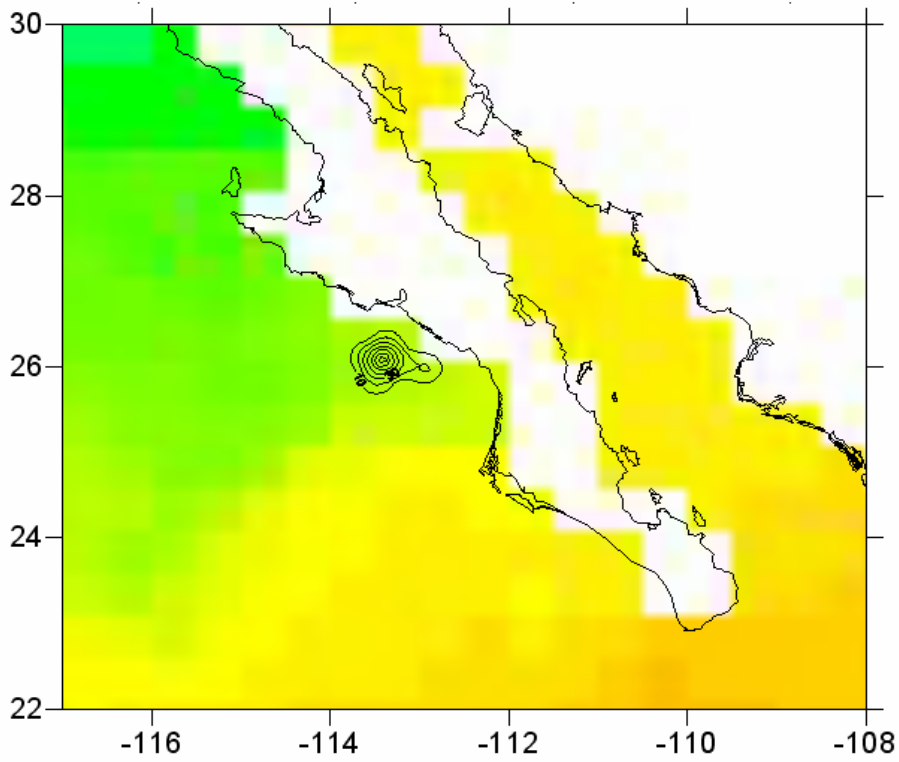


Figura 15.1 *Calanus pacificus*



**Figura 15.2** *Eucalanus bungii californicus*



**Figura 15.3** *Rhincalanus nasutus*

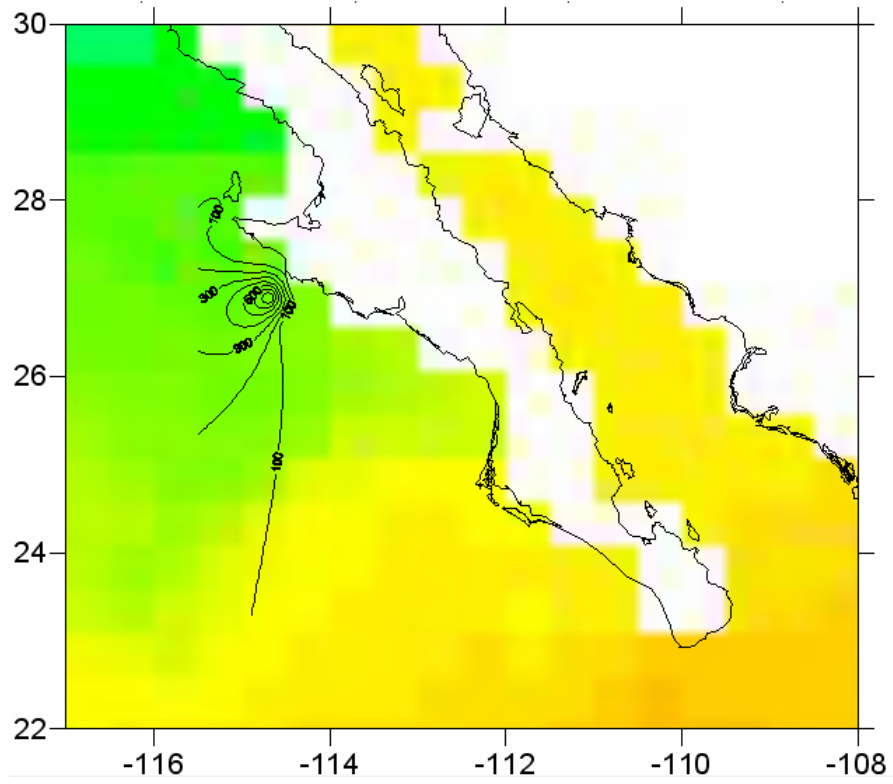


Figura 15.4 *Candacia bipinnata*

MAYO 1984

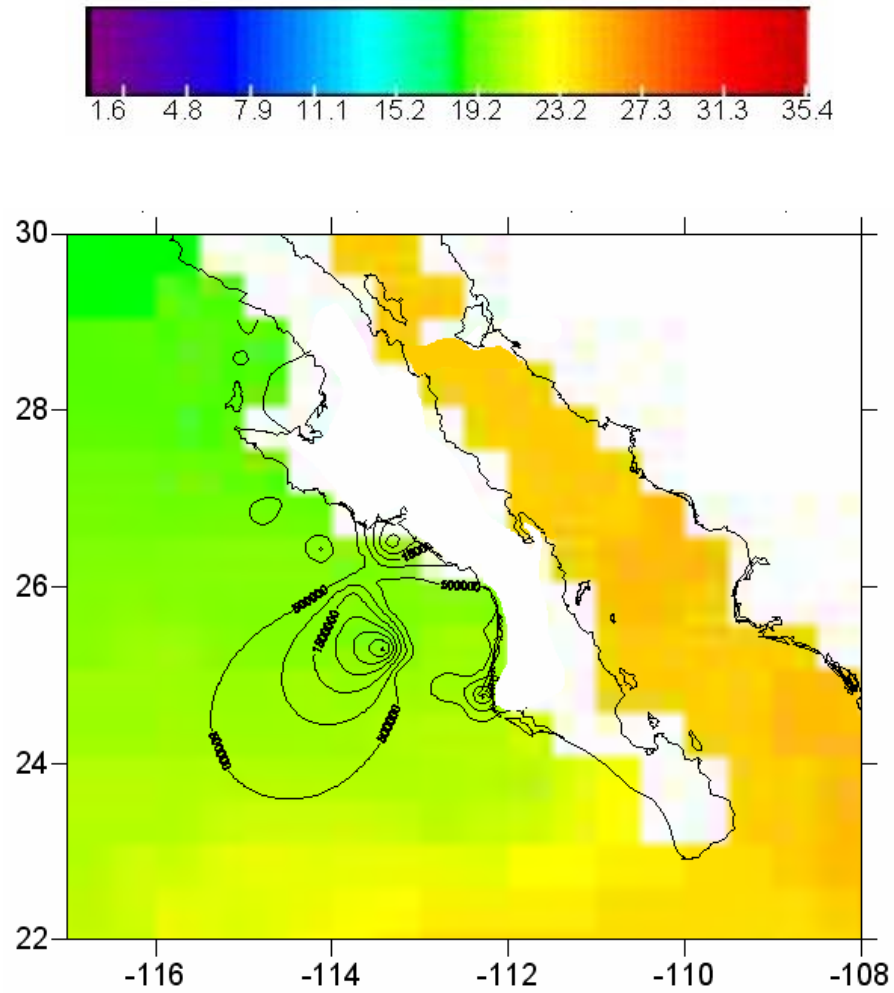
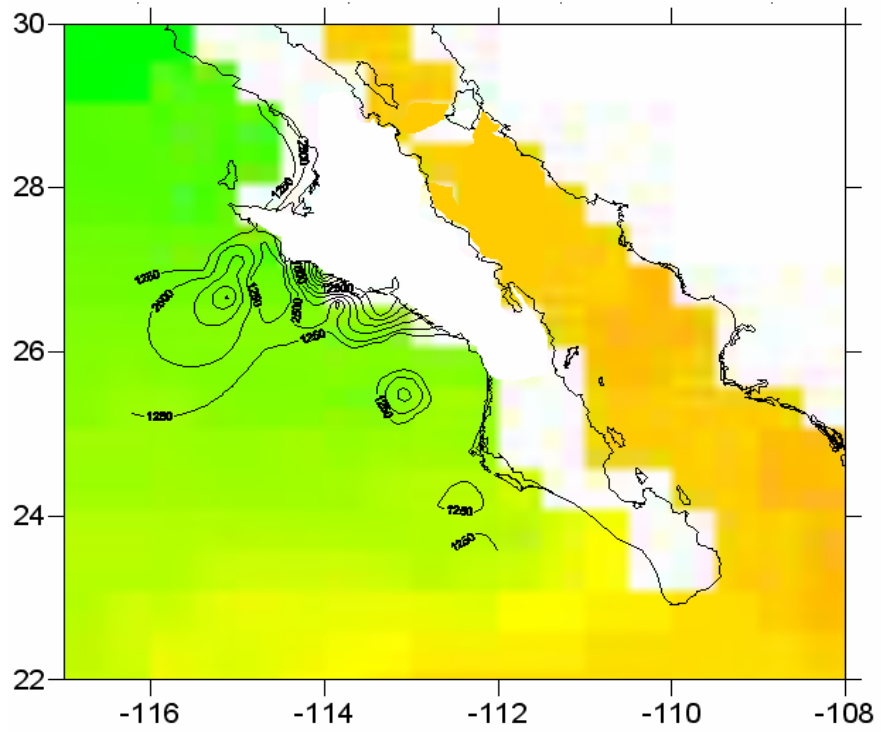
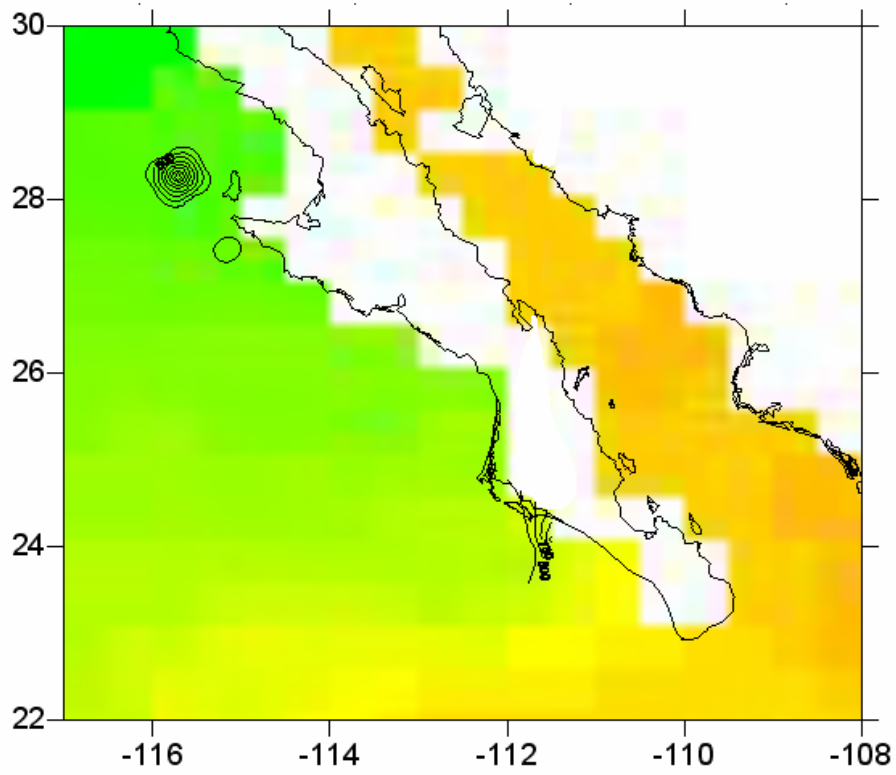


Figura 16.1 *Calanus pacificus*



**Figura 16.2** *Rhinocalanus nasutus*



**Figura 16.3** *Candacia bipinnata*

MAYO 1985

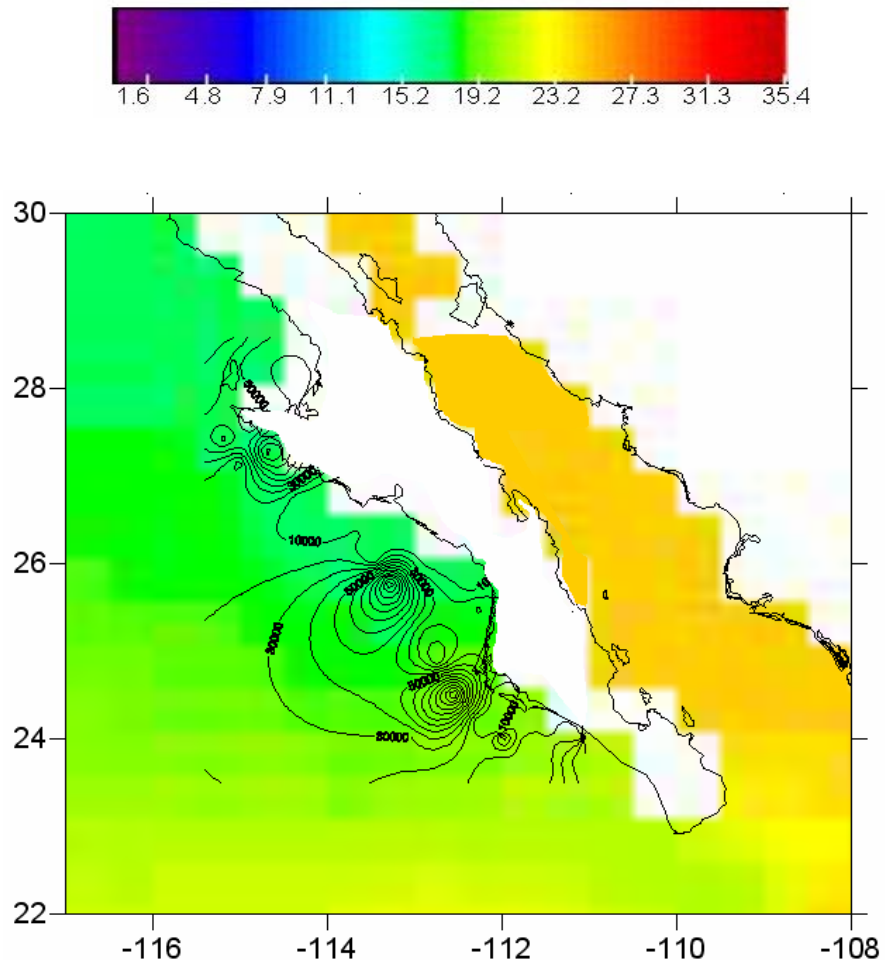
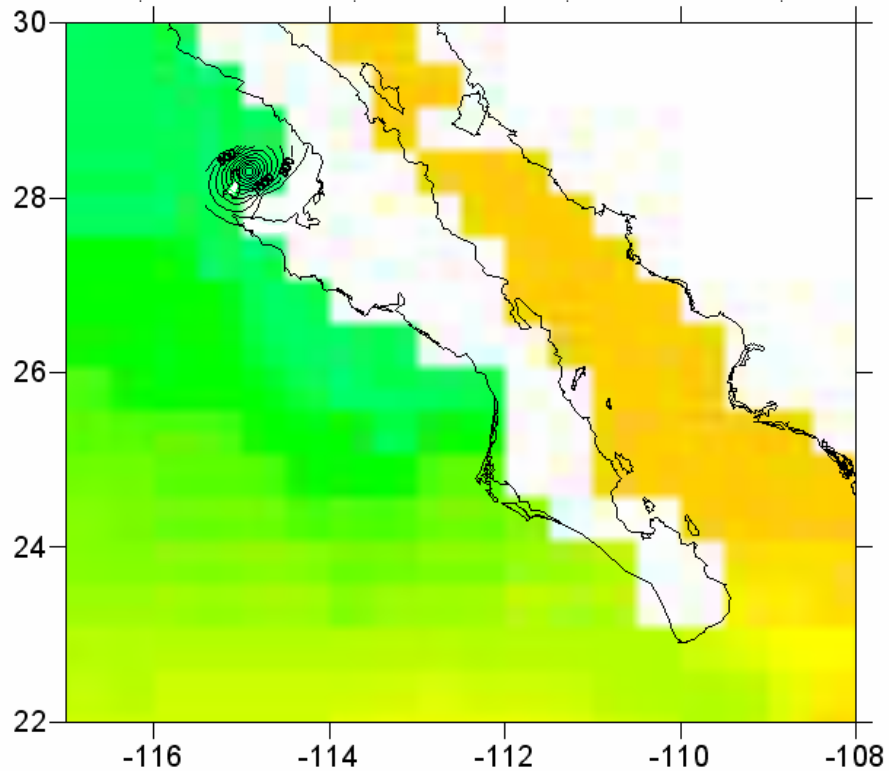
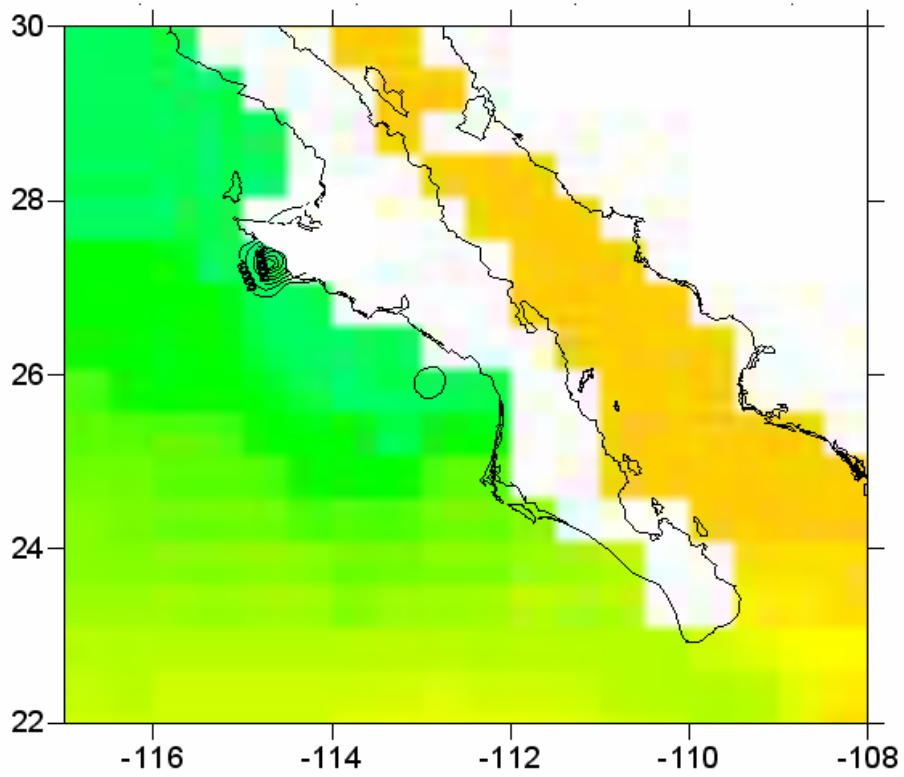


Figura 17.1 *Calanus pacificus*



**Figura 17.2** *Eucalanus bungii californicus*



**Figura 17.3** *Rhincalanus nasutus*

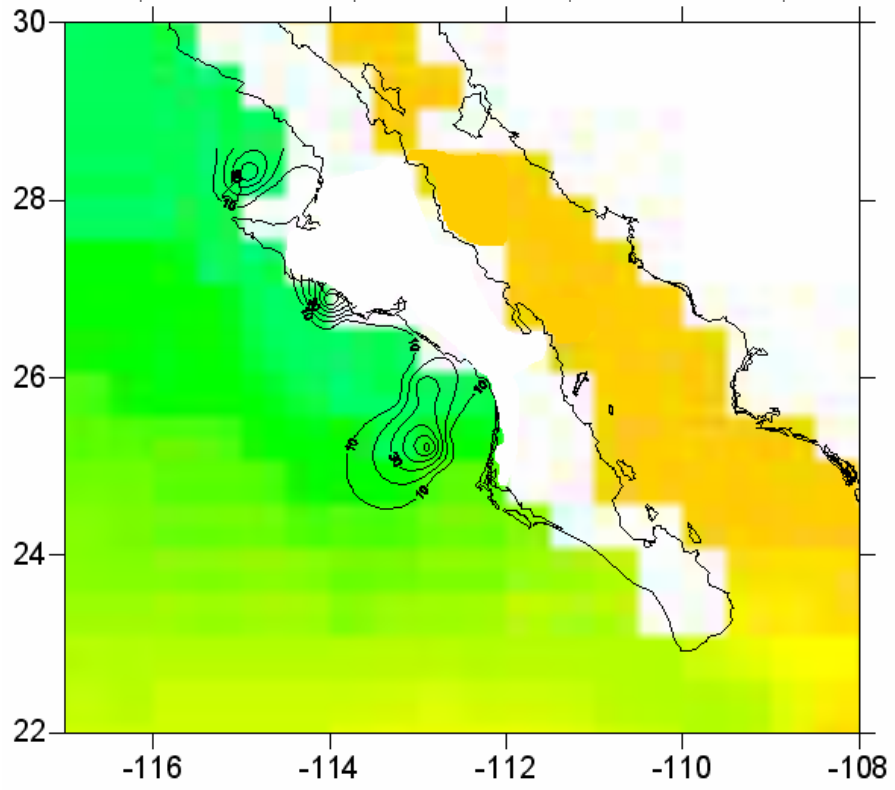


Figura 17.4 *Candacia bipinnata*



AGOSTO 1985

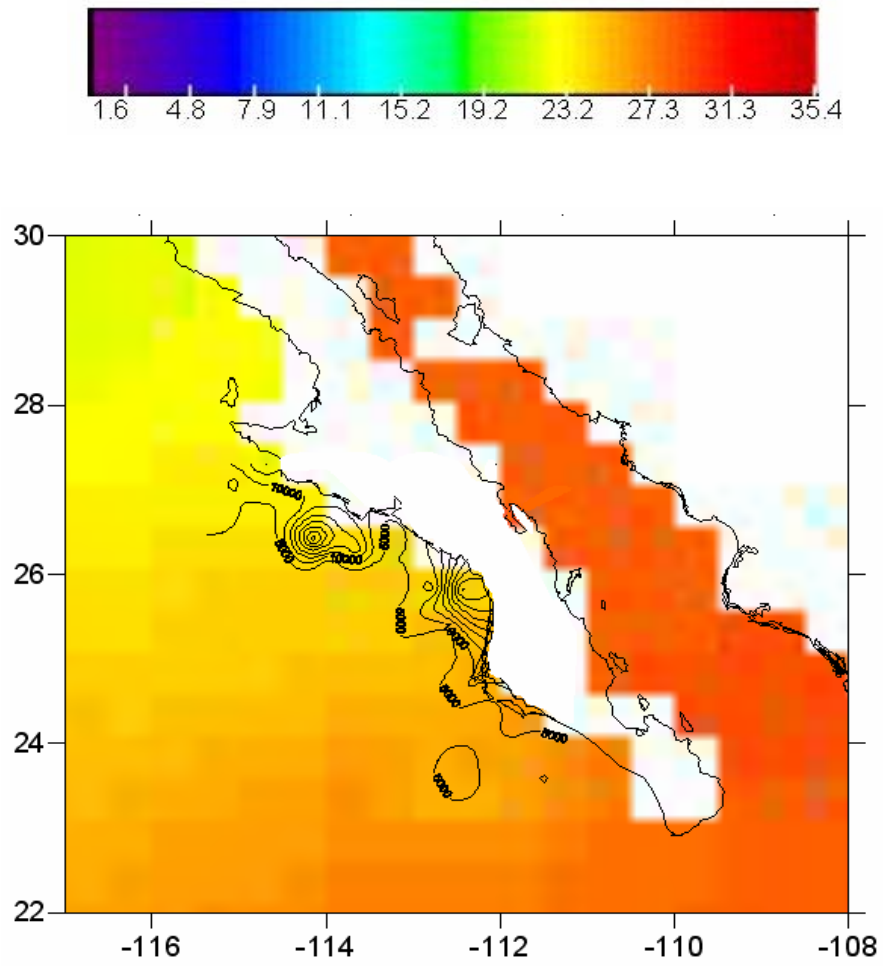
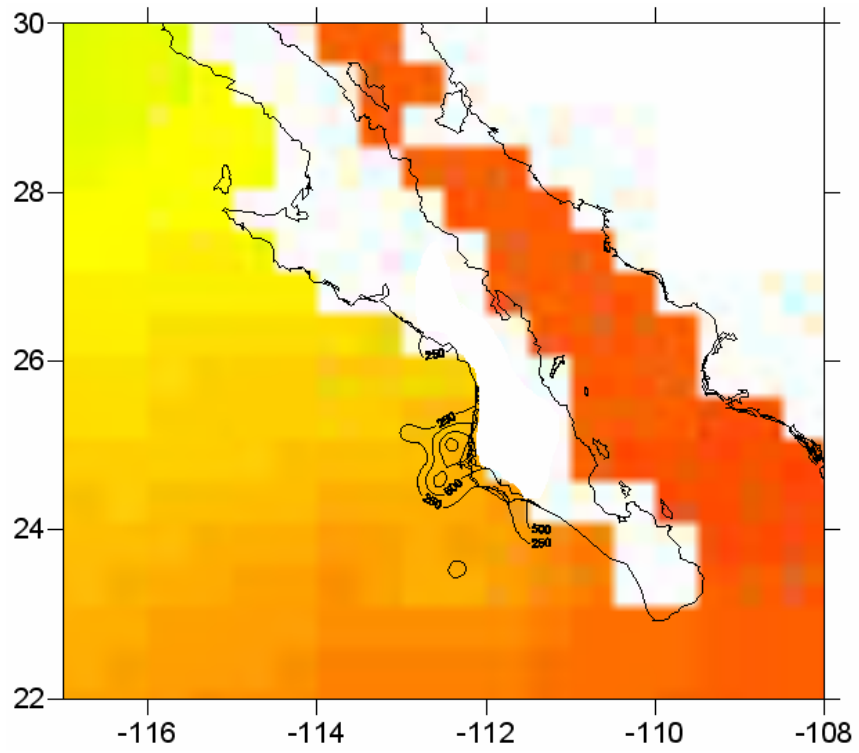
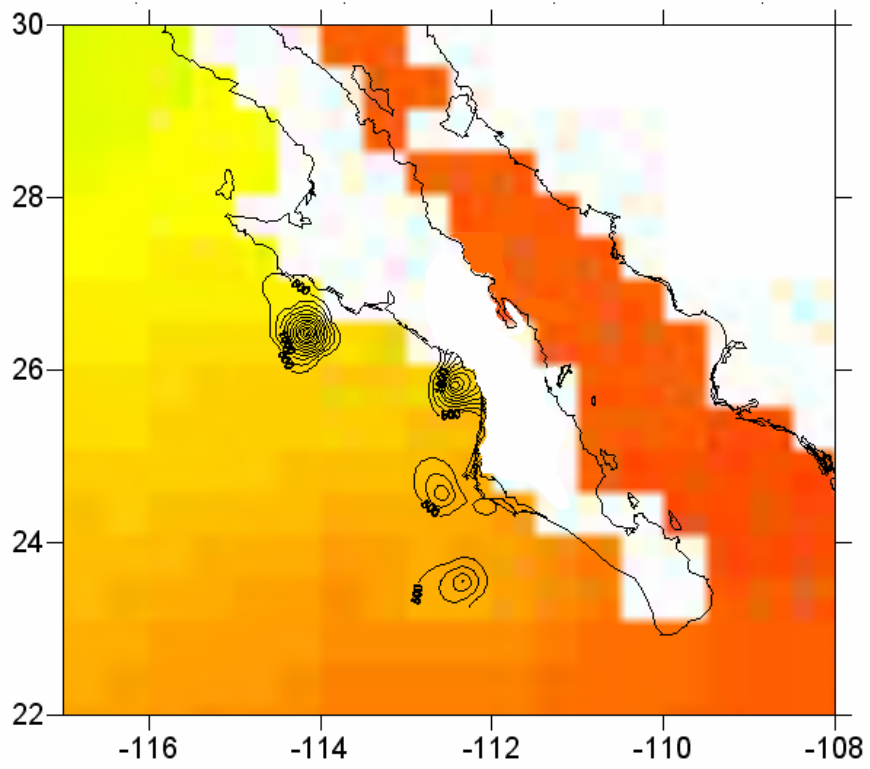


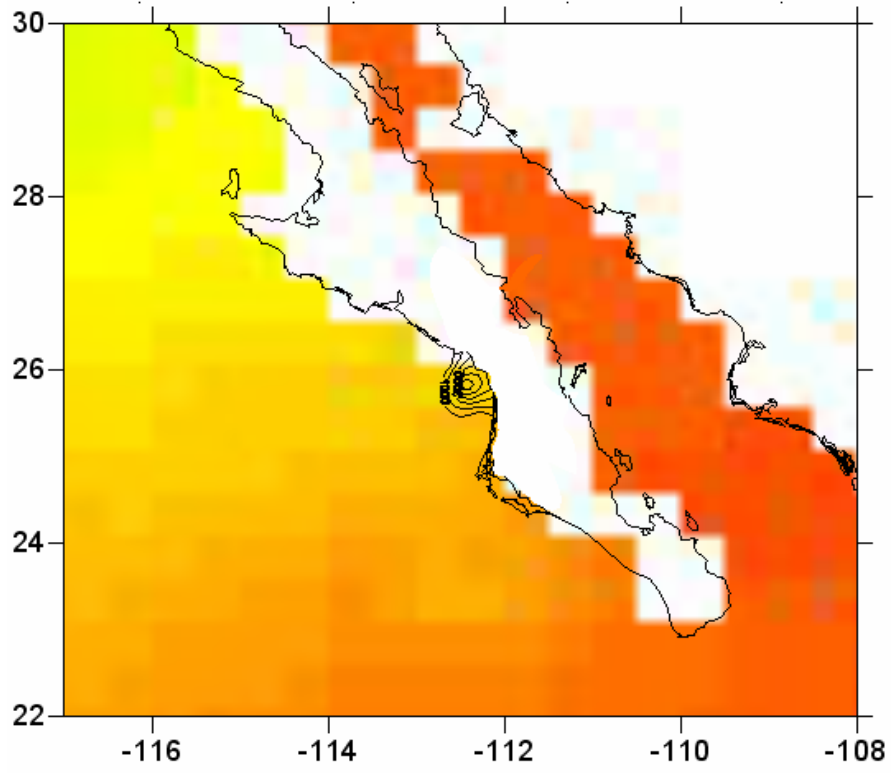
Figura 18.1 *Calanus pacificus*



**Figura 18.2** *Eucalanus bungii californicus*



**Figura 18.3** *Rhincalanus nasutus*



**Figura 18.4** *Candacia bipinnata*

MAYO 1986

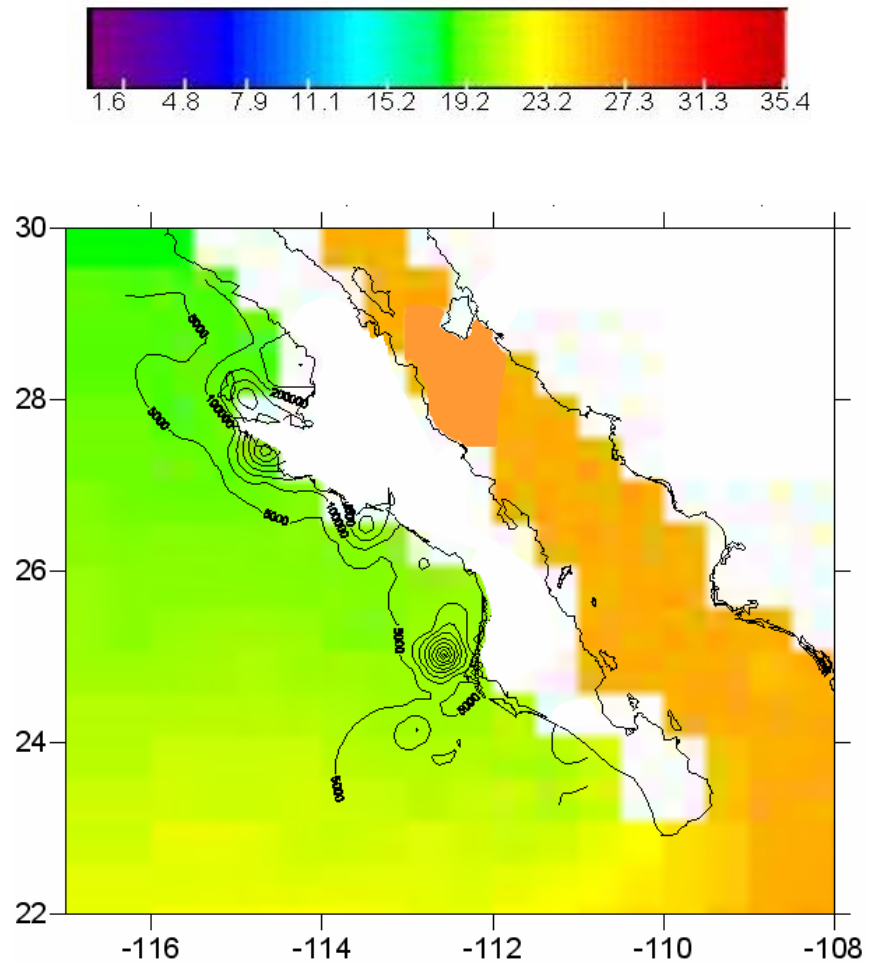
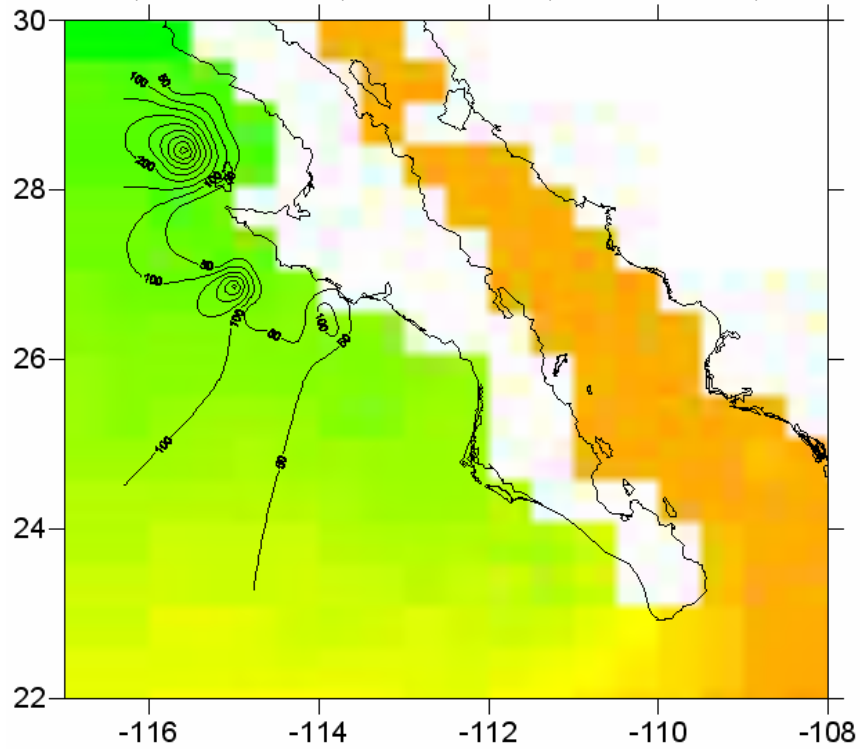
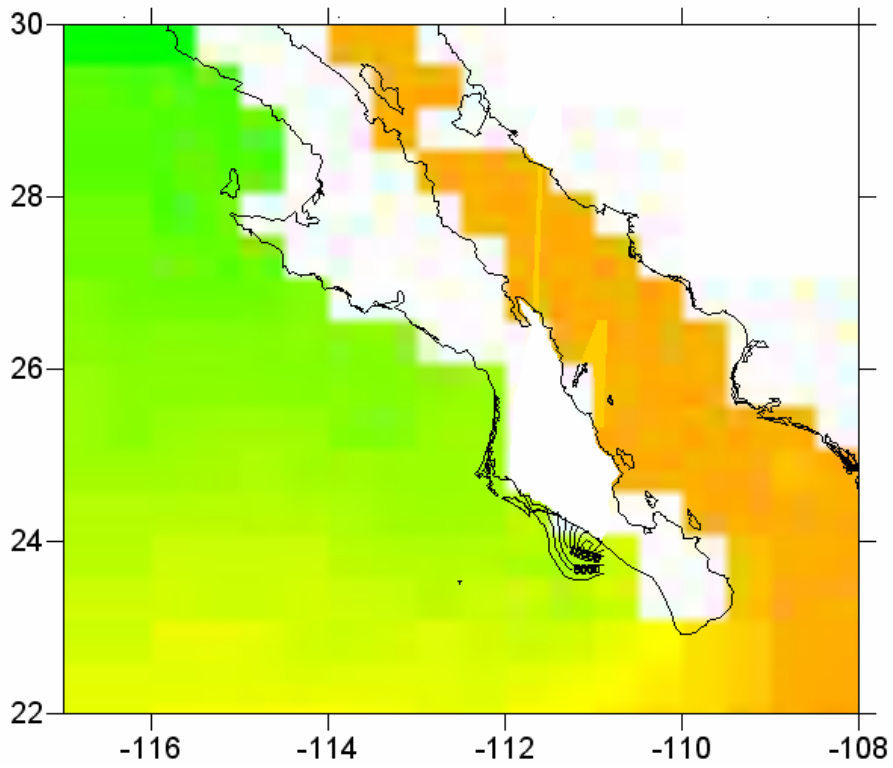


Figura 19.1 *Calanus pacificus*



**Figura 19.2** *Eucalanus bungii californicus*



**Figura 19.3** *Rhincalanus nasutus*

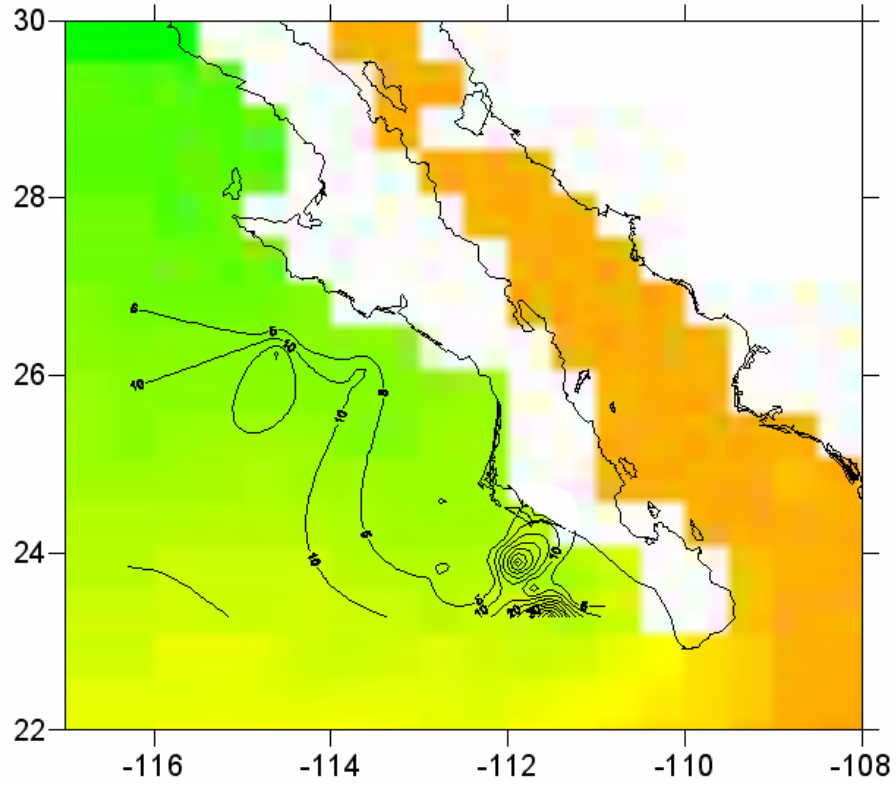


Figura 19.4 *Candacia bipinnata*

NOVIEMBRE 1986

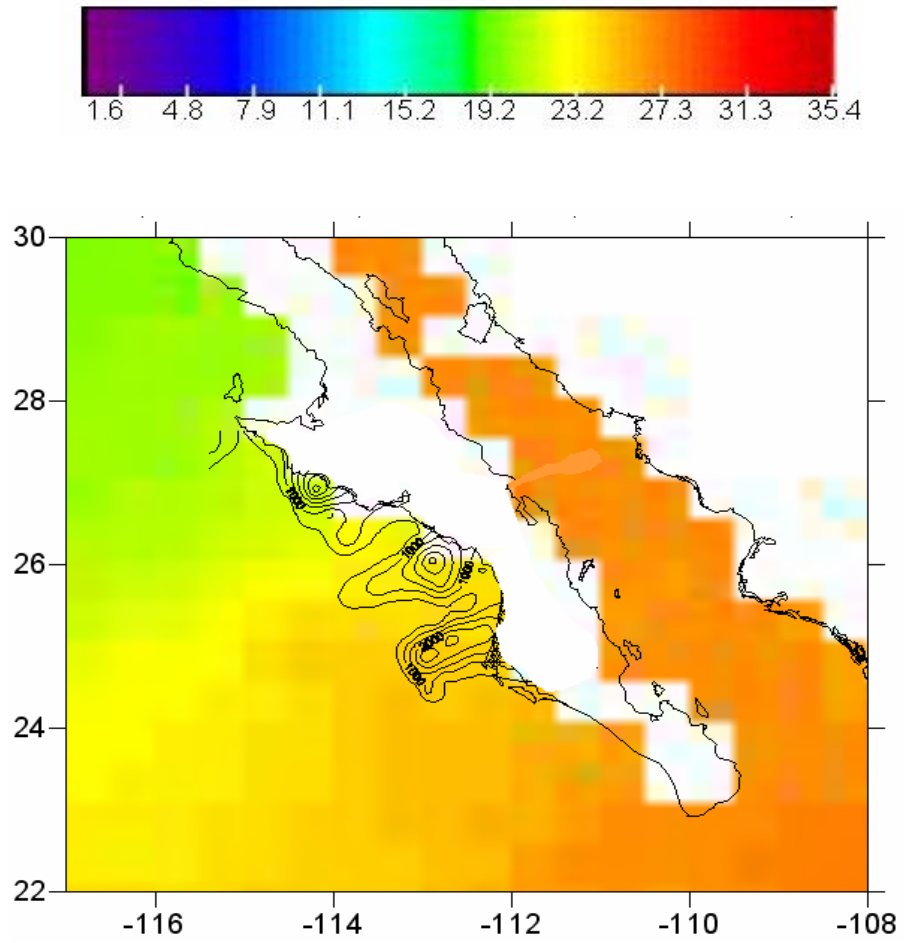


Figura 20.1 *Calanus pacificus*

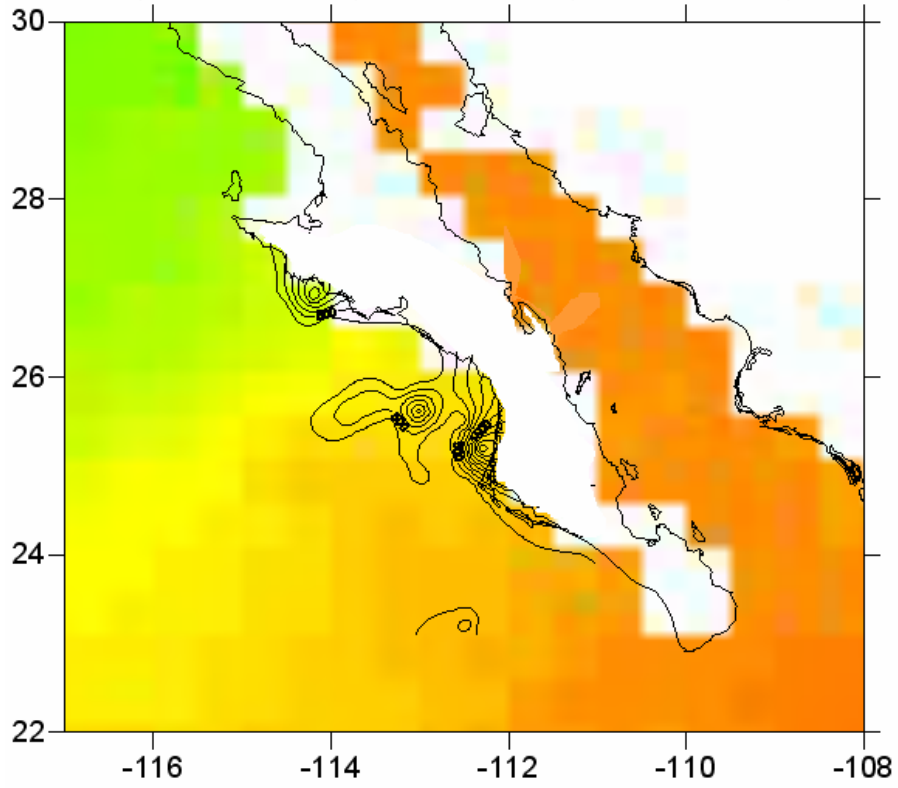


Figura 20.2 *Eucalanus bungii californicus*

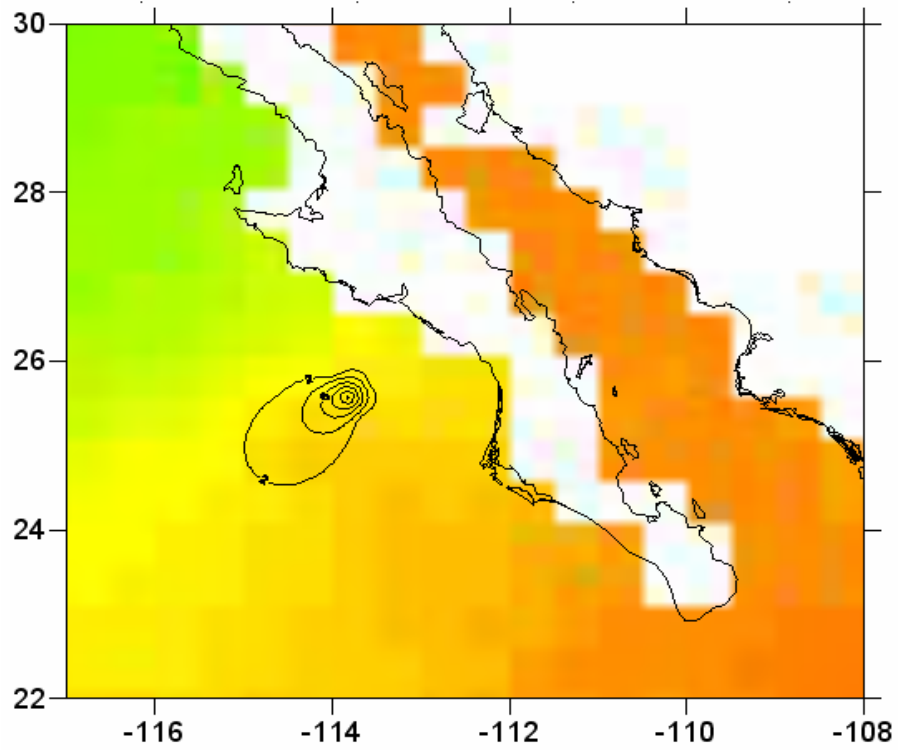


Figura 20.3 *Rhincalanus nasutus*



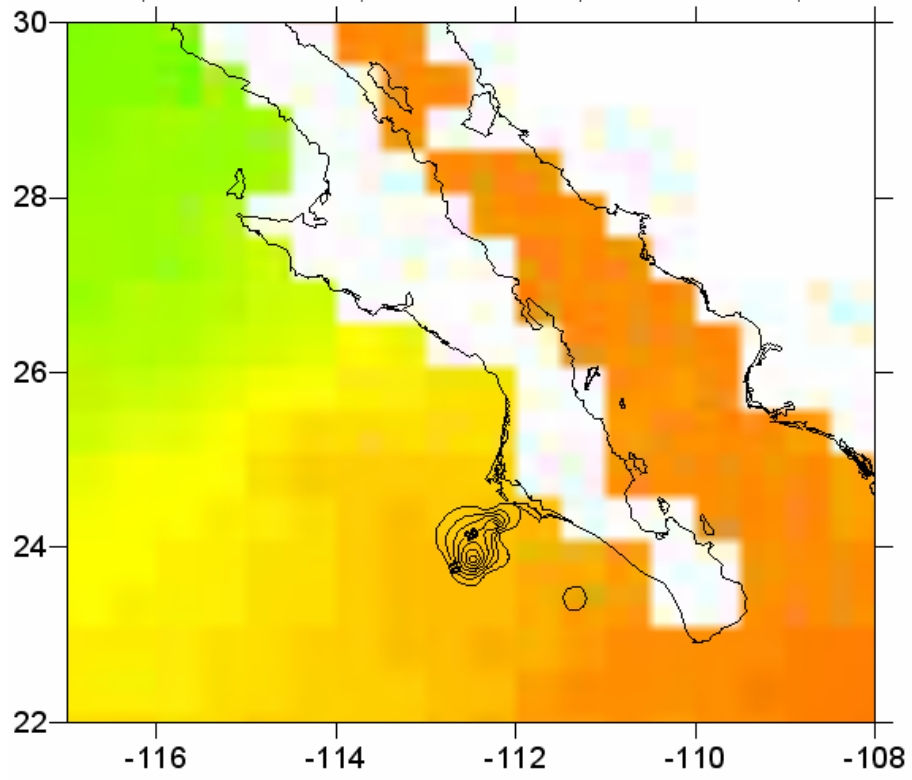


Figura 20.4 *Candacia bipinnata*

JULIO 1987

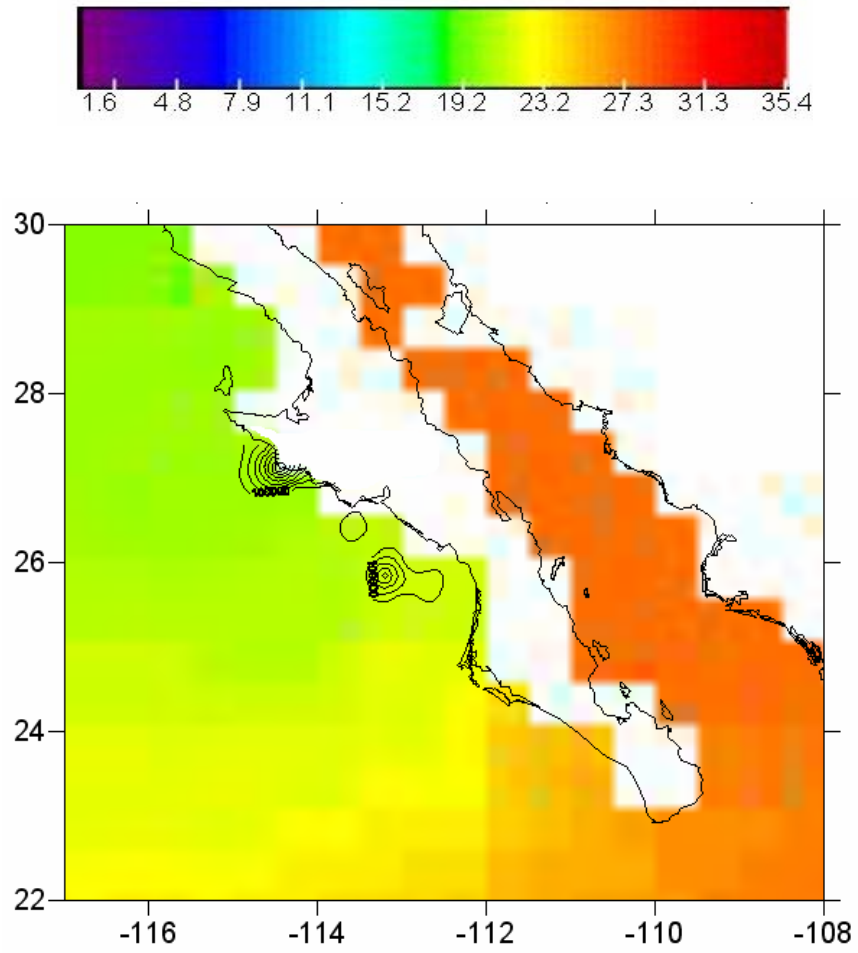
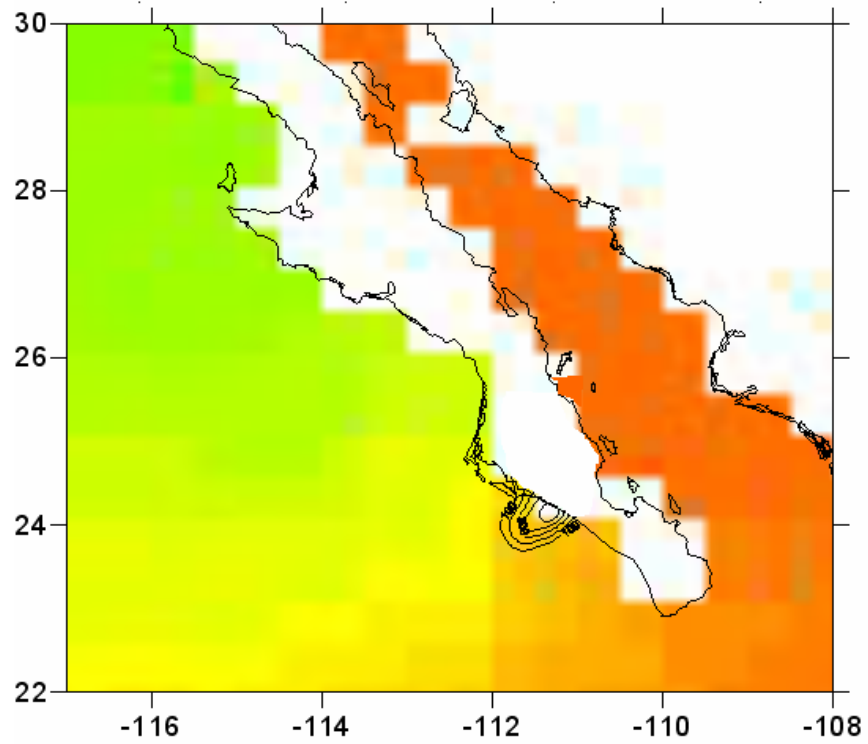
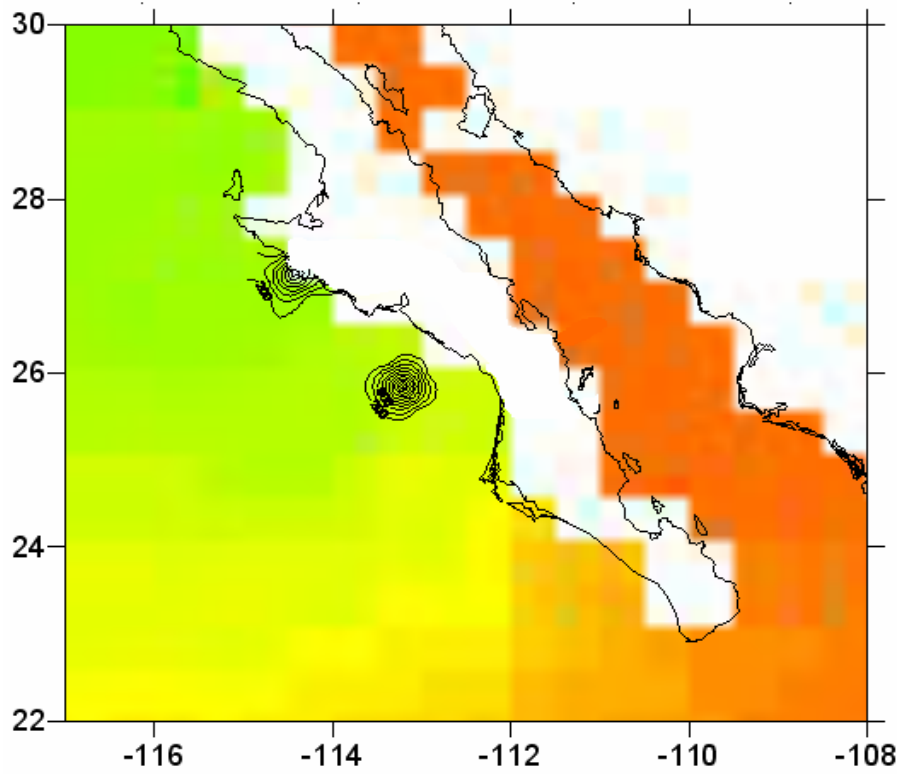


Figura 21.1 *Calanus pacificus*



**Figura 21.2** *Eucalanus bungii californicus*



**Figura 21.3** *Rhincalanus nasutus*

OCTUBRE 1987

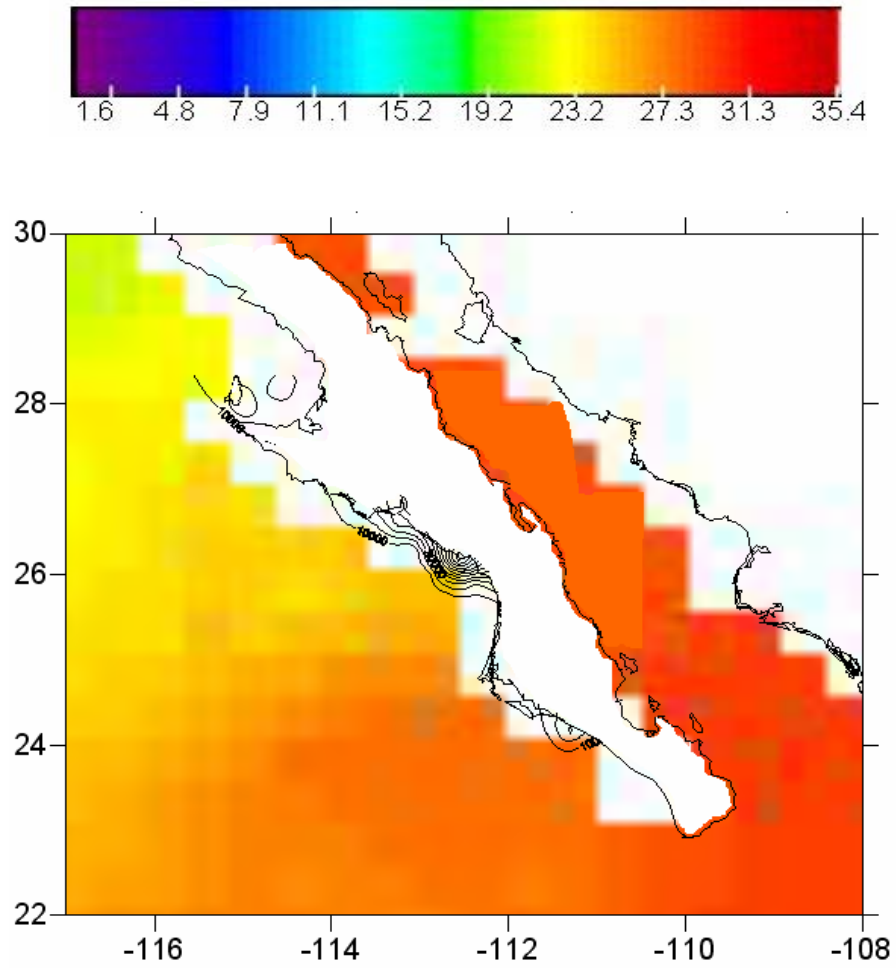
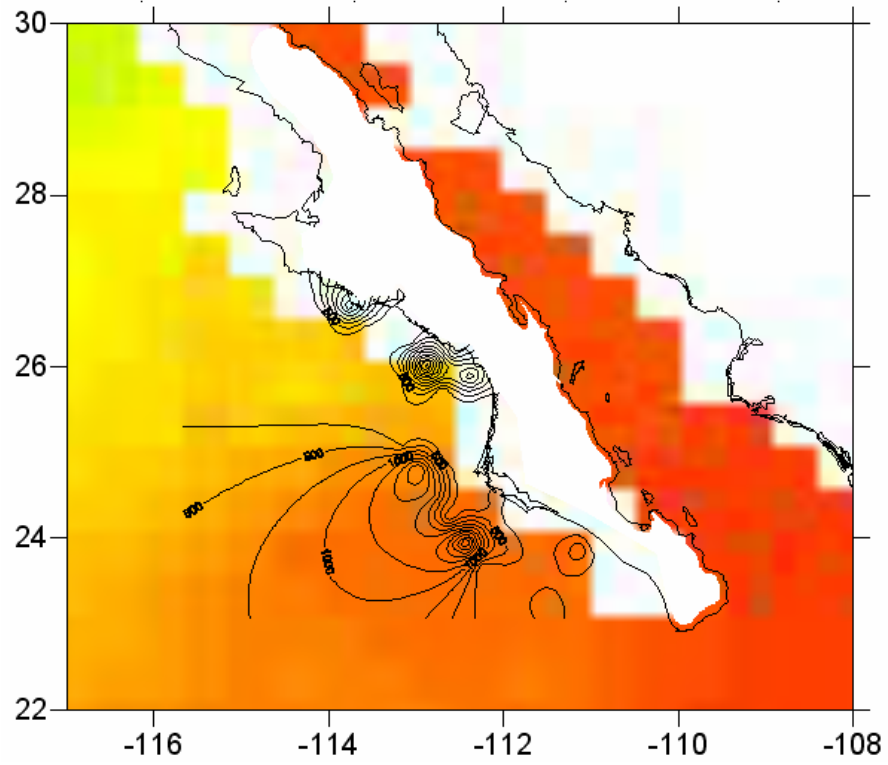
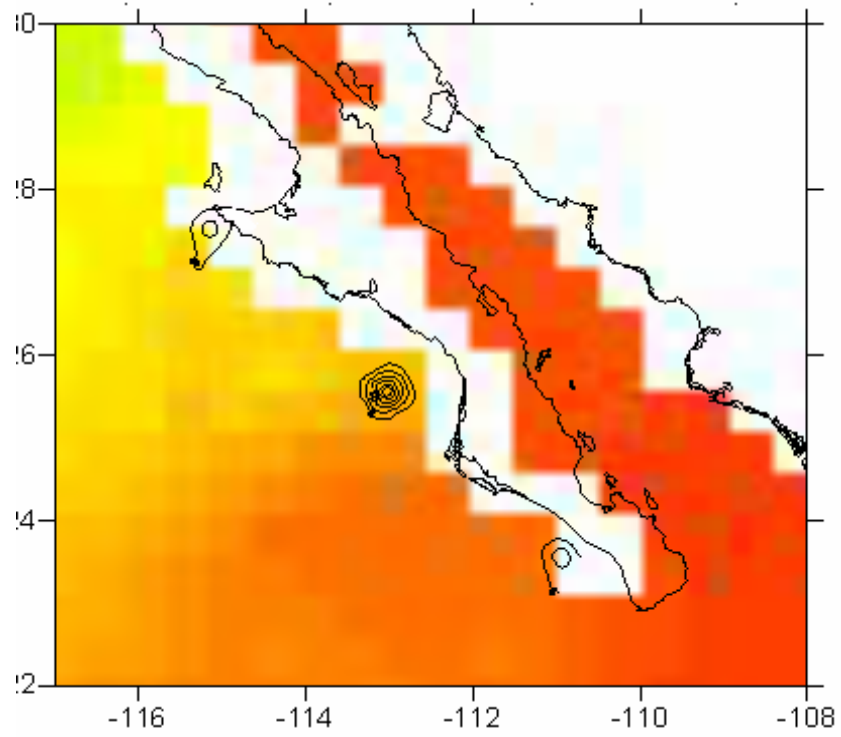


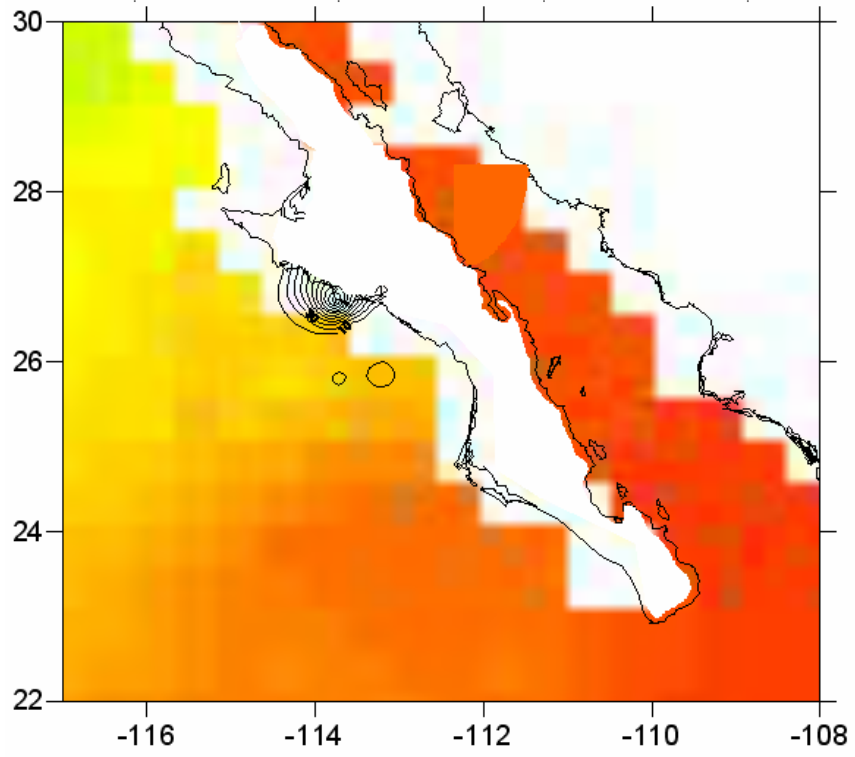
Figura 22.1 *Calanus pacificus*



**Figura 22.2** *Eucalanus bungii californicus*



**Figura 22.3** *Rhincalanus nasutus*



**Figura 22.4** *Candacia bipinnata*

JULIO 1988

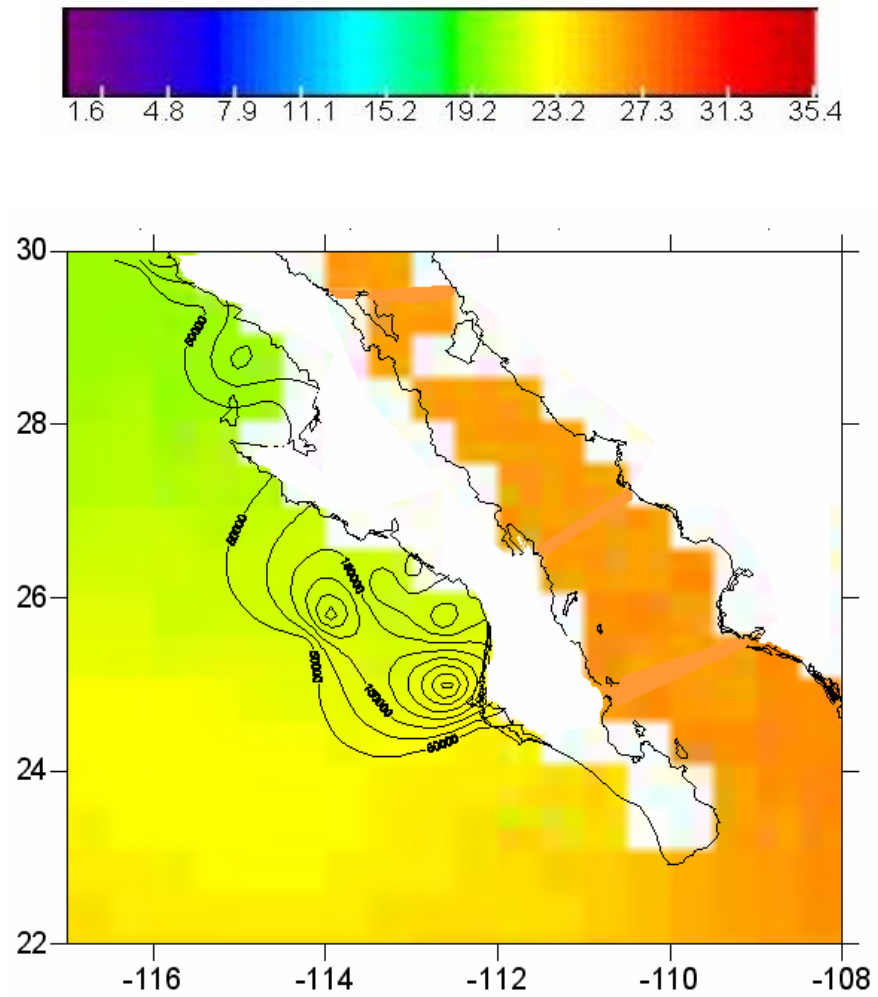
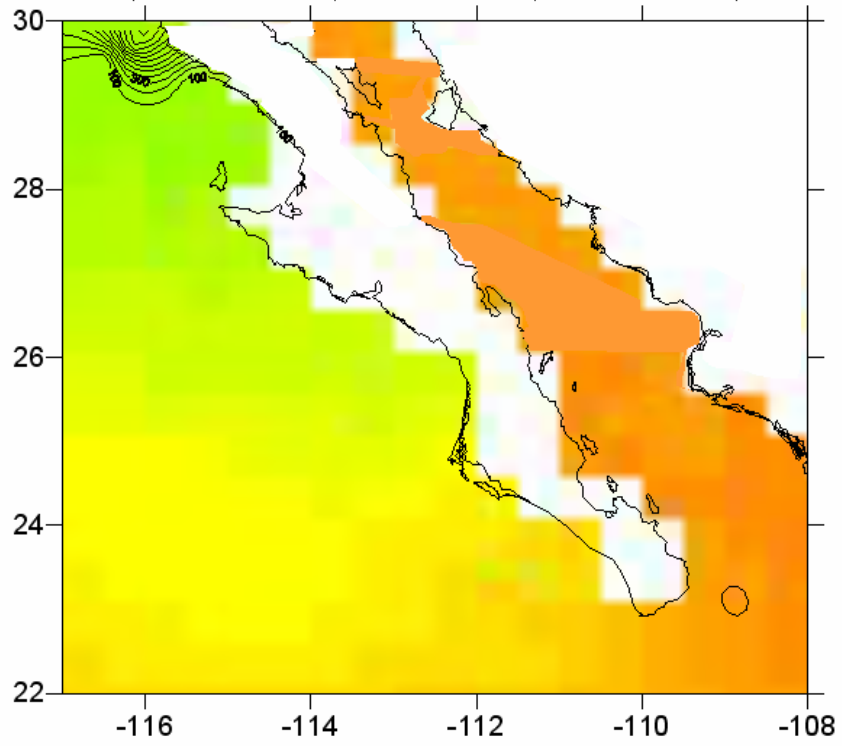


Figura 23.1 *Calanus pacificus*



23.2 *Eucalanus bungii californicus*

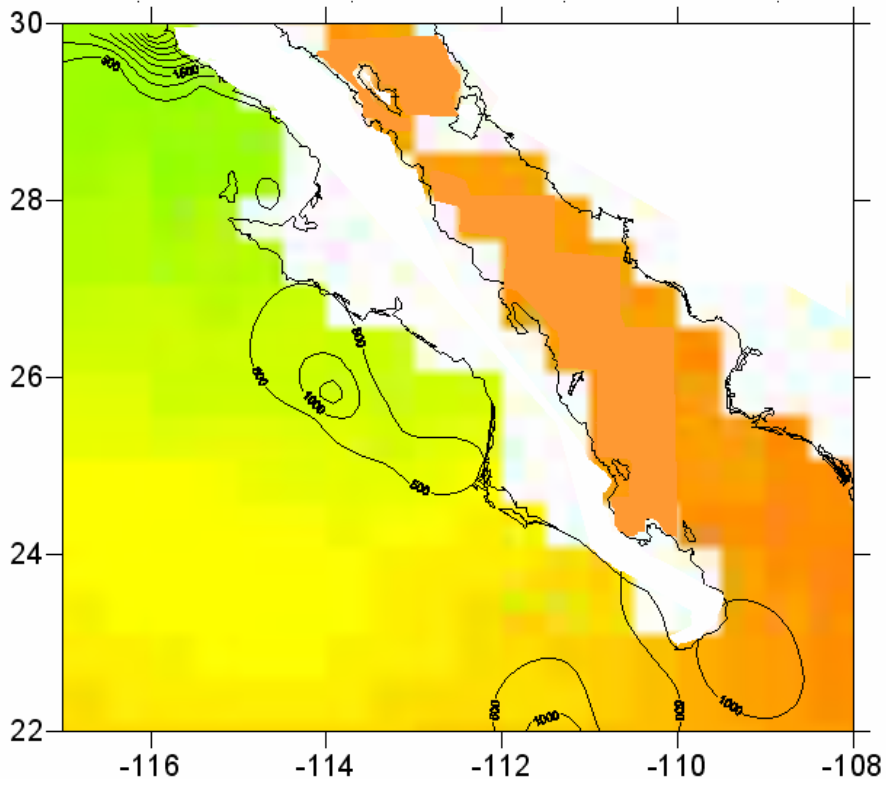


Figura23.3 *Rhinocalanus nasutus*



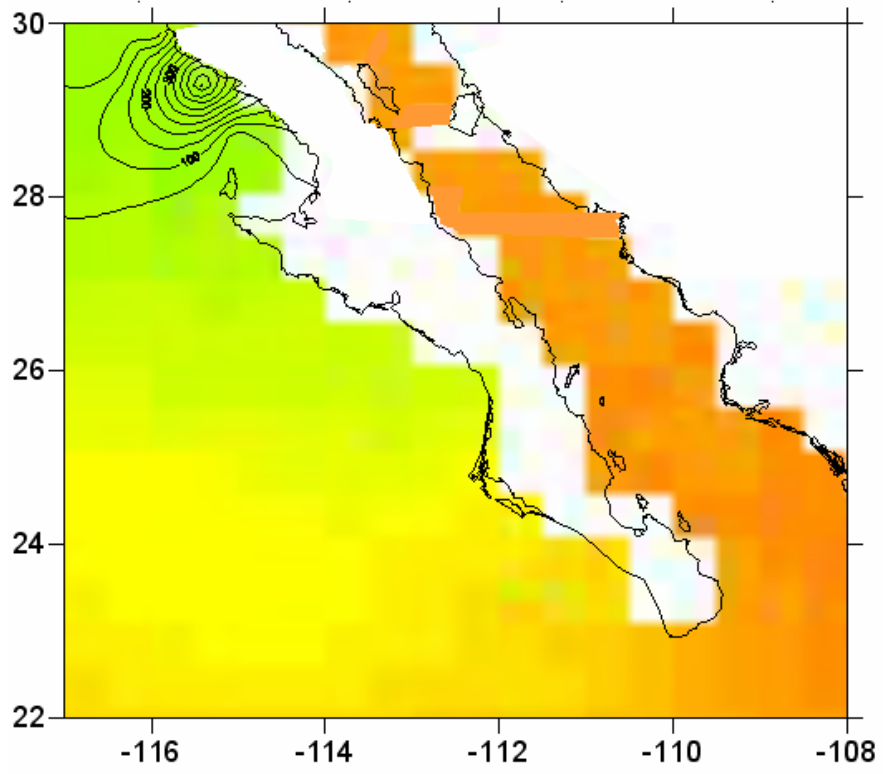


Figura 23.4 *Candacia bipinnata*

JUNIO 1989

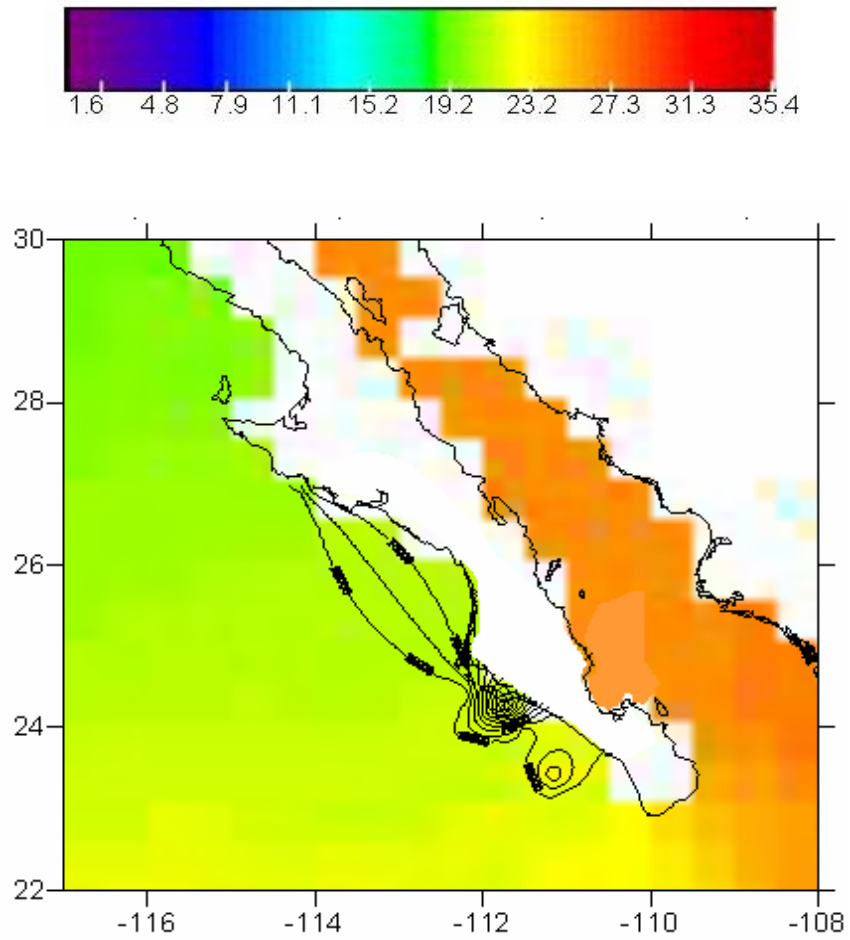
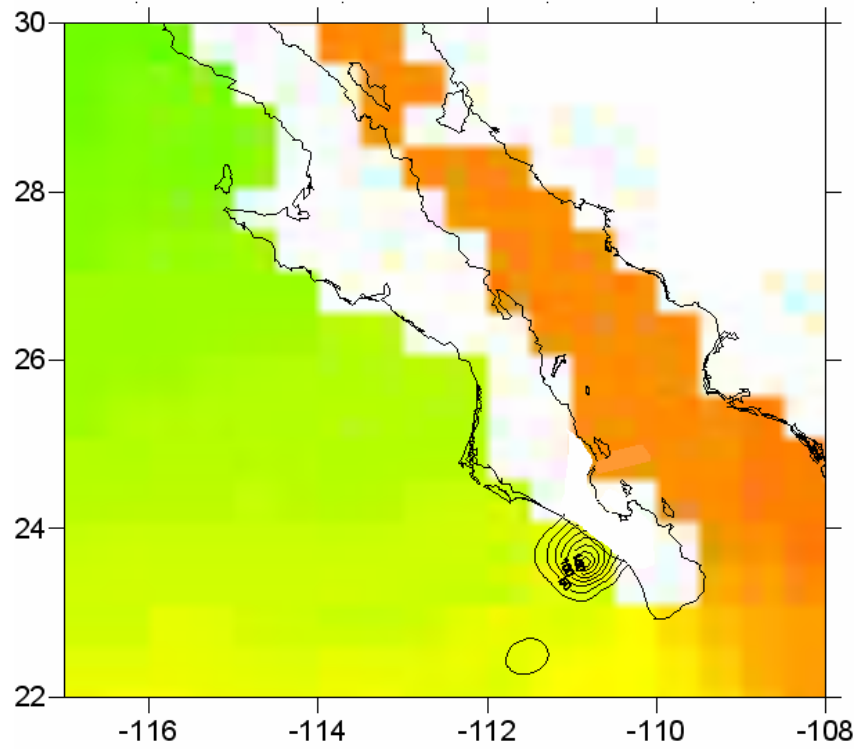
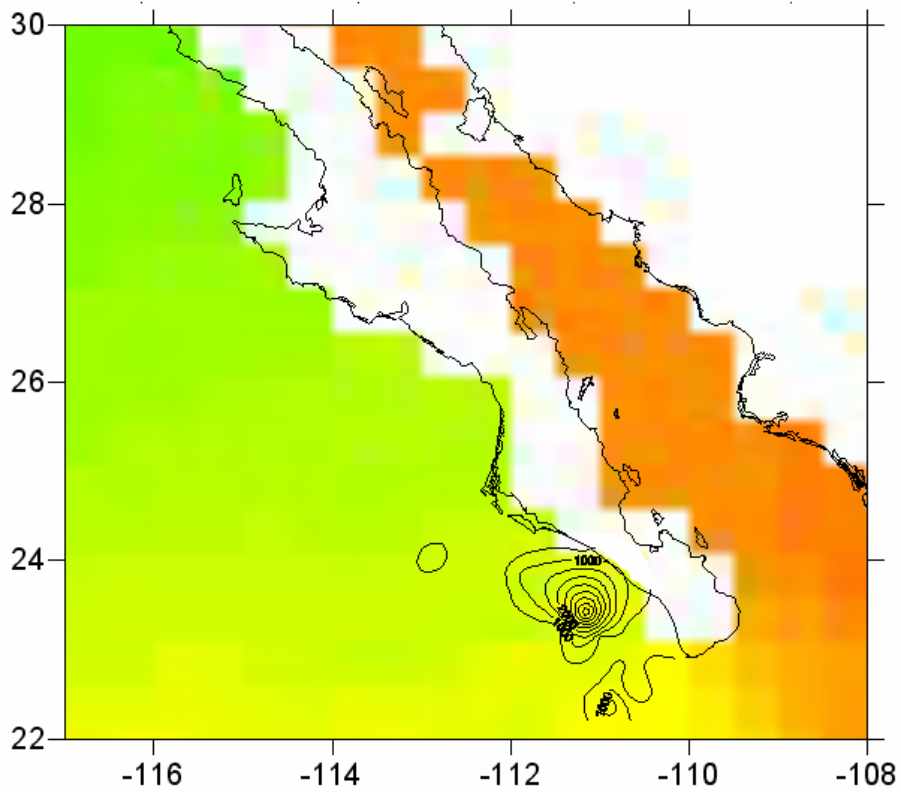


Figura 24.1 *Calanus pacificus*



**Figura 24.2** *Eucalanus bungii californicus*



**Figura 24.3** *Rhincalanus nasutus*

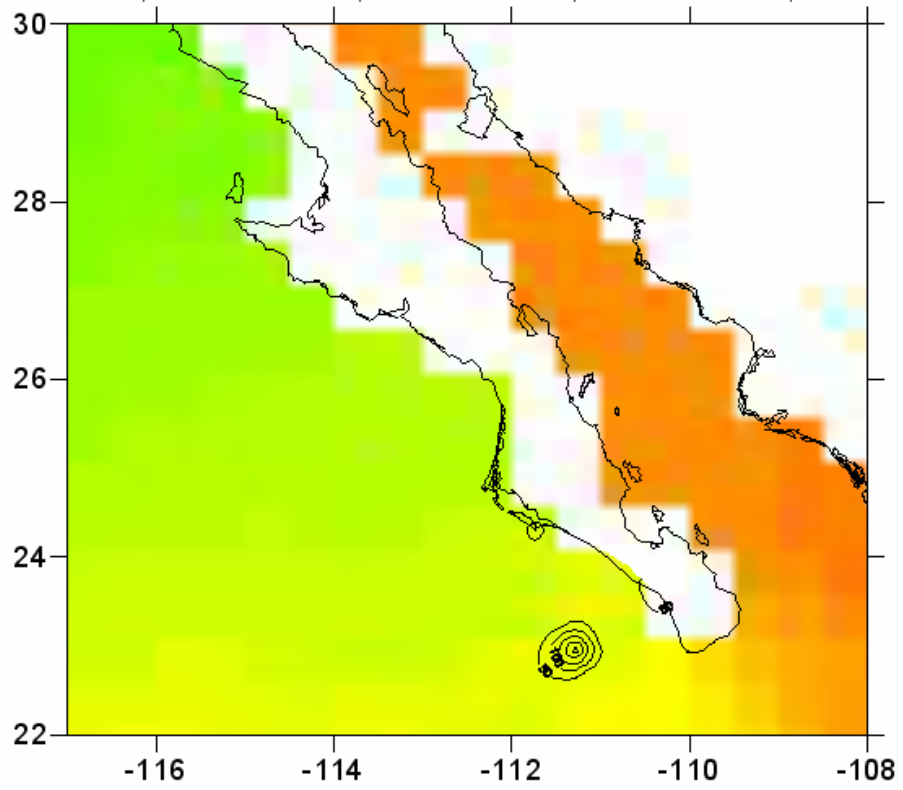


Figura 24.4 *Candacia bipinnata*

SEPTIEMBRE 1991

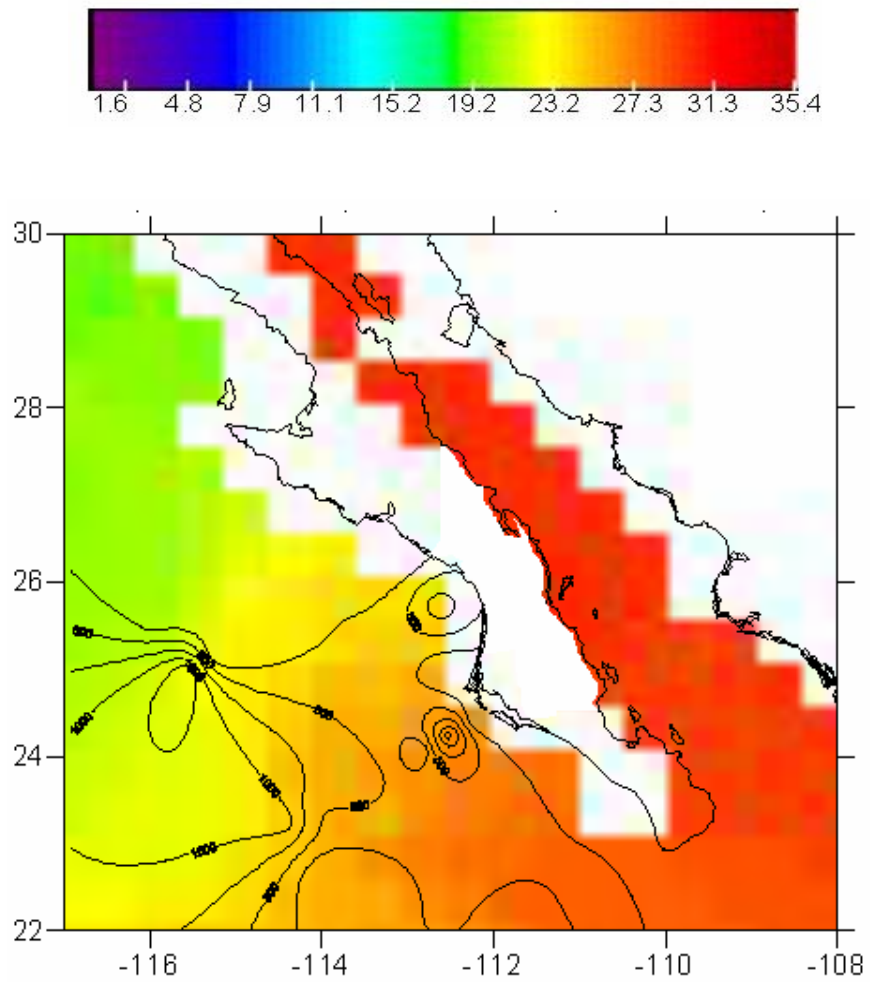


Figura 25.1 *Calanus pacificus*

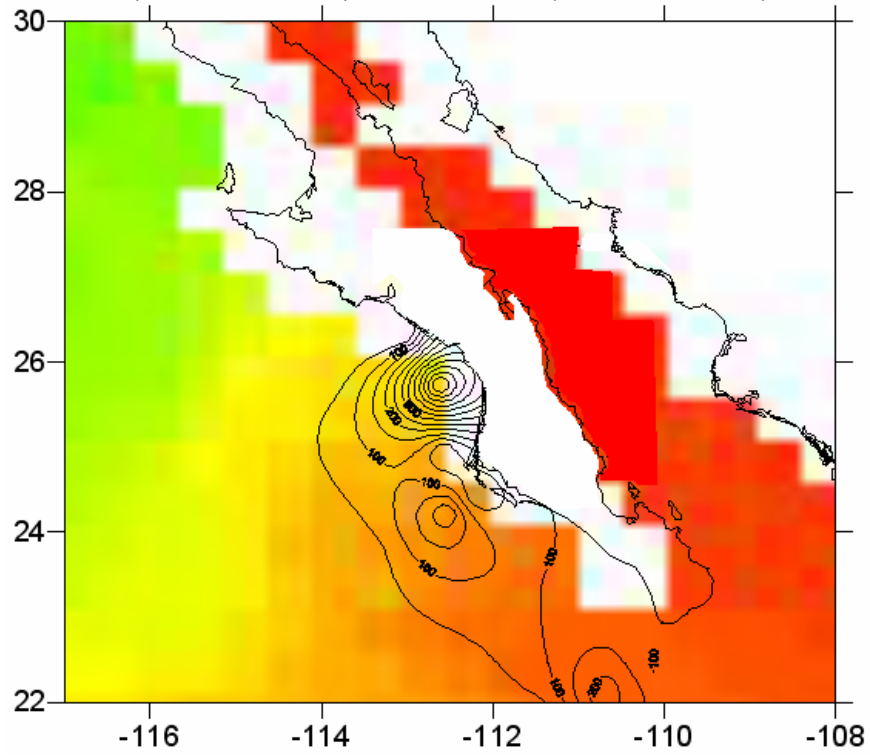


Figura 25.2 *Eucalanus bungii californicus*

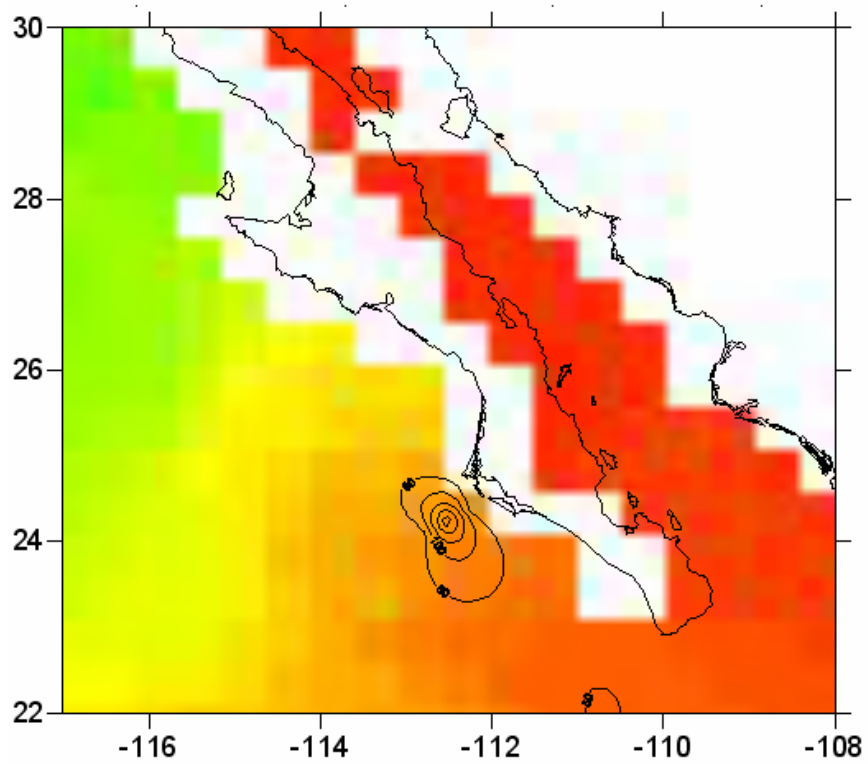


Figura 25.3 *Rhincalanus nasutus*

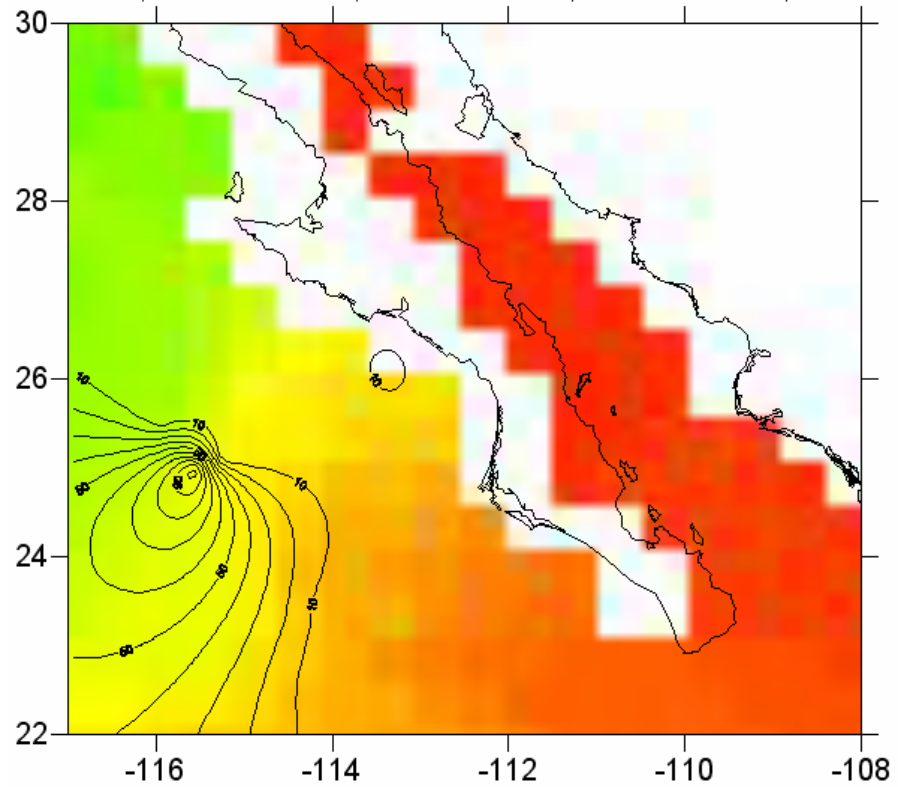


Figura 25.4 *Candacia bipinnata*

ANEXO II. CRUCEROS CalCOFI. Tomado de Fleminger (1967).

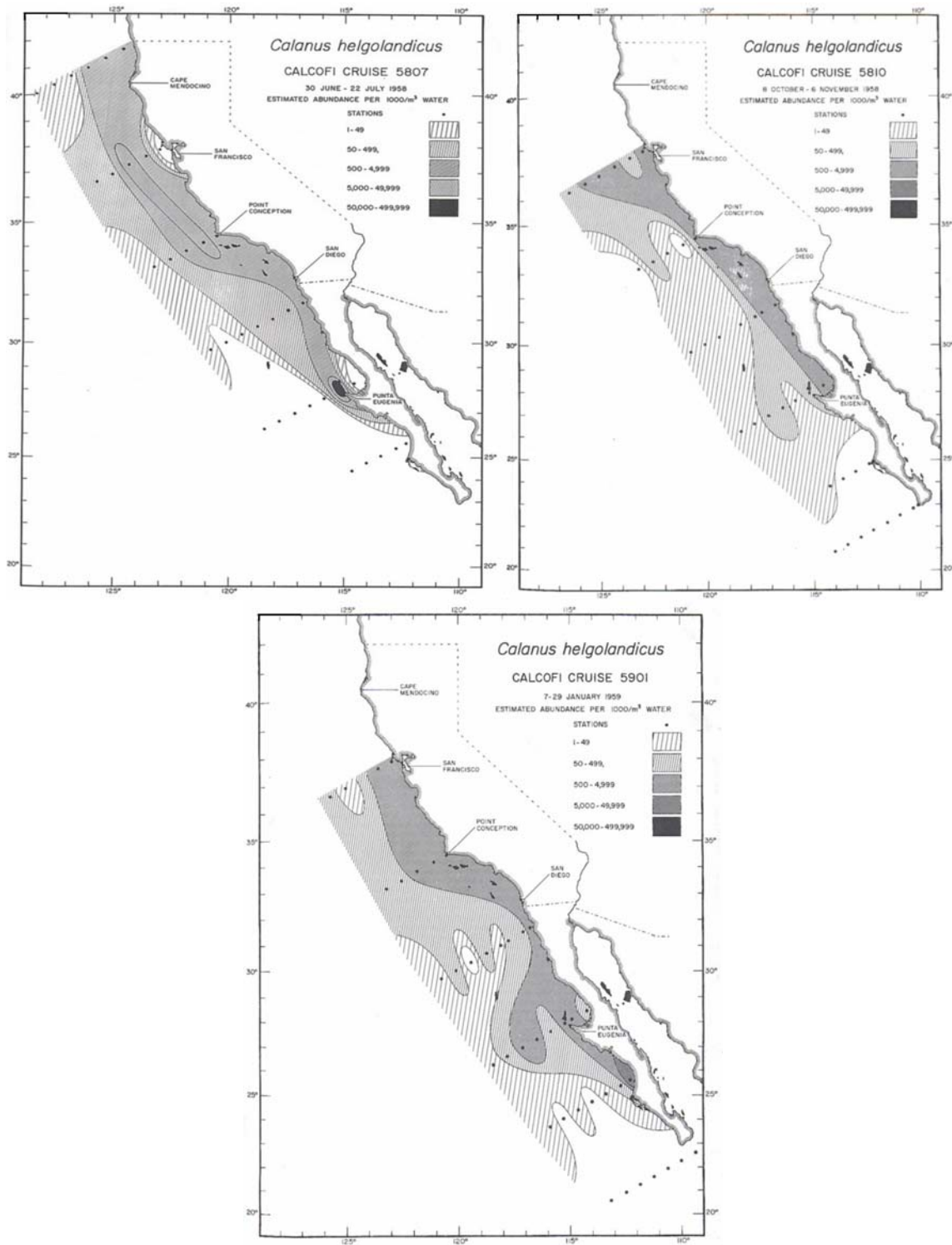


Figura 26. Distribución de *Calanus helgolandicus* (*Calanus pacificus*).



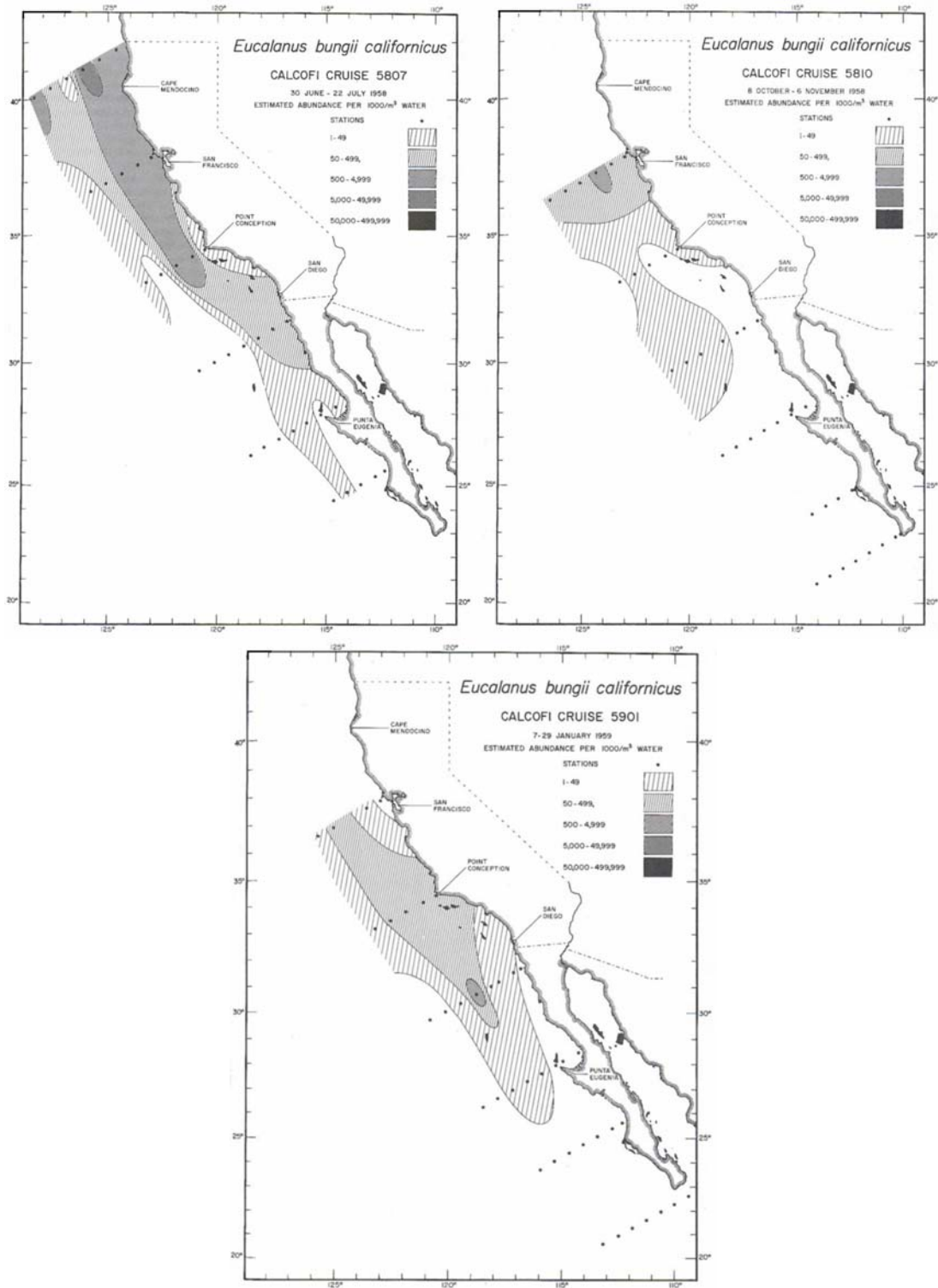


Figura 27. Distribución de *Eucalanus bungii californicus*.

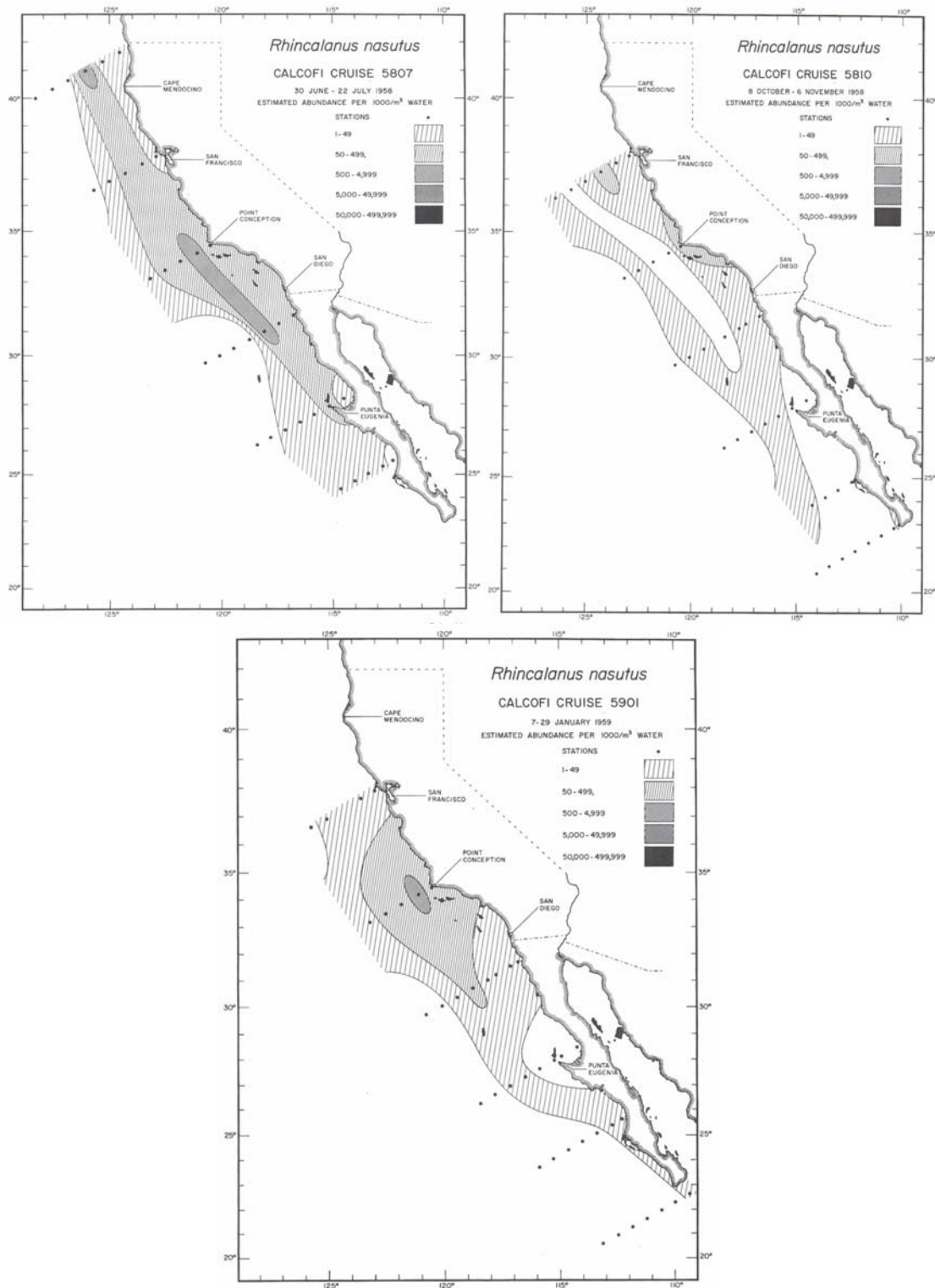


Figura 28. Distribución de *Rhinocalanus nasutus*.

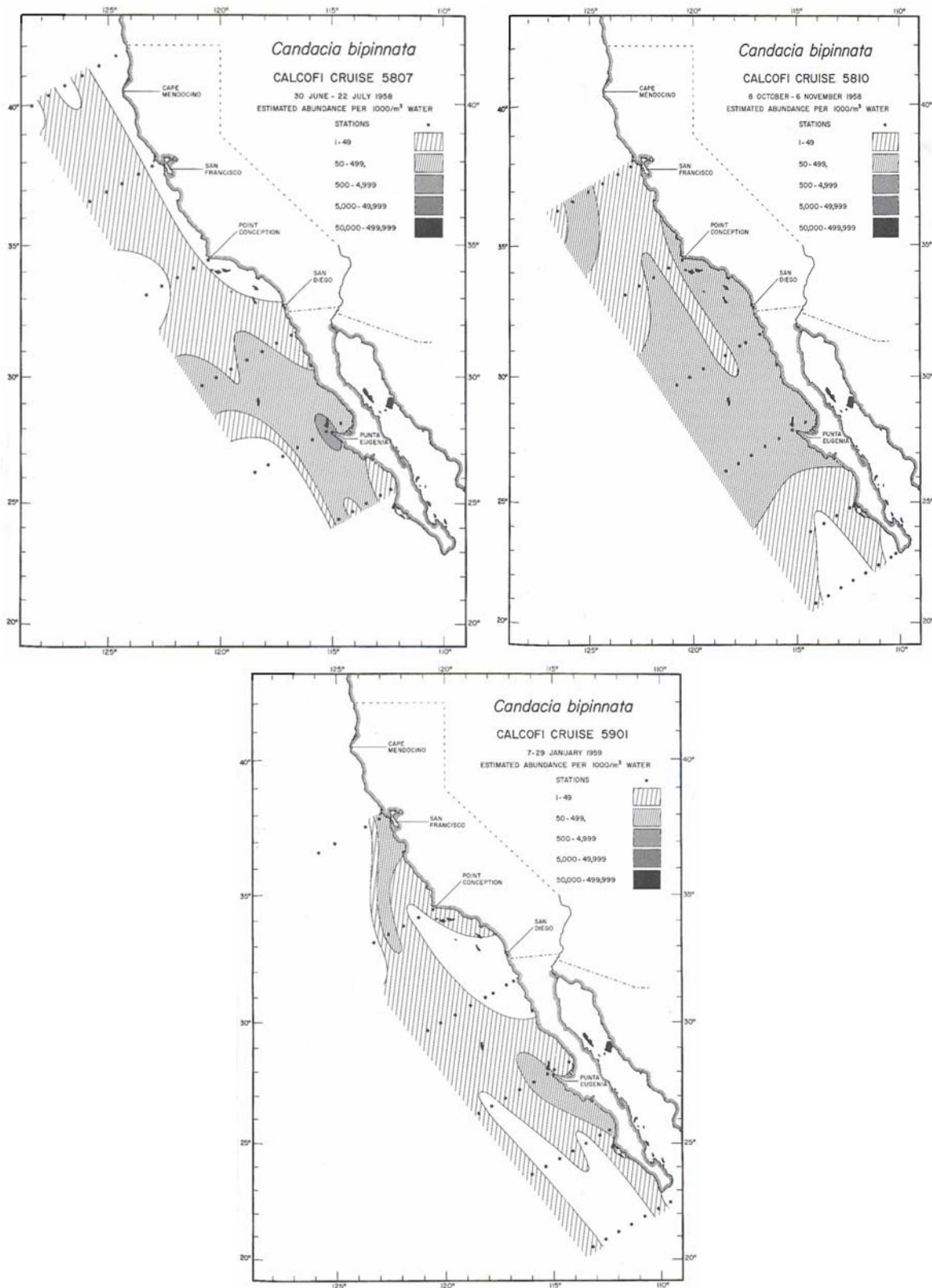


Figura 29. Distribución de *Candacia bipinnata*.