



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**VARIACIÓN ESPACIO – TEMPORAL DE
ESTADIOS LARVARIOS DE LANGOSTA ROJA**
Panulirus interruptus (Randall, 1840) EN LA
COSTA OCCIDENTAL DE LA PENÍNSULA DE
BAJA CALIFORNIA, EN UN PERÍODO
ANÓMALO FRÍO (1999-2001)

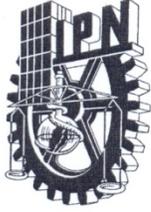
TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

PRESENTA

ITZEL GARCÍA KAUFFMAN

LA PAZ, B.C.S. JUNIO DE 2009



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de **La Paz, B.C.S.**, el día **11** del mes **Junio** del año **2009**, el (la) que suscribe **BIÓL. ITZEL GARCÍA KAUFFMAN** alumno(a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS** con número de registro **A070313** adscrito al **CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS** manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: **DR. ALEJANDRO TRINIDAD HINOJOSA MEDINA** y cede los derechos del trabajo titulado:
"VARIACIÓN ESPACIO – TEMPORAL DE ESTADIOS LARVARIOS DE LANGOSTA ROJA
***Panulirus interruptus* (Randall, 1840) EN LA COSTA OCCIDENTAL DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA, EN UN PERIODO ANÓMALO FRÍO (1999-2001)"**

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: itzelgk@hotmail.mx ahinojos@ipn.mx

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


BIÓL. ITZEL GARCÍA KAUFFMAN
nombre y firma

Este trabajo se realizó gracias a los Proyectos de Investigación de grupo CONACyT, **“Acoplamiento Biofísico en el Ecosistema Pelágico de la Región Sureña de la Corriente de California”**, periodo 1997-2000, Clave CONACyTG0041-T9607. **“Respuesta del Plancton al Forzamiento Físico de Mesoescala en el Ecosistema Pelágico de la Zona Sur de la Corriente de California”**, periodo 2001-2005”, Clave CONACyTG35326-T. **“Mecanismos y Escala de Acoplamiento Físico-Biológico en el Ecosistema Pelágico de la Región Sureña de la Corriente de California”**, periodo 2005-2007, Clave CONACyT V42569-R, y del proyecto **“Dinámica espacio temporal de larvas de langosta y paralarvas de calamares de importancia comercial en la costa occidental de la Península de Baja California”**, clave SIP # 20080533. a partir de los cuales se generaron las muestras, y apoyos para el desarrollo de esta tesis.

DEDICATORIA

Para mis padres, Beatriz e Hiram.

A ustedes dedico este trabajo con todo mi amor, , apoyo incondicional, no podría haber logrado lo que soy, lo que tengo, y principalmente el alcanzar esta meta. Son mis pilares fundamentales en este camino llamado vida, y para andarlo firmemente, me dieron siempre lo necesario para forjarme, como mujer y profesionalista, gracias por la educación, consejos y disciplina. Representan mi mayor y mejor ejemplo a seguir.

Los amo!!!!

A mis hermanos Hiram y Alejandra.

Negro adorado la sangre nos hizo hermanos y la vida nos hizo amigos, te quiero mucho. Querida Alejandra el destino nos convirtió en cuñadas y la vida nos hizo hermanas. Siempre están en mi mente y corazón. He tenido el privilegio de contar con ustedes y sus voces, su cariño y apoyo son el estímulo para seguir con paso firme hacia adelante, pero sobre todo debo agradecerles por regalarme a mis dos más grandes y preciados tesoros:

Ximena y Natalia

Mis adorables sobrinas.

Son el motor que alimenta mi corazón y alma,
En su momento y tiempo sabrán lo que es el gozo y satisfacción de llegar a esta meta.

Nunca dejen de soñar. Por que los sueños se hacen realidad.

A mis queridas familias

Los García y los Kauffman.
Estamos lejos, pero el cariño nos une.

A la memoria de los que se adelantaron en cada familia.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN) por permitirme ser parte de la maravillosa comunidad Politécnica. Por los apoyos otorgados PIFI y Beca tesis.

Al M. C. Alejandro T. Hinojosa Medina, primeramente por haber aceptado dirigir esta tesis. Las interminables horas de charlas permitieron que aterrizara las ideas del trabajo, ya ves las 100 veces que repetiste cada cosa valieron la pena !!!!!. También tu “casi” inagotable paciencia y tantas enseñanzas, se tienen que agradecer.

A mi comité tutorial, M. C. Roxana de Silva Dávila, Dr. Reginaldo Durazo Arvizu, Dr. Federico García Domínguez, Dr. Gerardo Aceves Medina, M. C. Ricardo Saldierna, a ustedes debo agradecer sus acertados y valiosos comentarios durante el proceso de revisión del documento. Gracias por su tiempo y recomendaciones.

A los investigadores, maestros, técnicos y compañeros del Departamento de Plancton y Ecología Marina. El permitir compartir con ustedes espacio y

A todos los integrantes del grupo IMECOCAL, en especial al Dr. Reginaldo Durazo por permitirme utilizar los datos oceanográficos para el desarrollo de esta tesis, y dedicarme su valioso tiempo durante mi estancia en Ensenada. Al Dr. Gilberto Gaxiola-Castro igualmente por darme la oportunidad de utilizar la información de Clorofila, y al Dr. José Gómez Vélez por el apoyo brindado

A la M. C. Rosa Elisa Rodríguez Martínez, mi querida amiga gracias por su tiempo y comentarios para esta tesis.

Al Dr. Eduardo González por su valiosa ayuda con MatLab.

Al M. C. Gustavo de la Cruz Agüero, por su disposición en todo momento para que pudiera descifrar el cuento y contar la historia.

El mayor tesoro después de la familia es la amistad, los vínculos formados en este Puerto de ilusiones, permitieron que mi estancia haya sido más placentera. Si la memoria no me falla, a lo cual anticipo una disculpa, trataré de incluir a todas aquellas personas que de una u otra forma me brindaron ayuda desde el primer día. Cada uno, en su momento, me alagó con palabras de apoyo y estímulo, tanto en el día a día y durante mi proceso formativo, en las inolvidables reuniones de los viernes, las fiestas en la playa, como la maravillosa convivencia en los torneos de boliche. Pero sobre todas las cosas, agradezco la amistad de todos, me quedo con lo mejores momentos que compartimos, dejo en estas líneas mi gratitud y deseo que la amistad perdure por siempre, sin importar donde nos lleven los caminos. GRACIAS AMIGOS !!!

Primeramente a mi maestro, amigo y paisano Martin Hernández Rivas, por su tiempo, artículos, libros, largas pláticas y recomendaciones académicas. A la Sra. Irene Rochin, por su amistad, su calidez, hospitalidad y disposición en todo momento. A Víctor Cruz y Lucía Campos, por abrirme la primera puerta paceña, su grata hospitalidad y amistad es invaluable. A Roxana y Raymundo, ustedes son un sol, sobre todo tu amiga, por ser un pilar en el que pude apoyarme y no flaquear al final de este proceso. Claudia Alicia y Guillermo, chiquita eres grande!!!, desde que nos conocimos se fincó una excelente amistad y camaradería, a ti Memo chaparrunga se te quiere bien, aunque a veces choque nuestro carácter. Para ambos mi cariño y salud pues!!!!. Pablo, Norma y David, por estar siempre dispuestos a disfrutar de buenos momentos en la playa y por permitirme vivir con ustedes días inolvidables. Como olvidar aquella acampada en Punta Mejía !!!!!. A... mi querido amigo y Yoga Teacher Alfredo, te quiero mucho!!!. A Isabel y Rodrigo, por la calidez que me brindaron. A ti mi querida Isa muy en especial por enseñarme a querer a las filosomas, por tener esa voz angelical, aunque te guste cantar a obscuras, se extraña tu maravillosa risa. Gerardo Aceves y Christina Band, gracias por acompañarme en mis locos festejos de cumpleaños.....prometo mejorar mi canto. A la Dra. Aida Martínez siempre dispuesta a desenmarañar las dudas académicas y personales, mi admiración y afecto para ti por siempre. A mis queridas amigas y colegas, Rosita, Malke y Laura, bien dice el tango "Volver"... ...que 20 años no es nada....así es mi queridas biólocas ya son 20 años de nuestra maravillosa amistad. Las quiero !!!!

Claro que no podían faltar por su invaluable amistad y apoyo incondicional, Vane y Yassir; Mimí Bocanegra y Scarlett. A los ñoños del área de posgrado y salón 6: Alejandra Ramírez y Sheila (Morra casi PhD) por sus agradables e interminables platicas. Por supuesto que ustedes también participaban en largas charlas, consejos y rosas mis estimados "Inges" Coras Trini, Marcial e Iván; Saúl. Genoveva por su valiosa ayuda en estadística, así como por lo consejos. Shelley, mis hijos adoptivos Luis (el economista) y Uliánov (siempre al rescate). Jasmin, Carmen, Rebeca (gracias hija) y Luis Salcido, Mónica, Irán, Saúl, Vogler, Alfredo (el paisano-vecino) y Annel. Por supuesto que no se me olvidan Galdis, Manuel y Ximenita; Orso y mi hermosa casi tocaya Yssel; Oscar Ubisha, Cristi y Santiago. Paty Jimenez. Diana (eutrófica), Magda e Irela (Iralay); Germán y Gaby; Margarita Rentería, Emilio Inda; Cristina Alicia (Bubba); Rubén (el señor Burro), Lía; José Diosdado y Carito; José Borges, Yona, Ricardo (Bro rojillo), Gaby, Roció, Bere, Ricardo (cuasi paisano), Ricardo (Sr. Mochis) y Sonia, Natalia (sobrinat), Sarahí y Hugo. Por supuesto que también a Oscar (el perico), Homero y Leo, por tantos momentos de risa y cura. A todos los compañeros con los que curse materias.

A las chicas guapas de la cafetería, Adriana, Margarita, Hellen y especialmente a Norma y MaryCamen por alimentarme, engordarme y enflacarme!!!!

A todos mis maestros que dieron lo mejor de si y sus conocimientos durante el proceso formativo.

Al C.P. Humberto Ceceña, por atender siempre amablemente todas nuestras dudas en las inscripciones y el proceso de obtención de grado.

A toda la comunidad del CICIMAR.

A todos nuevamente.....GRACIAS!!!!

ÍNDICE	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
GLOSARIO.....	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	8
HIPÓTESIS.....	9
OBJETIVOS.....	9
ÁREA DE ESTUDIO.....	10
MATERIAL Y MÉTODO.....	17
RESULTADOS.....	24
DISCUSIÓN.....	48
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	66

INDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Localización del área de estudio y plan básico de estaciones del Programa IMECOCAL.	10
Figura 2.	Anomalías de altura dinámica para los cruceros IMECOCAL realizados durante el año 1999: a) Agosto y b) Octubre.	14
Figura 3.	Anomalías de altura dinámica para los cruceros IMECOCAL realizados durante el año 2000: a) Enero, b) Abril, c) Julio y d) Octubre.	15
Figura 4.	Anomalías de altura dinámica para los cruceros realizados en el año 2001: a) Enero, b) Abril, c) Julio y d) Octubre...	16
Figura 5.	Esquema general de las características morfológicas de la larva filosoma. Anténulas (a1), antenas (a2), pedúnculo ocular (po), endopodito (en), pereiópodo (pe), exopodito (ex), urópodos (ur), pleópodos (pl) y maxilípedo (MXP).	17
Figura 6.	Localización de estaciones costeras (C) y oceánicas (O) en el área de estudio.	21
Figura 7.	Regionalización latitudinal de estaciones en la zona de estudio.	22
Figura 8.	Abundancia total anual de larvas de <i>Panulirus interruptus</i> para el periodo 1999 - 2001.	24
Figura 9.	Abundancia anual de estadios larvarios durante el periodo 1999-2001.	26
Figura 10.	Abundancia temporal de los estadios larvarios de <i>P. interruptus</i> durante el periodo 1999-2001	27
Figura 11.	Clases anuales de larvas de <i>P. interruptus</i> identificadas durante el periodo 1999-2001.	28

Figura 12.	Ocurrencia cuantitativa de estadios larvarios filosoma (números romanos) y puerulos (P) de <i>P. interruptus</i> en las clases anuales 1999-2000 y 2000-2001. La base de las gráficas corresponde a la temporada (crucero) y las líneas en diagonal señalan la progresión de los estadios larvarios de acuerdo a la temporada en cada clase anual. Las flechas señalan estadios extemporáneos (ver texto).	29
Figura 13.	Abundancia total y abundancia promedio por estadio de desarrollo de la clase anual CA-1 1999-2000 (a y c) y CA-2 2000-2001 (b y d) de <i>Panulirus interruptus</i> .	30
Figura 14.	Distribución latitudinal de estadios larvarios de <i>P. interruptus</i> en la Clase Anual 1.	32
Figura 15.	Distribución latitudinal de estadios larvarios de <i>P. interruptus</i> en la Clase Anual 2.	33
Figura 16.	Abundancia de estadios larvarios iniciales, intermedios, finales y puerulos (P) de <i>P. interruptus</i> en la distribución costa-océano de las clases anuales CA-1 y CA-2. En las gráficas pequeñas se ilustra el promedio de estaciones positivas con su error estándar en la costa y océano.	35
Figura 17.	Temperatura mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio (línea sólida) y error estándar (segmentos verticales), de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 1.	36
Figura 18.	Análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la temperatura para la clase anual 1.	36
Figura 19.	Temperatura mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio (línea sólida) y error estándar (segmentos verticales), de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 2.	37
Figura 20.	Análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la temperatura para la clase anual 2	37

Figura 21.	Salinidad mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio (línea sólida) y error estándar (segmentos verticales), de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 1.	38
Figura 22.	Análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la salinidad para la clase anual 1.	38
Figura 23.	Salinidad mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio (línea sólida) y error estándar (segmentos verticales), de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 2.	39
Figura 24.	Análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la salinidad para la clase anual 2.	39
Figura 25.	Clorofila a integrada (Cl a mg/m^2) mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea solida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 1	40
Figura 26.	Análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la Clorofila a integrada (Cl a mg/m^2) para la clase anual 1.	40
Figura 27.	Clorofila integrada mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea solida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 1	41
Figura 28.	Análisis de componentes principales con respecto a la Clorofila a integrada (Cl a mg/m^2) para la clase anual 2.	41
Figura 29.	Profundidad de la capa de mezcla mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea solida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 1.	42
Figura 30.	Análisis de componentes principales con respecto a la profundidad de la capa de mezcla y estadios larvarios para la clase anual 1	42
Figura 31.	Profundidad de la capa de mezcla mínima (línea	43

punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea solida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 2

Figura 32.	Análisis de componentes principales con la profundidad de la capa mezcla y estadios larvarios para la clase anual 2.	44
Figura 33.	Distribución de estadios larvarios y flujo geostrofico para la Clase Anual 1.	46
Figura 34.	Distribución de estadios larvarios y flujo geostrofico para la Clase Anual 2.	47
Figura 35.	Abundancia total de larvas filosoma de <i>Panulirus interruptus</i> en los cruceros IMECOCAL durante el periodo otoño de 1997 a otoño de 2001	53
Figura 36.	Abundancia de larvas filosoma de <i>Panulirus interruptus</i> de los cruceros de otoño, obtenida de las estaciones de las líneas 100 a la 127 del plan de cruceros IMECOCAL (1997 y 1998 tomados de Peñaloza, 2008)	53
Figura 37.	Anomalías térmicas del periodo 1988 - 2007 para la región de la Bahía Monterey EUA. El recuadro señala el periodo de 1997 a 2001 donde ocurre el cambio de una condición cálida a una fría (1997-1999) y de una condición fría hacia un calentamiento cercano al promedio (1999-2001). (tomado de McClatchie <i>et al.</i> 2008)	61
Figura 38	Indice de la Oscilación Decadal del Pacífico de los periodos de 1948 a 1955 y de 1996 a 2003. Los recuadros y las flechas indican las condiciones similares entre el periodo trabajado por Johnson (1960b) (1951-1952) y las observadas en este trabajo 1999-2001. (Datos tomados de http://jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest)	62

INDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Tiempo estimado de desarrollo de los estadios larvarios de <i>Panulirus interruptus</i> . Estadio larvario (EL), tiempo de permanencia de cada estadio (D), tiempo para alcanzar cada estadio larvario (t), no estimado (NE). Tomado de la Fig. 2 de Pringle (1986).	20
2	Relación de cruceros IMECOCAL realizados de acuerdo al año, la temporada, número de estaciones muestreadas por crucero (Est m), estaciones positivas (Est +) y abundancia de <i>P. interruptus</i> durante el periodo 1999-2001. Tiempo de permanencia de los estadios larvarios	25

GLOSARIO

Abundancia.- Total de organismos presentes por unidad de área y tiempo determinados. En este estudio, se refiere al total de estadios larvarios recolectados. Se mide en número de organismos en 10m² de superficie marina.

Anomalía: Diferencia entre el valor de una variable y su promedio a largo plazo en un lugar y tiempo determinado.

Anticiclónico: Hace mención a la dirección de rotación en los fenómenos oceánicos y atmosféricos, contrarios a la dirección de giro de los ciclones y al de la tierra, en sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y contrario en el hemisferio sur (Amador y Figueroa, 1997).

Área de distribución: Sitios donde han emigrado o de donde han inmigrado los organismos; además son los sitios donde se localizan actualmente las especies. Superficie sobre la cual se encuentra repartida una especie dada, tanto en la actualidad como en el pasado (Sarmiento, 2001).

Ciclónico: Se usa para definir la dirección de la rotación del giro de un fluido igual al de los ciclones y de la tierra; en sentido contrario al de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en el mismo sentido que éstas, en el hemisferio sur. (Amador y Figueroa, 1997)

Cohorte: hace referencia al grupo de organismos de la misma edad.

C. T. D.: Instrumento oceanográfico empleado para perfiles de la temperatura y la conductividad en la columna de agua. Las siglas C. T. D. provienen del inglés: Conductivity, Temperature, Depth.

Distribución espacial: Disposición geográfica de los componentes de una población en un área determinada.

Distribución temporal: Disposición de los componentes de una población a lo largo del tiempo.

Eclosión: Ruptura de un huevo incubado. (Sarmiento, 2001)

Estación positiva: Estación con presencia de estadios larvarios y puerulo de *Panulirus interruptus*.

Evento: Variación no periódica de un fenómeno (no necesariamente no predecible), que se presenta con magnitud y duración variable. Ejemplos: los fuertes vientos llamados “Nortes” del golfo de México, o el fenómeno de “El Niño” (Amador y Figueroa, 1997).

Filosoma.- Gr. De *Phyllos*, hoja; *soma*, cuerpo (cuerpo con forma de hoja). Fase larvaria exclusivas de los Palinuridos, que corresponde a la etapa zoea del resto de los crustáceos (Booth y Phillips, 1994).

La Niña.- Hace referencia al período con temperatura superficial del mar con anomalías frías en el Océano Pacífico Ecuatorial en sus porciones occidental y central. Asociado a una inusual baja presión atmosférica hacia el oeste de la línea internacional del tiempo y una presión atmosférica alta al este de la misma (Hayward *et al.*, 1999).

Meandro.- Son las curvaturas muy pronunciadas en la trayectoria de una corriente marina (Amador y Figueroa, 1997).

Meroplanctónicos.- Organismos que pasan una etapa del ciclo de vida en el plancton (primeros estadios de desarrollo).

Ontogenia: El curso de el crecimiento y desarrollo de un individuo hasta la madurez.

Ordenación: Arreglo de objetos a lo largo de una escala o ejes múltiples. Usada en ecología para buscar y describir patrones (McCune & Mefford, 1999).

Pelágico: Se refiere a los organismos que viven en la columna de agua, independientes del fondo oceánico.

Profundidad de la capa de mezcla: Es el espesor de la capa superficial que es mezclada por el efecto del viento y la advección, en la práctica se caracteriza por la distribución vertical de temperatura y salinidad.

Puerulo.- Fase intermedia de los Palinuridos, entre la fase larval planctónica y la fase juvenil béntica. Corresponden a la fase postlarva de otros crustáceos.(Mayrat y de Saint Laurent, 1996).

Reclutamiento.- Ingreso de individuos jóvenes hacia la población adulta.

Surgencia: Proceso mediante el cual aguas profundas, generalmente de baja temperatura, alto contenido de oxígeno y ricas en nutrientes ascienden a niveles superficiales por efecto del viento (de la Lanza-Espino *et al.* 1999).

UPS: Abreviación de unidades prácticas de salinidad (UNESCO, 1979) basada en la razón entre la conductividad eléctrica de la muestra y una muestra estándar. Se conoce como unidades prácticas por que fueron definidas de tal manera que la nueva escala coincida con la antigua de partes por mil (ppm). La salinidad en ups es adimensional (UNESCO, 1985; Amador y Figueroa, 1997)

RESUMEN

La langosta roja (*Panulirus interruptus*) presenta un periodo larvario complejo y sujeto a la influencia de procesos oceanográficos. Se analizó la variabilidad interanual de sus estadios larvarios con base en variables físicas y biológicas en la costa occidental de la península de Baja California, durante el periodo 1999-2001. Se revisaron las muestras de zooplancton del programa IMECOCAL recolectadas en diez cruceros oceanográficos realizados en enero, abril, julio y octubre. Los patrones de distribución y la presencia de once estadios larvarios filosoma y puerulo coinciden con el desarrollo ontogénico larval de esta especie. Los eventos reproductivos y la eclosión se evidencian con la presencia de estadios larvarios iniciales (I-II). Los estadios finales (IX-XI) y puerulo en verano, indican que el tiempo aproximado de la etapa plantónica es de 12 meses. Se presentan únicamente los resultados de dos cohortes o clases anuales (CA) completas, correspondiendo a la CA-1 (1999-2000) y CA-2 (2000-2001). La abundancia total para las CA-1 y CA-2 fue de 1,380 y 2,142 Org./10m² respectivamente; otoño e invierno presentaron las mayores abundancias para ambas cohortes. Se establece que las abundancias observadas durante los otoños con influencia de condiciones frías son mayores a las de periodos cálidos. El patrón de distribución costa-océano de los estadios larvarios en ambas CA mostró que los organismos se encontraron principalmente en las estaciones más oceánicas. La comparación latitudinal mostró diferencias interanuales: la CA-1 muestra una distribución de la región central a la sur en estadios iniciales e intermedios y en los finales en la porción central. Para la CA-2 los estadios iniciales, intermedios y finales mostraron una distribución a todo lo largo de la PBC. La presencia de los estadios larvarios y su relación con las condiciones oceanográficas, depende de la estacionalidad con que se presentan y está vinculada con su variabilidad interanual en la costa occidental, por lo que se plantea que las clases anuales con mayor vigor son (CA-2 y el inicio de la clase 2001-2002) en cuanto a presencia de estadios larvarios. Adicionalmente se plantea que la transición de condiciones frías a condiciones cálidas o tendientes a la normalidad parece tener una fuerte relación con el éxito en los eventos reproductivos y la sobrevivencia de los estadios larvarios.

ABSTRACT

The red lobster of California (*Panulirus interruptus*) displays a complex larval cycle life, with influence of oceanographic processes. The inter-annual variability of larval stages of *P. interruptus* was analyzed on the basis of physical and biological variables in the western coast of the Baja California Peninsula, during the 1999-2001 periods. The zooplankton samples of program IMECOCAL collected in ten oceanographic surveys in January, April, July and October were examined. The distribution patterns and the presence of eleven larval stages phyllosoma's and puerulo, agrees with the larval ontogeny development of this species. The reproductive events and time of eclosion are evident by the presence of initial larval stages (I-IV). The final stages (IX-XI) and puerulo in summer indicate that the approximate time of the planktonic phyllosoma stage is 12 months. Four annual classes are detected (CA). However for the objectives of the work, only the results of two complete cohorts, corresponding to CA1 (1999-2000) and CA2 (2000-2001) are used. The total abundance for CA-1 and CA-2 was of 1,380 and 2,142 Org./10m², and autumn and winter displayed the major abundances for both cohorts. It's established that the abundances obtained during the autumn periods with influence of cold conditions, higher than the obtained ones during the warm periods. The coastal-ocean distribution pattern of the larval stages in both CA, showed that the organisms occurred mainly in the oceanic stations. The latitudinal comparison showed inter-annual differences. The CA-1 shows a distribution from the central region to the south in initial and intermediate stages and the final stages in the central portion. For the CA-2 the initial, intermediate and final stages showed a distribution throughout the PBC. The presence of the larval stages and its relation with the oceanographic conditions depend on the seasonality and is related with their own inter-annual variability in the western coast. Thus it is considered that the annual classes with greater vigor (CA-2 and the beginning of class 2001-2002) as far as presence of larval stages is concerned, seem to have a strong relation in the transition from a cold condition to a warm one. Additionally one considers that the transition of cold conditions to warm or tending conditions to normality seems to have a strong relation with the success in the reproductive events and the survival of the larval stages.

INTRODUCCIÓN

La langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall, 1840) es un recurso de exportación y acreditado como pesquería sustentable (Almendarez, 2006). La península de Baja California (PBC), particularmente la costa occidental de Baja California Sur (BCS), contribuye con el 81% de la producción total de este recurso, (Vega *et al.* 2000). *P. interruptus* se distribuye desde Point Conception, EUA (34.5° N), hasta Bahía Magdalena, BCS, México (24.5° N) (Johnson, 1956), como en la parte central del Golfo de California en el área de las Islas Ángel de la Guarda, San Esteban y Tiburón (Campos, 2007).

Esta especie puede alcanzar los 20 años de vida (Vega *et al.* 1991). Las hembras alcanzan la madurez sexual desde los 65 mm de longitud de cefalotórax (LC) en el quinto ó sexto año de crecimiento y desovan anualmente entre abril y agosto (Ayala, 1976). El período de reproducción de esta especie, comprende de marzo hasta agosto, con un pico reproductivo en junio-julio (Lindberg, 1955; Chapa, 1964; Ayala, 1976). La mayoría de los desoves son nocturnos, variando este evento entre 3 y 5 días (Phillips & Sastry, 1980). La fecundidad de esta especie oscila entre 50,000 y 900,000 huevos, aunque de acuerdo con Tapia-Velázquez & Castro-González (2000), *P. interruptus* tiene una fecundidad máxima de 467,924 huevos y mínima de 108,695, dentro de un intervalo de LC de 58-82 mm. La eclosión ocurre entre 9 y 10 semanas después de la fecundación, en los meses de junio-julio y agosto-septiembre (Vega, 2003).

El ciclo de vida de *P. interruptus* está constituido de tres fases. La primera, denominada filosoma, es pelágica. Las larvas filosomas permanecen en el plancton aproximadamente 8 meses, tiempo en el que pasan por once estadios larvarios (Johnson, 1960b; Gracia & Kensler, 1980), son transparentes y con cuerpo aplanado dorso-ventralmente, característica que aparentemente facilita a las filosomas el desplazamiento en la columna de agua (Johnson, 1956; Minami *et al.* 2001). La segunda fase es el puerulo, que ya tiene la forma típica de una langosta, no presenta una coloración característica (sigue siendo un organismo transparente) y se considera como la forma de transición entre el ambiente pelágico y el bentónico de

esta especie (Briones-Fourzán *et al.* 1997). La fase puerulo tiene una duración de 2 a 3 meses y es capaz de nadar. Se ha observado que los puerulos se dirigen hacia la plataforma continental, dejando el ambiente oceánico y se establecen en el fondo, donde pueden realizar movimientos rápidos característicos de los estados juvenil y adulto (Serfling & Ford, 1975). Finalmente, la tercera fase es totalmente bentónica, correspondiendo a los adultos. En este hábitat, los juveniles alcanzan la madurez sexual para incorporarse a las poblaciones adultas y por tanto a la población sujeta a pesca (Phillips & Sastry, 1980; Cruz, 1999).

Por la distribución de *P. interruptus* en la costa occidental de la península de BCS, los eventos reproductivos y el reclutamiento de los estadios larvarios, tienen una asociación con las características físicas dominantes de la zona (Johnson, 1960b) donde existe la influencia de dos corrientes marinas: la Corriente de California (CC) (que transporta agua fría de la zona subártica hacia el Ecuador) y la Contracorriente Ecuatorial (CCE) que fluye hacia el norte, transportando aguas cálidas del Pacífico Oriental tropical, ambas corrientes presentan variaciones durante el año influenciadas por las características atmosféricas y las condiciones oceanográficas (Lynn & Simpson, 1987).

Un cambio en la estructura oceanográfica posterior al evento de El Niño 1997-1998, fue observado por un episodio de la transición hacia condiciones más frías (Hayward *et al.* 1999). El fenómeno denominado La Niña 1999-2000, favoreció una disminución en el nivel medio del mar y el desarrollo de fuertes surgencias, propició condiciones de alta productividad en las costas de la PBC. El período más intenso de este fenómeno, se registró en la primavera de 1999 (marzo-mayo) y estas condiciones prevalecieron hasta la primavera del 2000, (Bograd *et al.* 2000; Schwing *et al.* 2002). La condición anómala de aguas frías continuó hasta el 2001, cuando las condiciones oceánicas y atmosféricas a gran escala sobre el Pacífico Oriental tropical indicaron un tercer año consecutivo de La Niña (Durazo *et al.* 2001). Estas fluctuaciones interanuales, traen consigo importantes efectos regionales de naturaleza física, química y biológica, tanto en el Pacífico noreste como en la Corriente de California (Schwing *et al.* 2002). Sin embargo en un trabajo posterior

Espinosa-Carreón *et al.* (2004), basado en observaciones satelitales sobre la variabilidad estacional e interanual de pigmentos fotosintéticos frente la costa occidental de la península de Baja California, consideran al 2000 como representativo de un año normal, aunque con condiciones ligeramente frías.

La variabilidad estacional propia de la región frente a la península de Baja California, asociada a los fenómenos climáticos de gran escala como El Niño y La Niña, afectan de diferente forma a las poblaciones marinas presentes en la zona. Esta variabilidad climática produce cambios en el hábitat oceánico favoreciendo a ciertas especies o promoviendo la reducción en la abundancia de especies templadas típicas de la Corriente de California (Lavaniegos *et al.* 2002). Uno de esos cambios fue el observado durante El Niño de 1997-1998 y La Niña 1998-1999, cuando la abundancia de salpas frente a las costas de la península de Baja California fueron particularmente abundantes durante la fase cálida y mostraron un posterior decremento en la abundancia después de la transición a las condiciones frías (Hereu *et al.* 2006). Con la llegada de aguas cálidas tropicales y su fauna característica, éstas expandieron su rango de distribución, tanto en poblaciones de peces adultos, como las consecuentes áreas de desove de especies tropicales, como *Vinciguerria lucetia*, *Diogenichthys latenatus* (Funes-Rodríguez *et al.* 2006). El contundente impacto del evento El Niño (1997-1998) sobre la cobertura de los bancos sargazo *Macrocystis pyrifera* y *Eisenia Arborea*, (Bahía Tortugas) fue el mayor efecto observado ya que éstos fueron prácticamente eliminados por las aguas cálidas a principios de 1997, para recuperarse completamente hacia el invierno de 1999. También la población de abulón se observó severamente disminuida por esta condición cálida (Guzmán del Próo *et al.* 2003). Sin embargo, en el caso de la langosta roja, se ha establecido que las condiciones cálidas presentes durante El Niño 1997-1998 frente a la costa occidental de la Península de Baja California favorecieron la presencia de larvas filosomas y el reclutamiento de puerulos de *P. interruptus* (Guzmán del Próo *et al.* 2003; Peñaloza, 2008).

Sin embargo, no se ha evaluado de manera amplia la respuesta biológica a las variaciones de factores ambientales en la condición contraria, durante los años de condición La Niña.

Debido a lo anterior, el presente trabajo se plantea con la finalidad de proporcionar información sobre la variación interanual en la distribución y abundancia de los estadios larvarios de *P. interruptus* en la costa occidental de la península de Baja California, durante el periodo anómalo frío 1999-2001.

ANTECEDENTES

Los estudios relacionados con las langostas, a nivel mundial, han estado enfocados principalmente a la fase adulta. Sólo en algunas especies con importancia económica, se conoce la fase larvaria (filosoma) y post-larvaria (puerulo).

Los sistemas de cultivo han sido un apoyo importante para conocer el desarrollo larvario de las langostas, incluyendo información relevante como los estadios por los que pasan, los tiempos de eclosión de los huevos y de permanencia en los estadios de desarrollo, los periodos de muda, etc. Para *Panulirus japonicus*, el periodo de inter-muda puede prolongarse (disminuyendo el número de mudas) cuando la temperatura disminuye de 26° a 24° C, siendo los 26° C la temperatura óptima para su supervivencia y crecimiento (Matsuda & Yamakawa, 1997). Esta especie completa el desarrollo larvario de la fase filosoma en 319 días y el tiempo de permanencia del último estadio puede variar de 9 a 26 días (Sekine *et al.* 2006), en esta misma especie el desarrollo larvario puede completarse en un tiempo menor (289 días promedio) en condiciones controladas de temperatura (24°- 27°C) con lo que el número de mudas a partir de la eclosión hasta puerulo puede llegar a 30 (Matsuda & Takenouchi, 2006). Sin embargo, los tiempo de desarrollo larvario son particulares en cada especie, como en el caso de *Jasus frontalis*, que en condiciones controladas y con aumentos de temperatura, puede alcanzar el estadio IV en un menor tiempo. El crecimiento de esta especie, entre los 17 a 18° C, le toma 79 días

alcanzar el estadio IV; 69 días a 19-20° C y 56 días entre los 20° - 21° C (Dupré, 2000). Por otro lado, los organismos juveniles de *P. interruptus* tienen una preferencia térmica entre los 12.3° y 16.6° C, en un intervalo de 10.7° y 21.6° C en condiciones de laboratorio (Díaz-Iglesias *et al.*, 2004).

Los trabajos realizados con muestras preservadas de estadios larvarios o de observaciones directas sobre organismos adultos de langosta, han permitido obtener información y conocer la biología de algunas otras especies. De esta manera, se sabe que *Panulirus inflatus* y *Panulirus gracilis* tienen una reproducción continua durante todo el año, con una mayor incidencia de hembras ovígeras en primavera y verano, por lo que mayores densidades de filosomas en las costas pueden estar determinadas sobre todo por la temperatura, ya que esta es la que induce al apareamiento y reproducción de los adultos (Muñoz-García *et al.* 2000). La fase filosoma de estas dos especies se ha estimado que tiene una duración entre 7 y 9 meses, (Johnson & Knight, 1966; Muñoz-García *et al.* 2000).

Los estudios en organismos adultos de *P. interruptus*, han permitido obtener información sobre su desarrollo gonádico y desove, eventos estrechamente relacionados con la fase larvaria de esta especie (Lindberg, 1955; Chapa, 1964; Ayala *et al.* 1973; Vega *et al.* 1991). El desove es anual, entre los meses de abril a agosto y se presenta en un gradiente latitudinal sur-norte a todo lo largo de la península de Baja California y en la parte norte se presenta de 3 a 4 meses después que en la sur (Vega *et al.* 1991). La estrategia reproductiva de la langosta roja se relaciona con la temperatura, de tal forma que durante eventos El Niño, pueden acelerarse los eventos reproductivos mientras que durante los periodos fríos La Niña, es posible una reducción o retraso de éstos (Vega, 2003).

Respecto a estudios de puerulos o fase post-larvaria, Guzmán del Prío *et al.* (2003), realizaron una evaluación de los efectos del El Niño (1997-1998) sobre reclutamientos de invertebrados bentónicos, observando que la densidad de los asentamientos de puerulos y juveniles de *P. interruptus* se vió favorecida durante este evento oceanográfico, coincidiendo los asentamientos con las máximas

anomalías de temperatura. Estos autores registraron el pico máximo de asentamientos en septiembre y octubre durante el periodo, con una menor intensidad de marzo a mayo de 1997. Sin embargo la presencia de un pico máximo en el mes de febrero de 1998 fue posiblemente causada por el evento El Niño 1997-1998.

Arteaga-Ríos *et al.* (2007), correlacionaron una serie de tiempo de 8 años de asentamientos de post-puerulos de *P. interruptus* con las tasas de la captura comercial en Bahía Tortugas, sugiriendo una fuerte relación entre la captura comercial en esta zona y los asentamientos ocurridos 5 años antes, y mostraron que con la abundancia del asentamiento de post-puerulos, podrían predecir la captura comercial de la pesquería de *P. interruptus* para años sucesivos.

Particularizando sobre estudios realizados en la fase filosoma de *P. interruptus*, Johnson (1956 y 1960b) pionero en los estudios de la fase larvaria de esta especie, describió el desarrollo de los once estadios larvarios de la langosta roja, llevando a cabo el estudio del ciclo de vida, como la descripción de la distribución de las larvas de las muestras colectadas en el Programa de Investigación CalCOFI (California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations) de 1949 a 1955. Este mismo autor estableció que el desarrollo larval hasta el estadio XI se lleva a cabo en un periodo aproximado entre 7 y 8 meses, además de que los centros de concentración de estadios larvarios son las Islas del Canal, en la región sur de California de EUA e Isla Cedros en Baja California, México (Johnson, 1960a). Adicionalmente Johnson (1960b), también correlacionó la distribución larvaria con diversos fenómenos oceanográficos (giros, eddies, etc.) a lo largo de la costa de California y Baja California y reportó que la distribución de las filosomas estaba relacionada con la topografía dinámica del mar, sugiriendo que las contracorrientes del sistema de la Corriente de California, son las responsables de su retención en esta área.

Por su parte Pringle (1986), realizó una revisión sobre el reclutamiento y retención larvaria de *P. interruptus* basándose en los trabajos de Johnson (1956 y 1960), argumentando que las áreas de mayor concentración de los diferentes

estadios de desarrollo en la parte central de la península de Baja California (entre los 27° a 28° N y los 115° a 116° O), es consecuencia de la influencia de factores oceanográficos, como el giro anticiclónico semi-permanente frente a Punta Eugenia, el cual pudiera estar reteniendo a las filosomas en esta región. Este autor también señala que los estadios filosoma I se localizaron cercanos a las zonas de eclosión de huevos (en áreas costeras), los estadios II-IV se localizaron cercanas de la costa en Bahía Vizcaíno y hasta el norte de Punta Eugenia; para los estadios V-VIII las mayores concentraciones se localizaron alejadas de la costa al oeste de Bahía Vizcaíno pero cercanas a la costa al sur de Punta Eugenia, y que los estadios IX-XI se localizaron en zonas contiguas a donde se concentran las larvas de estadio I. En relación al reclutamiento y la presencia de las larvas, este autor establece que las filosomas estuvieron asociadas a los fenómenos locales y oceanográficos de gran escala presentes en el área de estudio. Este autor establece que esta especie alcanza el estadio XI en 232 días, basándose en los tiempos de eclosión y la presencia de los estadios larvarios.

Peñaloza (2003) analizó la distribución y abundancia de filosomas durante la fase más cálida del evento de El Niño (1997-1998), en dos cruceros realizados en la costa occidental de la PBC, en septiembre-1997 y enero-1998; destacando la diferencia de la abundancia entre ambos cruceros. En el primero, realizado en septiembre-1997 y que sólo abarcó una parte de la red de estaciones del programa IMECOCAL comprendida de Punta Baja a Bahía Asunción, se registraron las mayores concentraciones de filosomas en estaciones costeras, con una abundancia total de 528 Org./10m² y con presencia de estadios del III-XI siendo las más abundantes los estadios larvarios V, VI y VII. En comparación el crucero realizado en enero de 1998 sólo aportó 156 organismos/10m² con presencia de estadios avanzados (IX, X, XI). La autora menciona que es posible la relación en el aumento del desove y una aparente preferencia de las larvas por temperaturas más cálidas, sugiriendo una influencia directa entre las altas temperaturas y salinidades y el reclutamiento larval de *P. interruptus*, además asocia las características de la circulación oceánica y en general sugiere que las filosomas aprovechan las corrientes para transportarse hacia la costa y pasar a su fase de asentamiento.

Ortuño (2003), estimó los cambios estacionales en distribución y abundancia de larvas filosoma de *P. interruptus* durante el año 2000 en la parte sur de la Corriente de California a través de la comparación de dos artes de recolecta utilizados (red Bongo y sistema de bombeo CUFES). Los resultados mostraron una mayor eficiencia de captura de filosomas con la red bongo y en ambos las mayores abundancias fueron nocturnas. La distribución de los organismos durante enero de 2000 fue casi exclusivamente sureña con la presencia de estadios III al XI, los estadios VI al XI predominaron durante el mes de abril encontrando en julio únicamente larvas estadio I. Para el mes de octubre este autor registró la presencia de todos los estadios. Asimismo, este autor menciona que los giros ciclónicos y anticiclónicos en el área, pueden ser considerados como mecanismos de retención y dispersión larval, lo que permitiría explicar las variaciones en abundancia y distribución de las larvas filosoma.

Peñaloza (2008) estudia la dinámica larval de la langosta roja en la costa occidental de la PBC durante el periodo del otoño de 1997 a otoño de 1999 y señala que las mayores abundancias se obtuvieron en las temporadas de otoño del periodo que analizó. Ella señala la presencia de filosomas del estadio III al XI durante 1997 y registró todos los estadios filosomas durante 1998 y para 1999 (año correspondiente a la fase de enfriamiento La Niña 1999-2001, destaca la mayor abundancia de estadios iniciales y finales en los 3 años de su estudio alcanzando para el estadio de desarrollo I, 193 Org./10m² y 118 Org./10m² del estadio X, con una mayor presencia de puerulos costeros (17 puerulos/10m²) que oceánicos (6 puerulos/m²).

JUSTIFICACIÓN

Los estudios basados en los estadios de desarrollo filosoma y puerulo, son necesarios para el conocimiento sobre la biología de la langosta roja *Panulirus interruptus*, dada la importancia de esta especie como recurso pesquero en México.

Es importante, generar información sobre cómo puede ser la interacción de las variables físicas y los procesos oceanográficos, en la dinámica estacional e interanual de los estadios larvarios. Con la información sobre la abundancia y distribución de los estadios larvarios y su variación en el tiempo, permite detectar áreas de reproducción, desove y eclosión. De igual manera la información permite detectar si los procesos oceanográficos son responsables del transporte larvario, así como también dar una aproximación sobre la influencia de los procesos oceanográficos de mesoescala, como El Niño y La Niña, sobre las fluctuaciones regionales presentes en la abundancia larvaria y en la pesca de la costa occidental de la península de Baja California.

HIPÓTESIS

El periodo reproductivo, la fecundidad y el reclutamiento de la langosta roja *Panulirus interruptus*, están asociados a las características oceanográficas de su área de distribución. De tal manera la variabilidad interanual registrada frente a la costa occidental de la Península de Baja California, tiene un efecto sobre los patrones de abundancia y distribución de los estadios larvarios de esta especie, de tal modo que durante los eventos anómalamente cálidos la abundancia de filosomas y puerulos aumenta. Con base en lo anterior es de esperarse que durante los eventos anómalamente fríos ocurra lo contrario, obteniendo baja abundancia larvaria de langosta roja.

OBJETIVO GENERAL:

Establecer cómo varía la distribución estacional e interanual de los estadios larvarios de *Panulirus interruptus* en la costa occidental de la Península de Baja California, México, en el periodo anómalo frío de 1999, 2000 y 2001.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- 1) Identificar y asignar el estadio de desarrollo a las larvas de langosta roja, filosomas y puerulos, y establecer su abundancia temporal.
- 2) Establecer las clases anuales de los estadios larvarios y su abundancia.
- 3) Establecer la variación en la abundancia espacio-temporal de los estadios larvarios en las clases anuales.
- 4) Determinar la presencia de los estadios larvarios de cada clase anual, con respecto a la temperatura, salinidad, Clorofila *a*, profundidad de la capa de mezcla y flujo geostrófico.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio abarca la costa occidental de la península de Baja California desde los 31° N, hasta los 25° N, y desde los 112° a 118° W, en la zona marina comprendida frente a Ensenada, BC hasta la parte norte de Bahía Magdalena, BCS, México (Fig. 1).

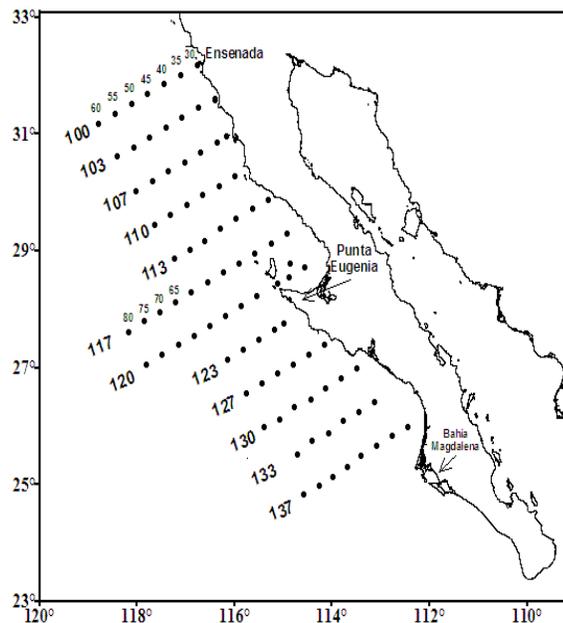


Fig. 1 Localización del área de estudio y plan básico de estaciones del Programa IMECOCAL.

Condiciones oceanográficas:

El área de estudio se caracteriza por estar incluida en el extremo sur del Sistema de la Corriente de California (SCC), sujeta a los procesos oceanográficos

que tienen influencia en la zona y que están asociados principalmente con la Corriente de California (CC).

El SCC se encuentra limitada al norte por la corriente Subártica y al sur por la Corriente Norecuatorial y está conformado por tres corrientes: la Corriente de California (CC) transcurre de norte a sur a lo largo de 3000 Km por la costa occidental de América; la Contracorriente Costera (CCC) que fluye al norte y cerca de la costa (al norte de Punta Conception en California, Estados Unidos), y la Contracorriente Superficial de California que como su nombre lo indica fluye superficialmente en dirección norte hacia el polo sobre la plataforma continental (Lynn y Simpson, 1987). El agua de la Corriente de California se caracteriza por tener salinidad y temperatura bajas, altos valores de oxígeno disuelto y un continuo aporte de nutrientes (Hemingway, 1979).

Las variaciones estacionales de la Corriente de California, están controladas por los cambios en intensidad y dirección de los vientos. Durante los meses de marzo a julio, se intensifican los vientos del noroeste los cuales crean condiciones favorables para la generación de surgencias costeras (Hickey, 1979). En este periodo la CC se intensifica acercándose a la costa (dirección norte-sur), al mismo tiempo, la Contracorriente Subsuperficial de California, fluye cerca de la costa en dirección al polo, llevando aguas cálidas. En los meses de septiembre a febrero los vientos son predominantemente del sureste y las surgencias cesan.

En el evento de El Niño (1997-1998) ocurrió un calentamiento superficial en el Pacífico Oriental Tropical y las condiciones oceanográficas observadas frente a la costa de Baja California mostraron cambios anómalos en el agua de mar. Estos cambios estuvieron asociados a un incremento de la temperatura del mar, y cambios en la salinidad, disminución en las surgencias costeras, hundimiento de la termoclina y un incremento anómalo en el nivel del mar a causa de una ensanchada y fortalecida Contracorriente Costera en dirección al norte (Durazo & Baumgartner, 2002). El ambiente físico de las costas de California y Baja California cambió dramáticamente entre 1997 y 1999. Después del intenso Niño (anomalías térmicas positivas y baja productividad), se estableció un periodo de transición hacia aguas más frías y condiciones de La Niña con anomalías térmicas negativas y alta

productividad (Hayward *et al.* 1999). Este periodo se caracterizó por un fortalecimiento en las condiciones físicas de las aguas en el Pacífico Norte promoviendo surgencias costeras más fuertes y una disminución del nivel del mar, características típicas de un régimen de La Niña. El océano tropical permaneció en el estado de La Niña desde la primavera de 1999, cuando se registraron las surgencias más fuertes y estas condiciones persistieron hasta el verano del 2000. Durazo *et al.* (2001) mencionan que el invierno de 2000 fue el tercer año consecutivo del evento La Niña y que este patrón prevaleció hasta enero de 2001. Para julio de 2001, las observaciones oceanográficas mostraron un debilitamiento de La Niña y el establecimiento de condiciones normales para el verano con anomalías térmicas levemente positivas antes de 2002 (Bograd *et al.* 2000).

En cuanto a las condiciones oceanográficas durante el verano de 1999 Bograd *et al.* (2000), describe el límite sureño del Giro de California, en el cual la corriente fluye hacia el este, incidiendo hacia la costa (frente a Punta Colonet, a los 30°N) para separarse en dos brazos, uno que fluye hacia el norte y otro hacia el sur. El brazo sureño se continúa más o menos paralelo a la costa, y el giro anticiclónico casi permanente se aprecia en la porción oeste del brazo (Fig. 2a). Las alturas dinámicas durante octubre de 1999 (Bograd *et al.* 2000), muestran una corriente con sentido al sur, que fluye alrededor de giros de pequeña escala (20-40 km) y giros de mesoescala (-100 km). El giro anticiclónico más conspicuo comienza fuera de Punta Eugenia (sobre la línea 123). Hacia el sur de Punta Eugenia, también es evidente una corriente con sentido al norte (Fig. 2b).

Durante enero del año 2000, Bograd *et al.* (2000) menciona que prevalecieron las aguas frías, apreciándose dos giros cercanos, uno ciclónico (frente a Punta Eugenia, línea 120) y otro anticiclónico frente a Punta Canoas (sobre la línea 113). En este mes, la circulación general presentó un sentido hacia el sur extendiéndose más allá de la línea 137 (parte norte de Bahía Magdalena) (Fig. 3a). Por su parte Durazo *et al.* (2001) señalan que en abril de este mismo año, hubo un flujo en sentido hacia el Ecuador, paralelo a la costa, con la formación de un pequeño giro ciclónico frente a Punta Eugenia, y un flujo hacia fuera de la costa que mostró dos

meandros anticiclónicos, uno frente a Isla Guadalupe y otro más al sur en la zona oceánica frente a Punta Abrejos (Fig. 3b). Las condiciones en el mes de julio mostraron una bien desarrollada surgencia, observada por el flujo de la corriente hacia el este frente a Ensenada y también entre Punta Colonet y Bahía San Quintín, que alcanzó la región oceánica frente a Punta Eugenia. Hacia la parte sur del área de estudio, el flujo de agua se dividió en dos ramas, una con dirección hacia la costa y otra con movimiento hacia el sur (Fig 3c). Para el mes de octubre del 2000 el flujo geostrófico mostró que la influencia de la corriente de California fue cercana a la costa en la porción norte del área de estudio, formando un meandro alejado de la costa y regresando al norte por un meandro anticiclónico, para formar un pequeño giro ciclónico frente a la Isla Guadalupe (Fig. 3d).

El flujo geostrófico durante enero del 2001 (Fig. 4a) muestra un movimiento hacia el sur del agua de la CC suave y amplio con un gradiente topográfico dinámico (Durazo *et al.* 2001). En abril, por razones técnicas, sólo se efectuaron algunas estaciones del crucero en la región norte que no muestran una tendencia (Fig. 4b). La circulación en el mes de julio mostró la formación de 4 giros ciclónicos asociados a los meandros de la CC a lo largo de la costa occidental de la península (Fig. 4c). Estos giros se localizaron frente a Bahía San Quintín, Bahía Vizcaino, punta Abrejos y en el sur del área de estudio, justo al norte de Bahía Magdalena. En octubre se mantiene el flujo en meandro de la CC, observándose un giro ciclónico grande que cubre todas las estaciones muestreadas hasta Bahía San Quintín (Fig. 4d).

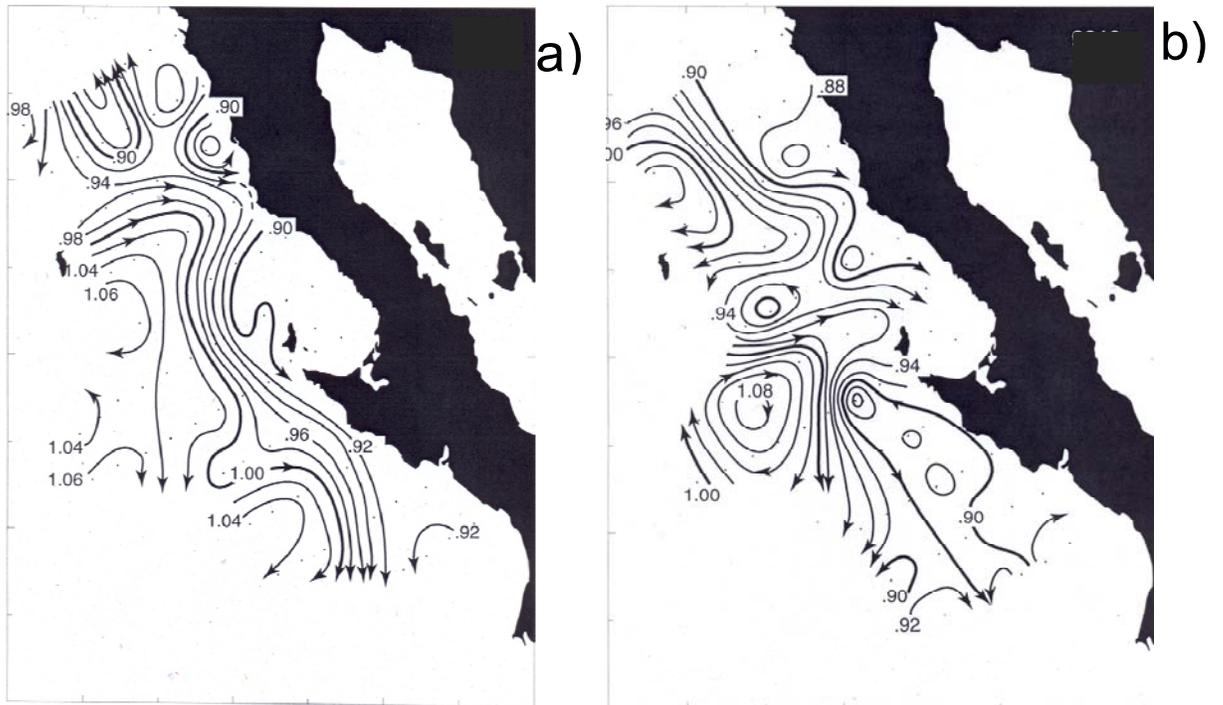


Figura 2. Anomalías de altura dinámica para los cruceros IMECOCAL realizados durante el año 1999: a) Agosto y b) Octubre.

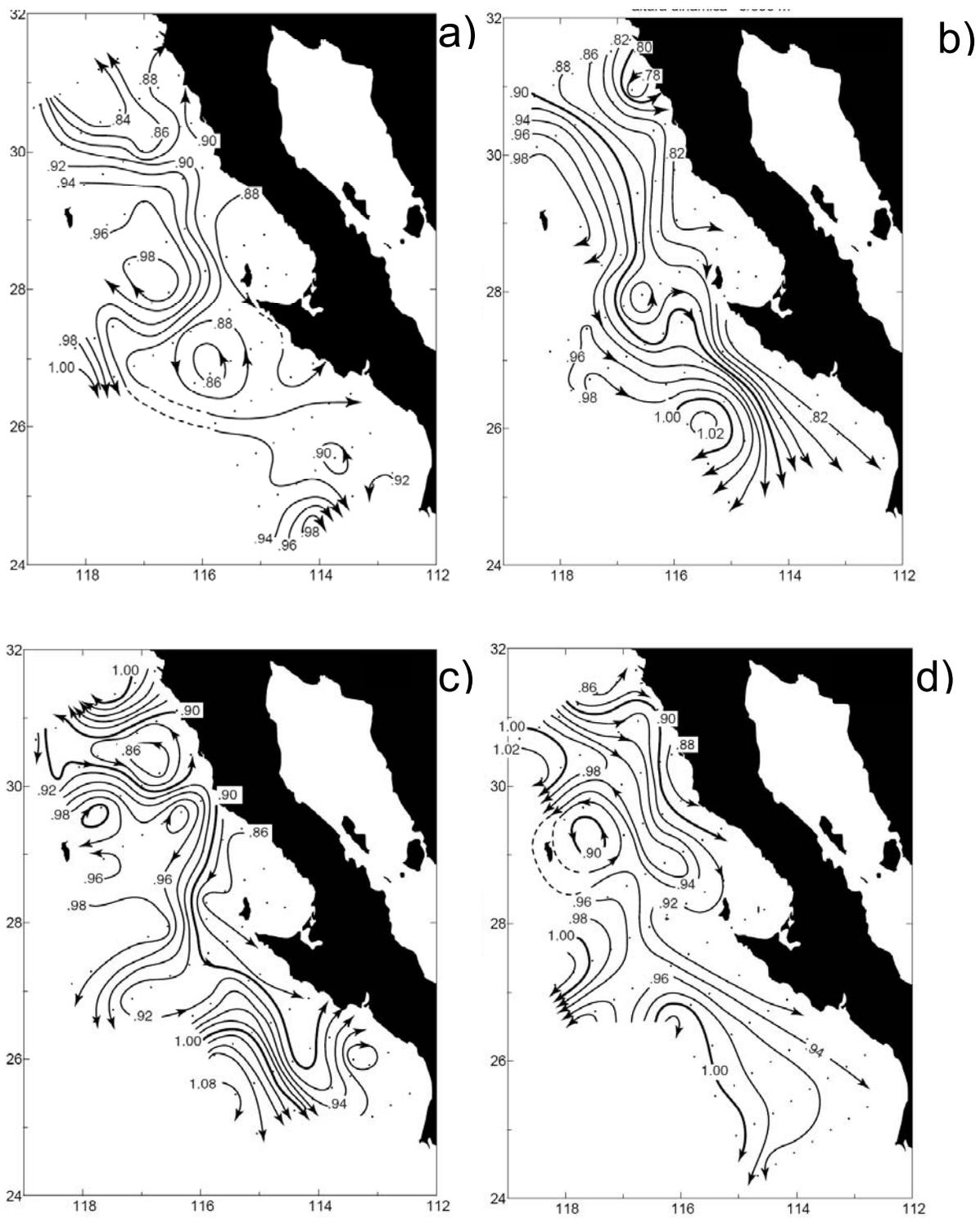


Figura 3. Anomalías de altura dinámica para los cruceros IMECOCAL realizados durante el año 2000: a) Enero, b) Abril, c) Julio y d) Octubre.

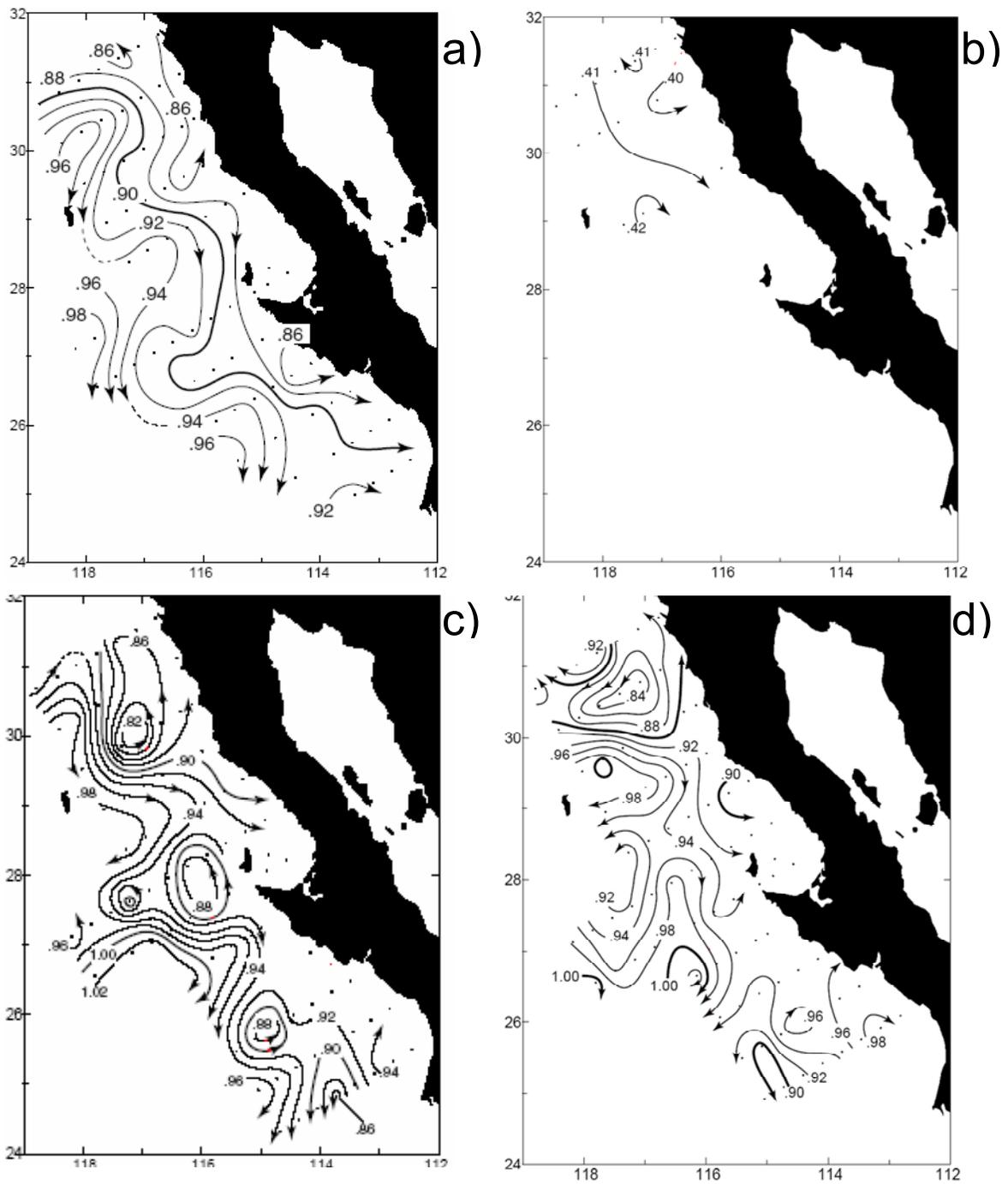


Figura 4. Anomalías de altura dinámica para los cruceros realizados en el año 2001: a) Enero, b) Abril, c) Julio y d) Octubre..

MATERIAL Y MÉTODO

El material biológico y los datos oceanográficos para la realización del presente trabajo provienen de diez cruceros oceanográficos realizados en agosto y octubre de 1999, como en enero, abril, julio y octubre de los años 2000 y 2001, dentro del programa “Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California” (IMECOCAL). Las muestras fueron colectadas a bordo del B/O “Francisco de Ulloa” frente a la costa occidental de la Península de Baja California. En las sucesivas secciones del presente trabajo, los cruceros serán denominados por temporada del año, según el mes de realización de los mismos: los de julio = verano, octubre = otoño, enero = invierno y abril = primavera.

El plan de estaciones de muestreo comprendió desde Ensenada, Baja California hasta la parte norte de Bahía Magdalena Baja California Sur. La distancia entre estaciones longitudinales es de 35 km (20 millas náuticas) y entre las líneas o transectos latitudinales es de 70 Km (40 millas náuticas) con una distancia total hacia afuera de la costa de ~350 km (200 millas náuticas) en la zona frente a Bahía Vizcaíno.

Las muestras de zooplancton se obtuvieron realizando arrastres oblicuos con una estructura BONGO provista de redes cilindro-cónicas de 0.6 m de diámetro de boca, con apertura de malla de 505 μ m, siguiendo los procedimientos propuestos por Smith & Richardson (1979). Para estimar los volúmenes de agua filtrada se colocó un flujómetro previamente calibrado, al centro de la boca de cada red. Después de cada arrastre el material recolectado en cada red, fue fijado con formaldehído al 10%, neutralizado con borato de sodio en solución saturada.

En cada estación de muestreo se registraron datos de temperatura del mar, Conductividad (salinidad) y concentración de oxígeno disuelto utilizando un CTD Seabird. Adicionalmente se tomaron muestras de agua a profundidades estándar para determinar las concentraciones de clorofila *a* (Cl *a*). Las bases de datos oceanográficos utilizados en este estudio fueron tomados de los informes técnicos de

investigación del programa IMECOCAL que aparecen en el sitio <http://imecocal.cicese.mx/texto/prod/tecnic.htm>. En los casos de temperatura y salinidad se utilizaron únicamente los valores registrados a 10 m de profundidad. Los datos de la profundidad de la capa de mezcla fueron proporcionados por Dr. Reginaldo Durazo A. (com. pers). Los datos de clorofila *a* (Cl *a*) fueron proporcionados por el Dr. Gilberto Gaxiola (com. pers).

Todas las larvas filosoma y los de la etapa puerulo de langosta se separaron de las muestras originales sin fraccionar. Las larvas identificadas como *Panulirus interruptus* se clasificaron por estadio de desarrollo, basados en la morfología (tamaño y forma de estructuras) descrita para las distintas regiones corporales de los organismos a lo largo del desarrollo ontogénico (Fig. 5) (Johnson, 1956 y Phillips & Sastry, 1980).

El número de larvas de *P. interruptus* se estandarizo a 10 m² de superficie marina de acuerdo con la metodología propuesta por Smith & Richardson (1979), utilizando la ecuación básica de estandarización:

$$C = \frac{c * d}{a * b} * 10$$

Donde:

C= Número de larvas por unidad de área de mar (en este caso 10m²).

a= Área de la boca de la red expresada en metros cuadrados.

b= Largo de la trayectoria del arrastre expresado en metros.

c= Número de larvas en la muestra analizada.

d= Profundidad máxima del lance expresada en metros.

Con la finalidad de definir una división por estadios de desarrollo larvario filosoma de *P. interruptus*, se agruparon en tres categorías: Estadios larvarios (EL)

Iniciales del I-IV, EL Intermedios del V-VIII y EL Finales del IX-XI (Johnson y Knight, 1966 y Pringle, 1986), y se incorporo la información de puerulo

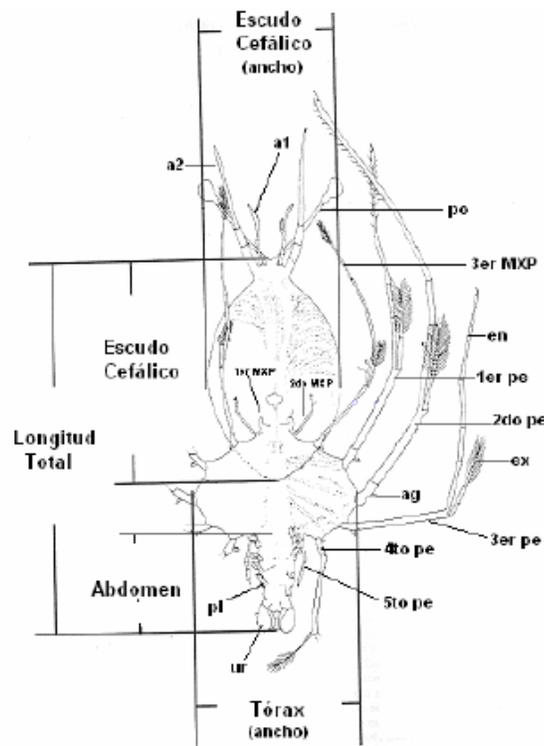


Figura 5.- Esquema general de las características morfológicas de la larva filosoma. Anténulas (a1), antenas (a2), pedúnculo ocular (po), endopodito (en), pereópodo (pe), exopodito (ex), urópodos (ur), pleópodos (pl) y maxilípedo (MXP).

Para efectuar el reconocimiento y el seguimiento de las clases anuales de *P. interruptus* (CA), se tomo en cuenta la temporada o época del año de captura de las filosomas y puerulos (Jonhson, 1960b) y el tiempo (días) de permanencia de cada estadio de desarrollo establecido por Pringle (1986) (Tabla 1). El evento de eclosión es evidenciado por la presencia de filosomas en estadio I y II (inicio de la clase anual) y el final de cada clase anual es evidenciado por la presencia en el medio de organismos en etapa de puerulos.

TABLA 1.- Tiempo estimado de desarrollo de los estadios larvarios de *Panulirus interruptus*. Estadio larvario (EL), tiempo de permanencia de cada estadio (D), tiempo para alcanzar cada estadio larvario (t), no estimado (NE). Tomado de la Fig. 2 de Pringle (1986).

EL	D (días)	t
I	13	
II	17	13
III	16	30
IV	18	46
V	28	64
VI	37	92
VII	31	129
VIII	36	160
IX	25	196
X	11	221
XI	NE	232
Puerulo	NE	NE

Los datos de abundancia larvaria de *P. interruptus* de los cruceros de verano y otoño de 1999 fueron provistos por la M. en C. María del Carmen Peñaloza Mayorazgo (com. pers.) e incorporados a la base de datos de 2000 y 2001 para efectuar el seguimiento de las clases anuales (CA) utilizadas para el desarrollo de este trabajo.

Para los fines de esta investigación y con el objeto de establecer la tendencia de la distribución longitudinal de los estadios larvales de *P. interruptus*, costa-océano, el área de estudio se dividió en dos zonas, a través de una línea divisoria la cual está ubicada a un grado de longitud de la línea de costa hacia mar abierto (Fig. 6). Para cada zona se obtuvo la sumatoria de las abundancias larvales de cada estación, así como el promedio de las abundancias larvales de las estaciones positivas (estación con presencia de larvas de *P. interruptus*) tanto en la zona costera como de la oceánica. Se utilizó la prueba de U de Mann-Whitney ($\alpha = 0.05$) (Sokal y Rohlf, 1981) para determinar la existencia de diferencias significativas entre costa-océano de cada grupo de desarrollo larvario por cada clase anual.

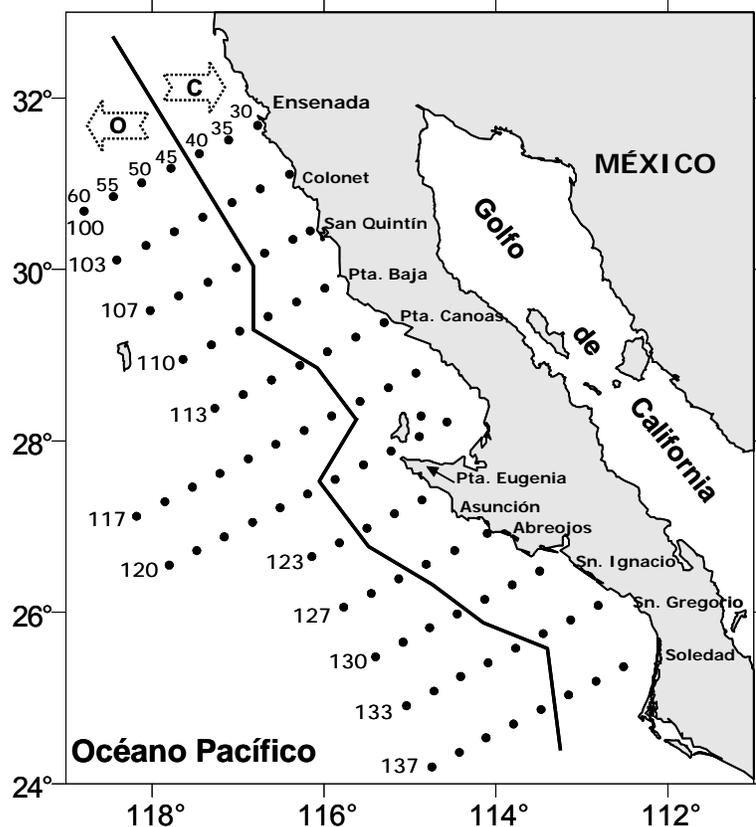


Figura 6.- Localización de estaciones costeras (C) y oceánicas (O) en el área de estudio.

Para establecer la tendencia de la distribución latitudinal de los estadios larvales de *P. interruptus* el área de estudio se dividió en tres zonas (con mismo número de transectos): la zona Norte, abarcó los transectos 100 al 110, la zona Centro comprendió los transectos 113 al 123 y la zona Sur que incluyó los transectos 127 a 137 (Fig. 7). Para determinar las diferencias de cada zona se obtuvo la sumatoria de las abundancias larvales de cada transecto, como el promedio de las abundancias larvales de las estaciones positivas de cada zona. Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0.05$) para determinar las diferencias en distribución latitudinal (norte-centro-sur) para cada clase anual.

Se elaboraron mapas de distribución de la abundancia (Org./10m²) de los estadios larvales de *P. interruptus*, agrupados para los estadios iniciales, intermedios y finales para cada una de las clases anuales (1 y 2) en cada crucero, utilizando los

intervalos de abundancia de grupos del zooplancton definidos previamente en los reportes de la serie CalCOFI (Fleminger, 1964).

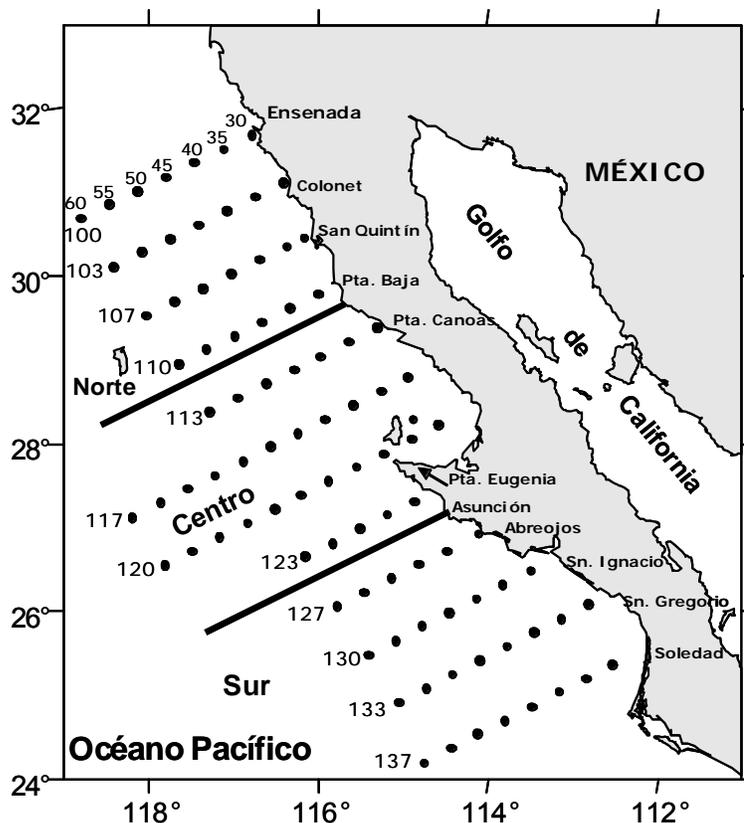


Figura 7.- Regionalización latitudinal de estaciones en la zona de estudio

Para observar las posibles relaciones entre las variables oceanográficas y los estadios larvales de *P. interruptus* de las clases anuales; se calculó el promedio, máximos y mínimos de la temperatura, salinidad (UPS), profundidad de la capa de mezcla (PCM) y el valor integrado de la concentración de clorofila (Chl a, de las estaciones positivas (presencia de filosomas/puerulos) de cada clase anual.

Se realizó el Análisis de Componentes Principales (ACP) con la finalidad de corroborar la relación entre cada una de las variables ambientales y los grupos de estadios larvales de *P. interruptus*. Para esto, se utilizó la matriz de frecuencias de estaciones positivas agrupadas por intervalos de 0.5 °C para la temperatura, 0.1 ups para la salinidad, 5 m para la profundidad de la capa de mezcla y 40 mg/m² de clorofila a.

Para observar las tendencias de la influencia de la circulación oceánica en la dispersión larvaria de *P. interruptus* se superpusieron los mapas de distribución de los estadios larvarios por grupo de desarrollo de cada clase anual, sobre los mapas de alturas dinámicas superficiales y del flujo geostrófico, para los cruceros correspondientes al periodo 1999-2001, información que fue tomada de Durazo y Baumgartner (2002).

RESULTADOS

Se recolectaron 786 muestras de zooplancton en los diez cruceros. La abundancia larvaria total estandarizada fue de 5,161 Org./10m² de superficie marina, de las cuales 724 correspondieron a 1999, 2,182 a 2000 y 2,255 a 2001 (Fig 8).

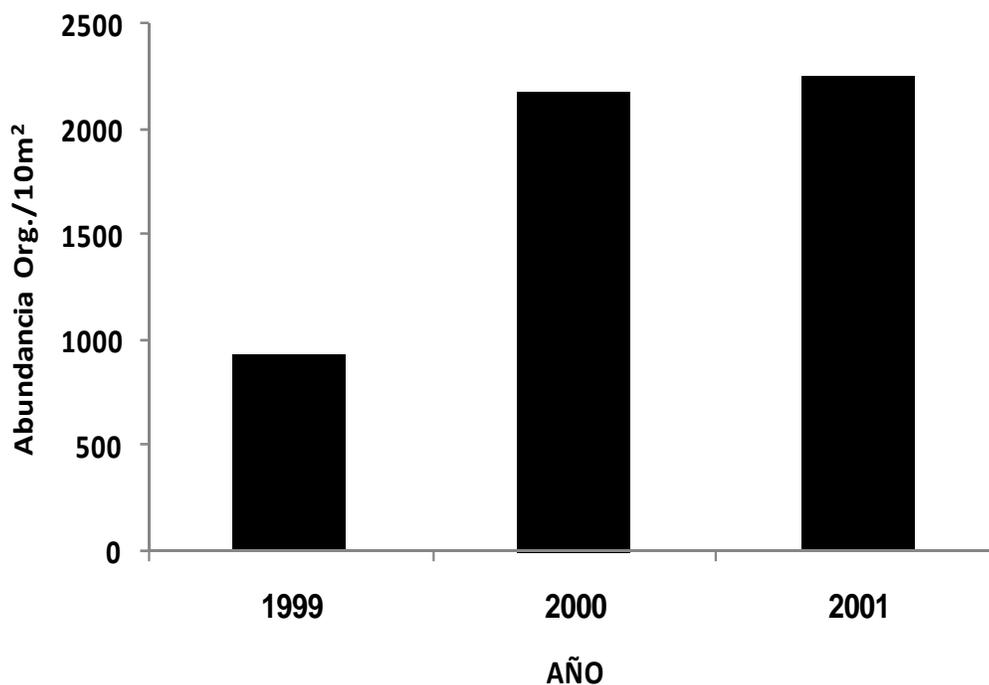


Figura 8.- Abundancia total anual de larvas de *Panulirus interruptus* para el periodo 1999 - 2001.

La abundancia estacional de larvas filosomas mostró diferencias interanuales. En el verano de 1999 y 2001, se obtuvo una mayor abundancia que en verano del 2000. Para otoño, la época con la mayor abundancia, fue notoriamente más abundante en los años 2000 y 2001, con respecto del otoño 1999. El invierno de 2000 y 2001 no mostró gran variabilidad. La diferencia para la primavera de estos mismos años no puede ser comparada debido a que durante el 2001 no se completó la cobertura del plan básico de muestreo (Tabla 2).

Tabla 2. Relación de cruceros IMECOCAL realizados de acuerdo al año, la temporada, número de estaciones muestreadas por crucero (Est m), estaciones positivas (Est +) y abundancia de *P. interruptus* durante el periodo 1999-2001.

AÑO	TEMPORADA	Est m	Est +	% Est +	Org./10m²
1999	Verano	79	18	22.7	412
	Otoño	83	22	26.5	312
	Invierno	84	22	26.2	631
2000	Primavera	60	3	5	135
	Verano	81	10	12.3	94
	Otoño	80	50	62.5	1322
2001	Invierno	72	22	30.5	502
	Primavera	22	10	45.4	26
	Verano	77	9	11.7	434
	Otoño	88	42	47.7	1293

1.- Asignación y abundancia temporal de estadios larvarios

1.1.- Asignación de estadios de desarrollo

En los cruceros de 1999 y 2001, se identificaron los once estadios filosoma y en los cruceros de 2000 sólo diez, no encontrando el estadio I. La fase de puerulo se registró en los tres años de estudio. De manera general se observaron diferencias interanuales en la abundancia de estadios larvarios (Fig. 9). Durante 1999 predominó el estadio inicial I, durante el 2000 se observó una mayor abundancia de estadios larvarios intermedios VI–VII, y en 2001 destacó la abundancia del estadio inicial II, y del estadio intermedio VII (Fig. 9).

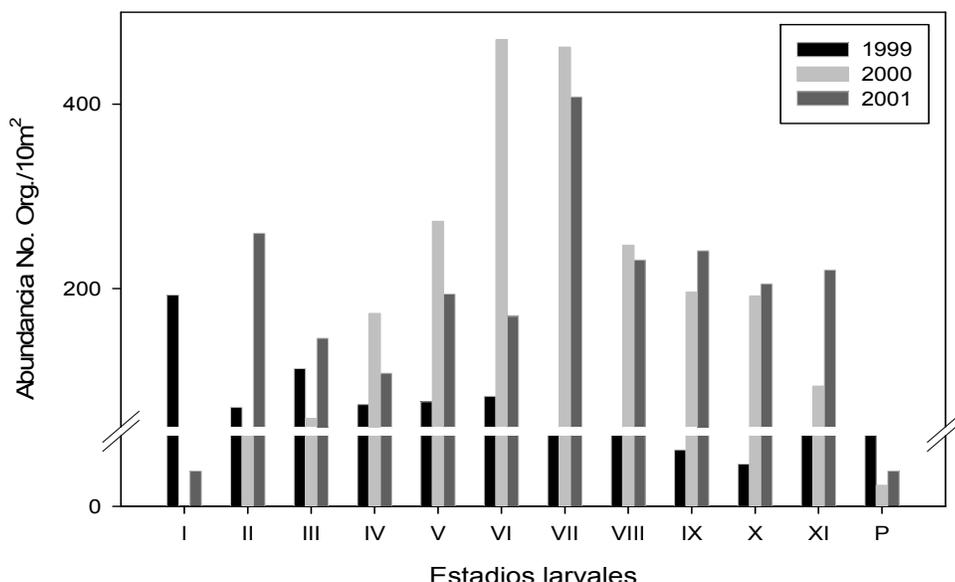


Figura 9.- Abundancia anual de estadios larvarios durante el periodo 1999-2001.

1.2.- Abundancia temporal (estacional e interanual).

Durante el verano se capturaron larvas estadios iniciales y finales, apareciendo en 1999 la mayor abundancia de estadios iniciales, pero no para los finales que fueron más abundantes en 2000 y 2001 (Fig. 10 a, e, i). En esta temporada se obtuvieron puerulos en los 3 años, destacando la mayor abundancia de esta fase larvaria para el verano de 1999 (Fig. 10 a, e, i).

En otoño se registraron prácticamente todos los estadios excepto puerulos, con las mayores abundancias para los estadios intermedios (V, VI y VII) (Fig. 10 b, f, j). Para el otoño de 2000 y 2001 se registró la mayor abundancia de filosomas en comparación con el año de 1999. En otoño de 2001 la abundancia de los diferentes estadios larvarios fue más homogénea pero resaltó también la abundante presencia del estadio II (Fig. 10 j).

En invierno se obtuvieron estadios intermedios y finales. En el 2000 se registró la mayor abundancia de esta temporada, sobresaliendo la presencia de los estadios VII y VIII, y para el 2001 el VIII y IX (Fig. 10 c, g).

Para la primavera del año 2000 la moda se registró en los estadios X y XI, y en el 2001 aunque el crucero estuvo incompleto, la moda le correspondió al estadio X (Fig. 10 d, h).

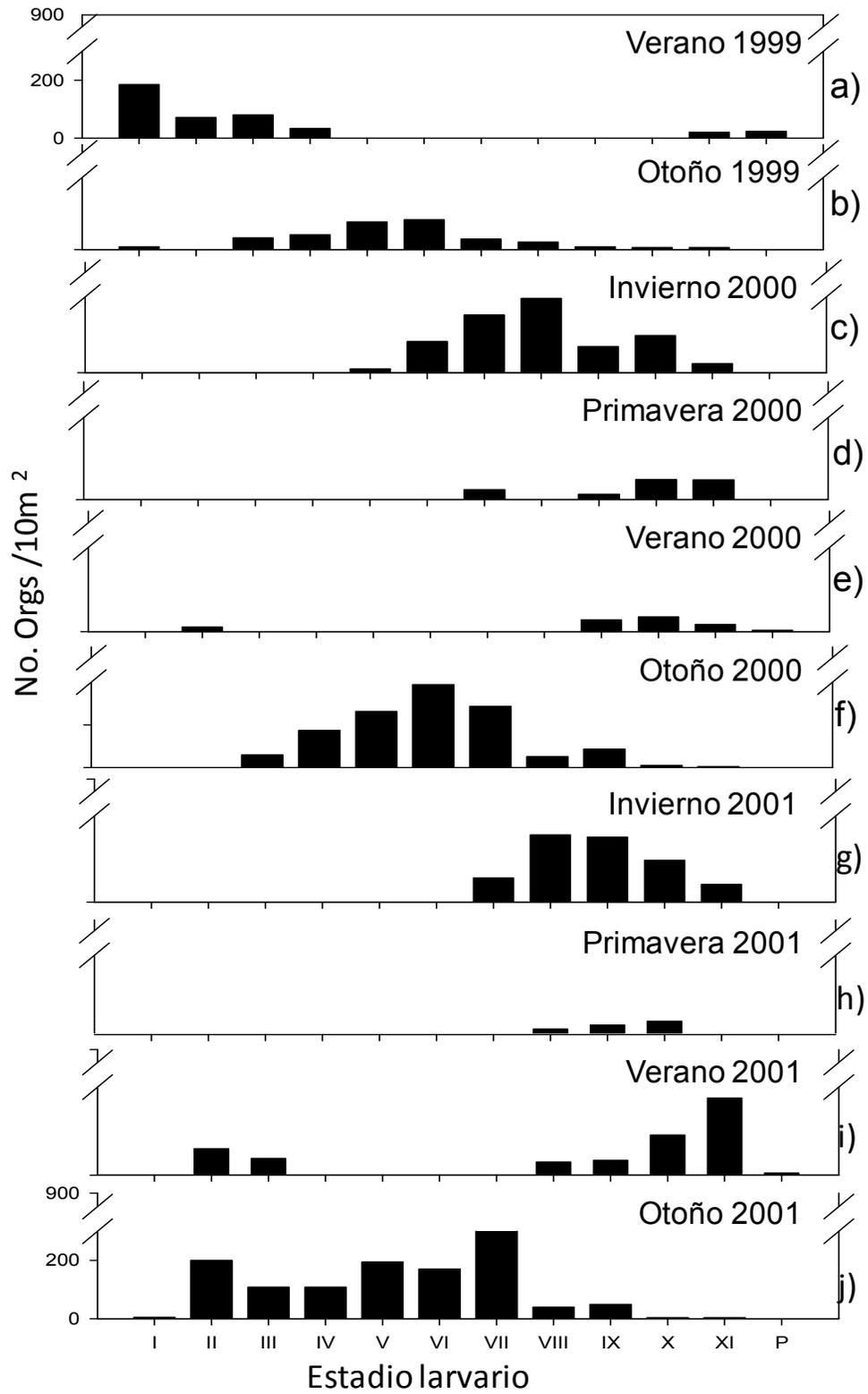


Figura 10.- Abundancia temporal de los estadios larvarios de *P. interruptus* durante el periodo 1999-2001

2.- Determinación de las clases anuales.

Se identificaron cuatro clases anuales durante el periodo 1999-2001; dos representadas de manera parcial y dos en su totalidad, quedando conformadas de la siguiente manera: CA-F 1998-1999 (F= final de la clase anual, caracterizada por estadios finales), CA-I 2001-2002 (I= inicio de una clase anual, diferenciada por presencia de estadios iniciales e intermedios), y finalmente dos clases anuales completas CA-1 (1999-2000) y CA-2 (2000-2001) (Fig 11).

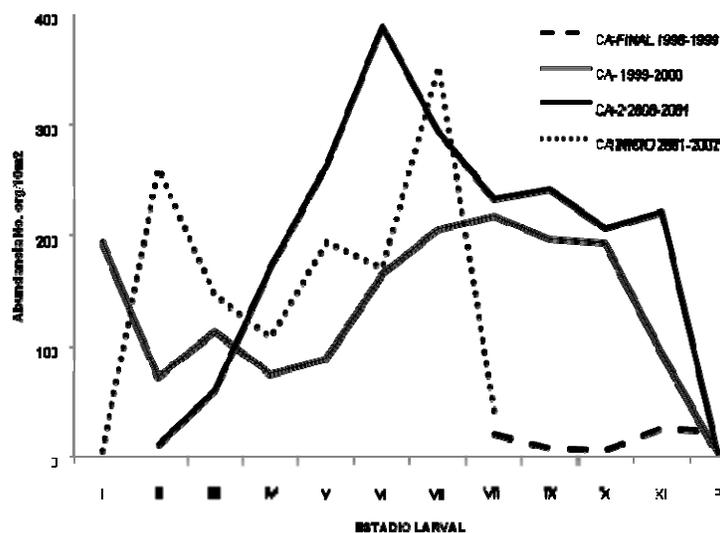


Figura 11- Clases anuales de larvas de *P. interruptus* identificadas durante el periodo 1999-2001.

Para los fines comparativos y de análisis del presente trabajo, únicamente se trabajó con las clases anuales completas: 1999-2000 y 2000-2001, (CA-1 y CA-2 respectivamente) (Fig 12).

El inicio de cada clase anual (CA), se da con la presencia de los primeros estadios (I, II y III) que coincide con el tiempo de eclosión en verano. En la CA-1 se obtuvo gran abundancia de estos, a diferencia de la CA-2 (Fig. 12). Los estadios intermedios (V, VI, VII y VIII) aparecieron en el otoño e invierno, pero ahora con una mayor abundancia en la CA-2. Los finales (IX, X y XI) se registraron entre invierno, primavera y verano y los puerulos en ambas clases anuales se encontraron en verano lo que marcaría el final en el desarrollo de cada clase anual (Fig. 12). Resalta

el hecho que estadios finales (IX, X y XI), junto con el estadio VIII aparecen en el otoño siguiente, como una extensión de la clase anual, lo que llamaríamos aquí como extemporáneos, ya que no pudieran pertenecer a la clase anual nacida en el verano de ese año por los tiempos de desarrollo (Fig. 12, Tabla 1)

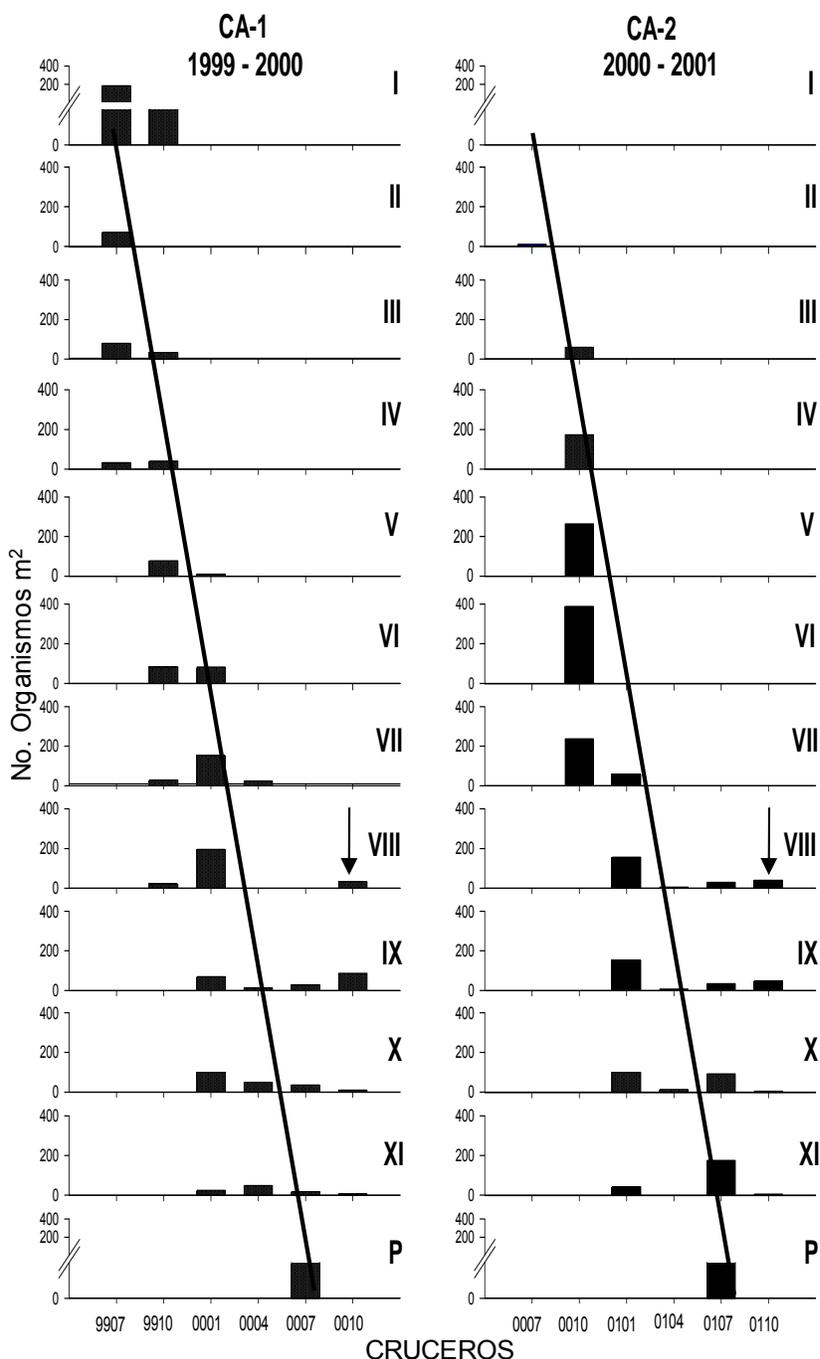


Figura 12.- Ocurrencia cuantitativa de estadios larvarios filosoma (números romanos) y puerulos (P) de *P. interruptus* en las clases anuales 1999-2000 y 2000-2001. La base de las gráficas corresponde a la temporada (crucero) y las líneas en diagonal señalan la progresión de los estadios larvarios de acuerdo a la temporada en cada clase anual. Las flechas señalan estadios extemporáneos (ver texto).

2.1.- Abundancia de las clases anuales

La abundancia total de estadios larvarios de *P. interruptus* mostró notoria diferencia entre las clases anuales. El número de organismos en la CA-1 fue de 1,380 Org./10m² y en la CA-2 de 2,142 Org./10m². En la CA-1 se registraron los once estadios larvarios (I – XI), mientras que en la CA-2 sólo diez estadios larvarios (II – XI). La abundancia total por estadios muestra una diferencia marcada, en la CA-1 los estadios I, II y III fueron muy abundantes, mientras que en la CA-2 no, sin embargo, el resto de estadios filosoma en la CA-2 supera por un orden o dos de magnitud a la CA-1, particularmente el estadio VI (Fig. 13 a y b). De la misma manera al obtener la abundancia promedio por estación positiva para cada estadio, dió resultados muy semejantes a lo anterior, donde los primeros estadios tuvieron valores más altos en CA-1 y en los estadios intermedios y finales los promedios fueron más altos en la CA-2 (Fig. 13 c y d).

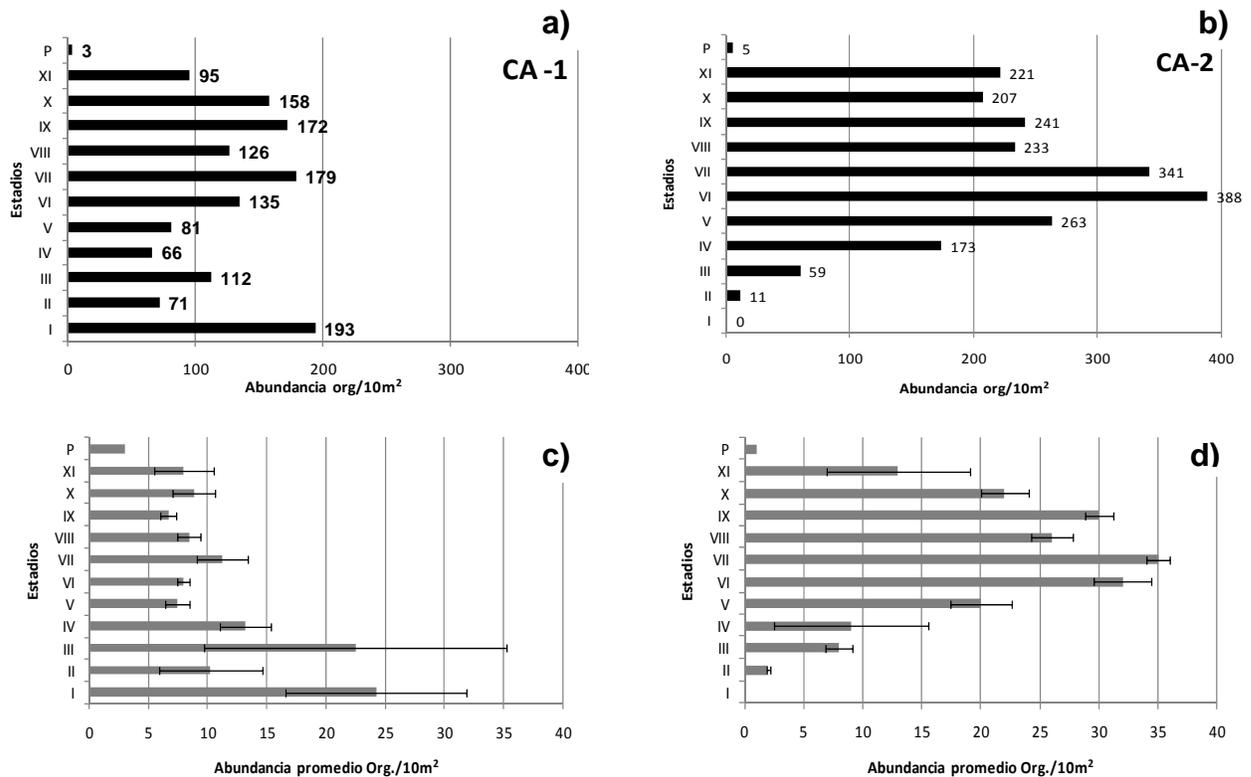


Figura 13.- Abundancia total y abundancia promedio por estadio de desarrollo de la clase anual CA-1 1999-2000 (a y c) y CA-2 2000-2001 (b y d) de *Panulirus interruptus*.

3.- Variación en la distribución espacio-temporal de los estadios larvarios:

3.1.- Distribución latitudinal.

La distribución de los estadios larvarios de *P. interruptus* en ambas clases anuales (CA-1 y CA-2), registró diferencias a lo largo de la Península y entre las temporadas (Fig. 14 y 15).

En la CA-1 la distribución de estadios iniciales en verano, fue notoriamente cercana a la costa en las regiones norte, centro y sur; el estadio larvario I (recolectado en 1999) fueron los más costeros, y para el otoño los organismos mostraron una distribución hacia el área central y sur (Fig. 14 a, b).

Los estadios larvarios intermedios presentes entre el otoño de 1999, invierno y la primavera del 2000, mostraron una distribución sobre la región central y sur (Fig. 14 c, d, e).

Los estadios larvarios finales en la CA-1 se distribuyeron en mayor proporción en la parte central, desde el invierno a verano del 2000 (Fig. 14 g, h, i). El puerulo presente en verano estuvo en la región norte. (Fig. 14 i). Los estadios extemporáneos (VIII, IX, X y XI) de esta clase anual presentes en otoño de 2000, se encontraron en la región central y norte (Fig. 14 f, j).

Para la CA-2 los escasos estadios iniciales colectados mostraron una distribución principalmente en la región norte y central durante el verano y otoño de 2000 (Fig. 15 a, b).

Los estadios intermedios tuvieron una distribución amplia en toda el área de estudio particularmente en el otoño del 2000 (Fig. 15 c). En invierno de 2001 se encontraron en la parte central y sur, en primavera del 2001 en el área norteña y durante el verano de 2001 en la región sur (Fig. 15 d, e, f).

Los estadios larvarios finales tuvieron una distribución amplia durante el invierno del 2001, en primavera del 2001 en la única región muestreada, el norte, y en verano en la parte central y sur (Fig. 15 h, i, j). El puerulo se presentó en verano localizado en la región norte, en una estación más cercana a la costa (Fig. 15 j). Los estadios extemporáneos (VIII, IX, X y XI) de esta clase anual presentes en otoño de 2001, se encontraron en la región central y sur (Fig. 15 g, k).

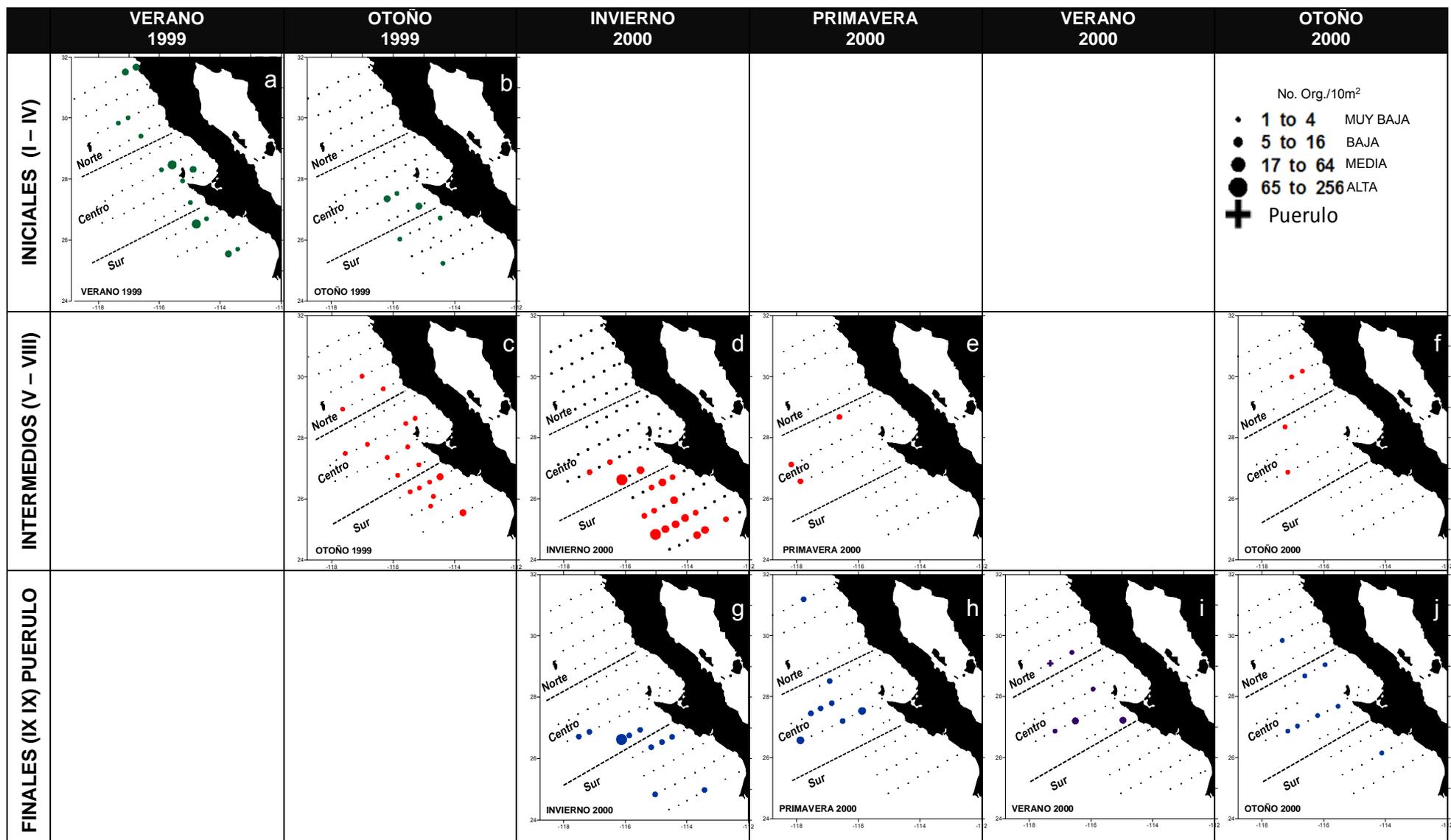


Figura 14.- Distribución latitudinal de estadios larvarios de *P. interruptus* en la Clase Anual 1.

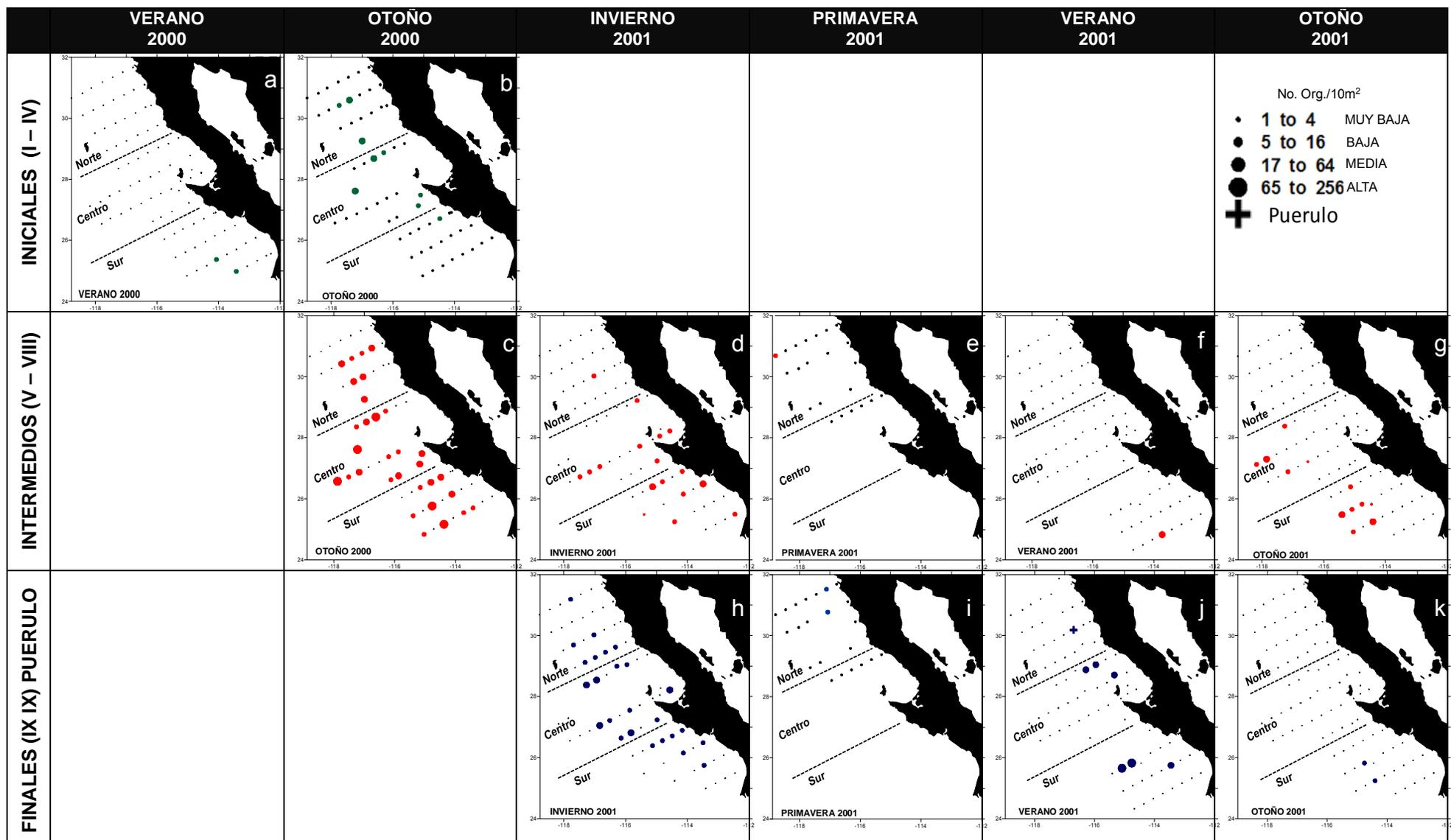


Figura 15.- Distribución latitudinal de estadios larvarios de *P. interruptus* en al Clase Anual 2

3.2 – Distribución costa-océano

De los resultados obtenidos en el análisis costa-océano, se observó que la abundancia del total de larvas en cada clase anual fue mayor en la región oceánica con 725 en CA-1 y 1417 en CA-2, que en la región costera con 634 en CA-1 y 752 en CA-2.

Por grupos de estadios (iniciales, intermedios y finales) sólo los iniciales de la CA-1 fueron más abundantes en las estaciones costeras, el resto, la mayor abundancia se registró en estaciones oceánicas (Fig. 16). Los puerulos en la CA-1 estuvieron presentes en la región oceánica, mientras que los de la CA-2, se registraron en la zona costera (Fig. 16).

En los promedios de las estaciones positivas sólo para los estadios iniciales de ambas clases anuales se obtuvieron diferencias, en la CA-1 el valor promedio fue mayor en la zona costera y en la CA-2 en la región oceánica. Tanto para los estadios intermedios y finales de ambas clases anuales el valor promedio fue semejante (Fig. 16).

En todos los caso el estadístico U de Mann-Whitney ($p > 0.05$) no marcó diferencia significativa al comparar la abundancia entre estaciones costeras y oceánicas para cada grupo de desarrollo larvario en ambas clases anuales.

CLASE ANUAL 1

CLASE ANUAL 2

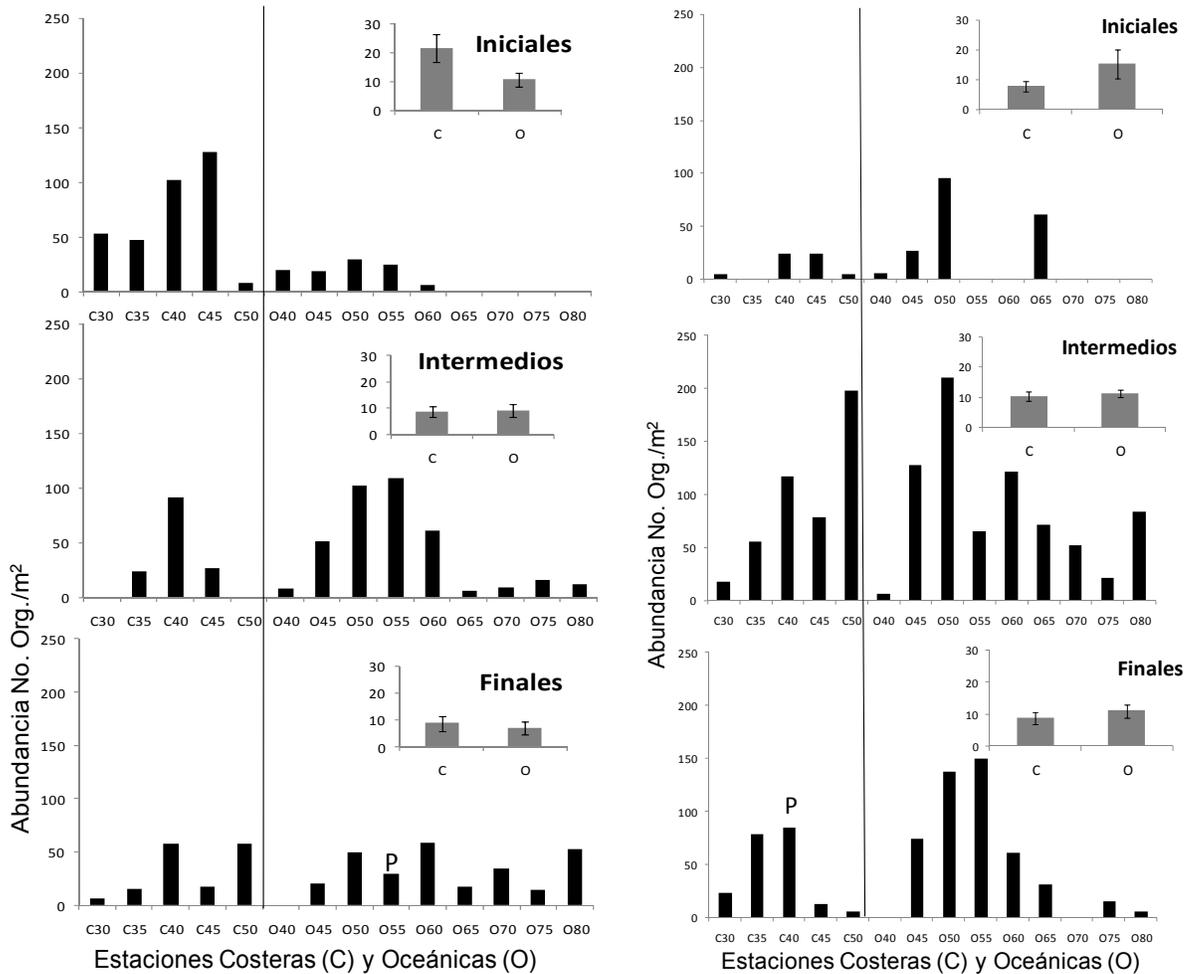


Figura 16.- Abundancia de estadios larvarios iniciales, intermedios, finales y puerulos (P) de *P. interruptus* en la distribución costa-océano de las clases anuales CA-1 y CA-2. En las gráficas pequeñas se ilustra el promedio de estaciones positivas con su error estándar en la costa y océano.

4.- Presencia de los estadios larvarios con respecto al ambiente (temperatura, salinidad, clorofila a, capa de mezcla y flujo geostrofico).

4.1.- Temperatura

El intervalo en el cual se presentaron los estadios de la CA-1 fue de 15.3 °C a 22.65 °C; y la variación del promedio entre los estadios fue de 2.2 °C (17.78 a 19.98°C). Los intervalos de temperatura en los que se presentaron los estadios van siendo mayor desde los estadios iniciales hacia los finales (Fig. 17). La exploración de los estadios y la frecuencia de temperatura en que aparecieron, utilizando análisis

de componentes principales ACP (variancia explicada 56.56%), marcó diferencia en la ordenación de los estadios dada por su presencia en temperatura más fría para los estadios I, II, VII, VIII, X y XI y más cálida para los estadios III, IV, V, IX, y P (Fig. 17 y 18).

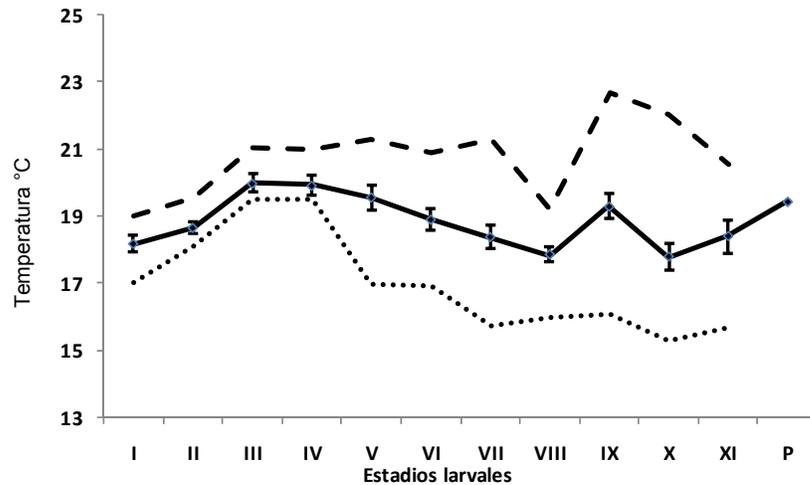


Figura 17.- Temperatura mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio (línea sólida) y error estándar (segmentos verticales), de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 1.

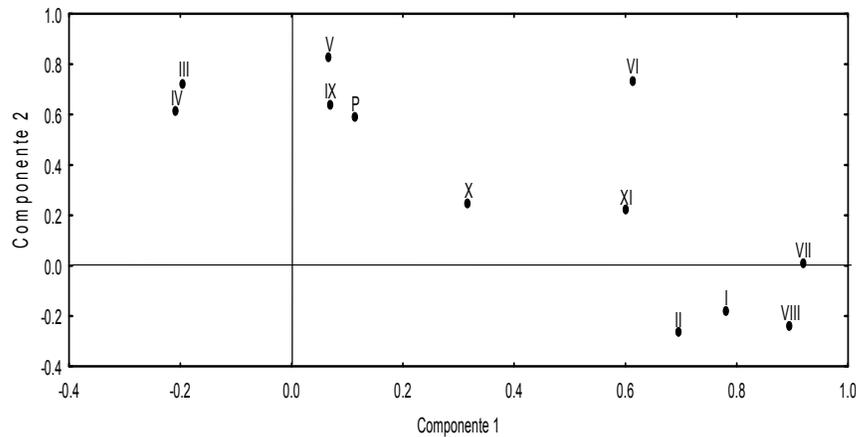


Figura 18.- Análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la temperatura para la clase anual 1.

Para la CA-2 el intervalo en el cual se presentaron las filosomas fue de 14.77 – 22.65°C y la variación del promedio fue de 3.88 °C (17.12 – 21.00 °C). En esta CA se observa un patrón más definido con la presencia de estadios larvales iniciales en temperatura promedio más cálida que los estadios intermedios, para incrementarse nuevamente en los finales. Los intervalos de temperatura, de la misma forma a la

CA-1, son más amplios hacia los estadios finales (Fig. 19). Esto se ve reflejado en la ordenación del ACP (variancia explicada 86.37%) donde los estadios iniciales e intermedios se ven juntos por estar en temperaturas más cálidas y los finales por estar en temperaturas más frías (Fig. 20).

La temperatura en que se registraron los estadios larvarios presentó diferencia significativa entre las clases anuales (U de Mann-Whitney $p= 0.0119$).

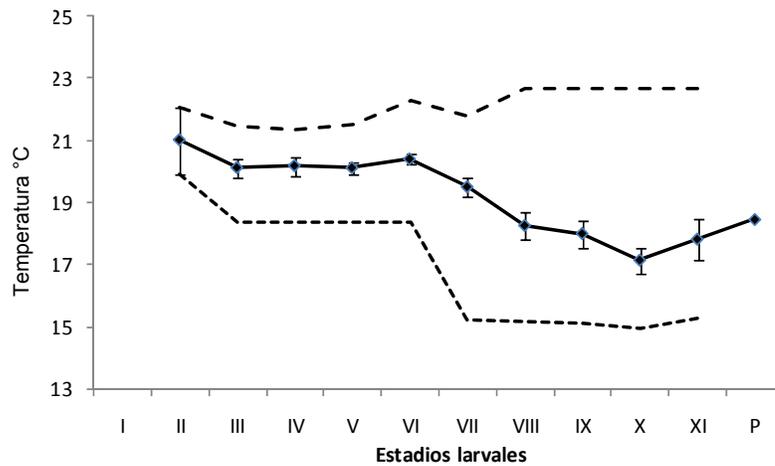


Figura 19.- Temperatura mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio (línea sólida) y error estándar (segmentos verticales), de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 2.

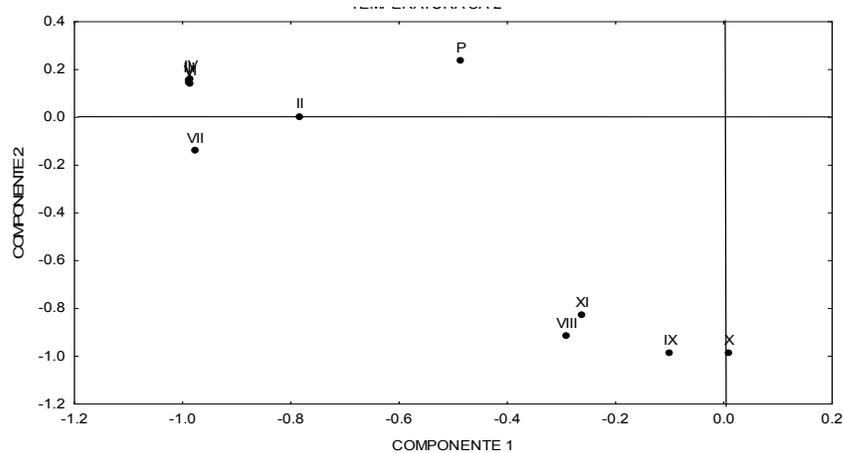


Figura 20.- Análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la temperatura para la clase anual 2

4.2.- Salinidad

En la CA-1 el intervalo de salinidad en el cual se encontraron los estadios larvarios fue 33.46 y 34.14 ups. El promedio de la salinidad mostró ligera variación de 0.34 ups (33.56 a 33.90). Los intervalos de salinidad al igual que la temperatura van siendo mayores de los estadios iniciales a los finales. La presencia de los estadios larvales respecto al promedio de esta variable mostró un patrón ascendente de la salinidad asociado al desarrollo larval del estadio I al VIII, y una disminución de la salinidad para los estadios del IX al XI y P (Fig. 21). Esa variación se refleja en el ACP (varianza explicada del 71.39%) de acuerdo a la ordenación presentada por los estadios en el diagrama (Fig. 22).

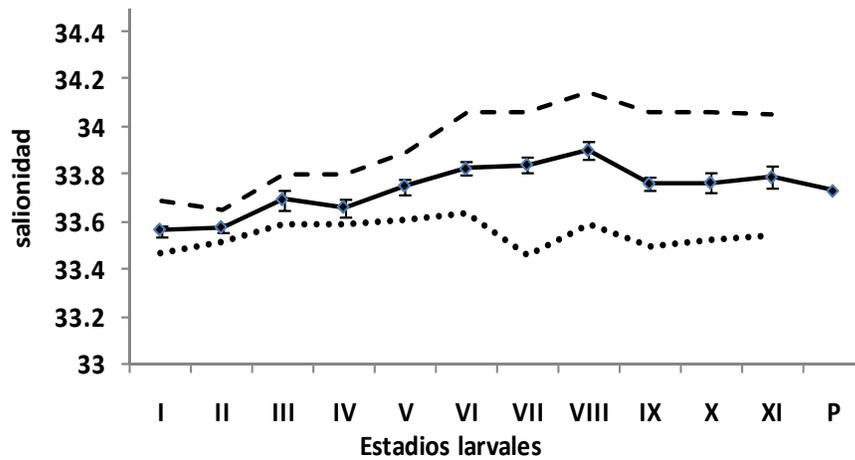


Figura 21.- Salinidad mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio (línea sólida) y error estándar (segmentos verticales), de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 1.

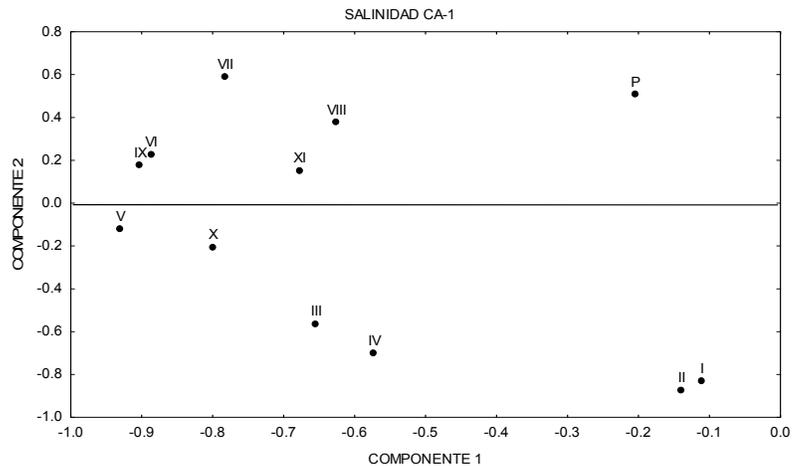


Figura 22.- Análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la salinidad para la clase anual 1.

Para la CA-2 el intervalo en el cual se encontraron las filosomas fue de 32.19 a 34.34 ups. La variación del promedio de la salinidad en los cuales se encontraron los estadios larvarios fue de 0.12 ups (33.77 – 33.90 ups). En este caso el promedio de salinidad entre los estadios II al VIII es muy similar, aumentando ligeramente en este último, para volver a disminuir del estadio IX al P (Fig. 23). De acuerdo con el ACP (variancia explicada 80.07%) este marca el mismo patrón al ordenar los estadios con base en la presencia de éstos en salinidades relativamente similares (II-VIII), y menores salinidades (IX al puerulo) (Fig. 24)

La salinidad en la que se presentaron lo estadios larvarios de ambas clases anuales registró una diferencia significativa (U de Mann-Whitney $p=0.0109$).

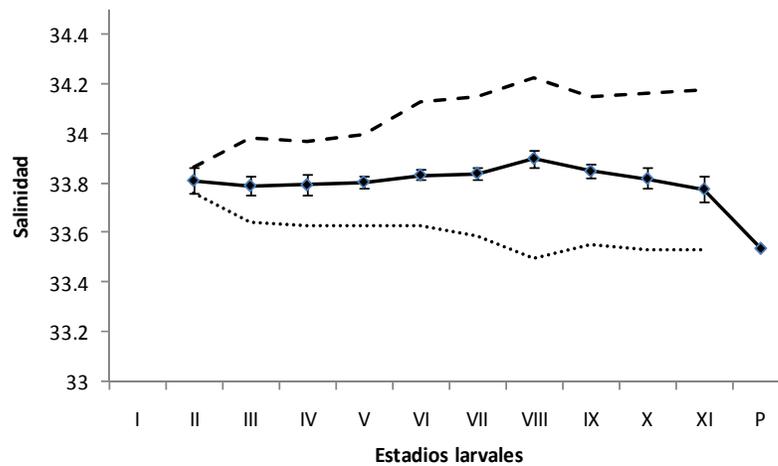


Figura 23.- Salinidad mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio (línea sólida) y error estándar (segmentos verticales), de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 2.

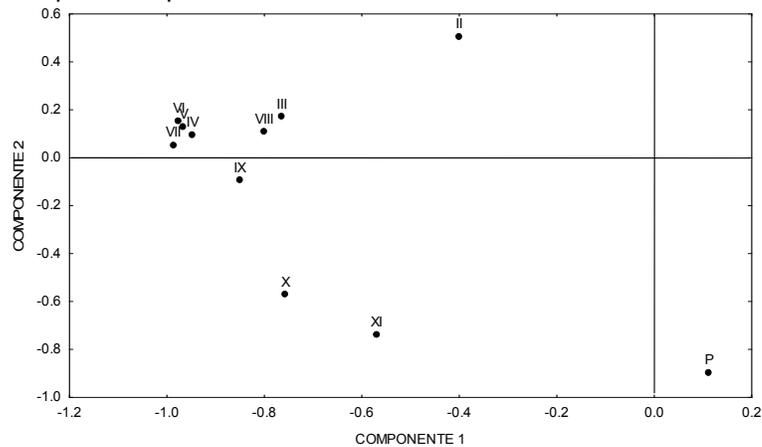


Figura 24.- Análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la salinidad para la clase anual 2.

4.2.- Clorofila integrada

La CA-1 no mostró un patrón definido entre la presencia de estadios larvarios y los valores promedio de Cl a. La presencia de los primeros estadios (I – IV) estuvo asociado a valores promedio más altos con respecto a los estadios intermedios y en los finales los valores se incrementan (Fig. 25). El ACP (variancia explicada 97.51%) muestra un arreglo de acuerdo a la disposición del promedio presente en cada estadio. (Fig. 26)

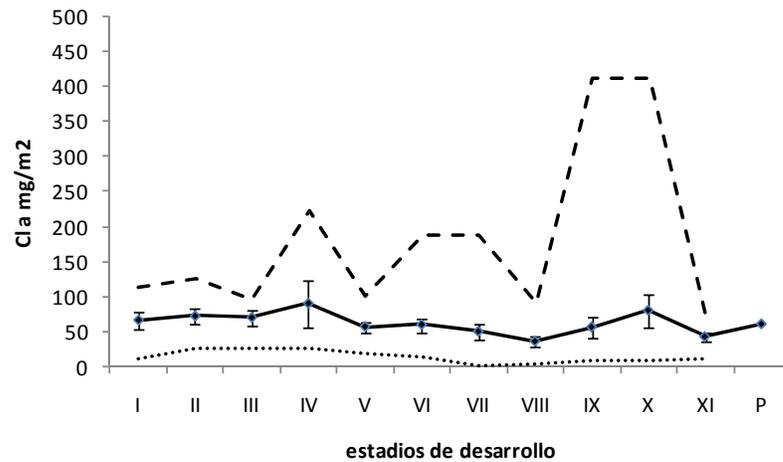


Figura 25.- Clorofila a integrada (Cl a mg/m^2) mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea sólida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 1

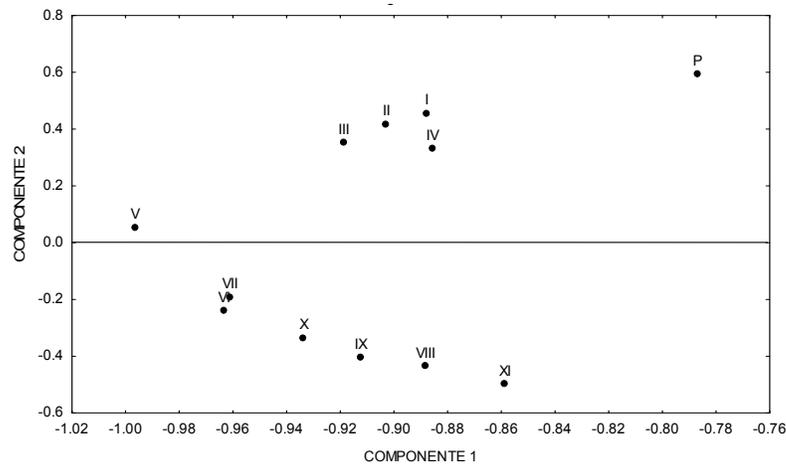


Figura 26.- Análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la Clorofila a integrada (Cl a mg/m^2) para la clase anual 1.

La presencia de estadios larvarios respecto de la clorofila integrada en la CA-2 mostró un patrón más definido. Los estadios larvarios iniciales se asociaron a valores promedio bajos, mientras que los estadios intermedios y finales se presentaron en concentraciones mayores (Fig. 27). Este arreglo se aprecia de igual manera en la ordenación de los estadios en el ACP (variancia explicada de 95.75%) (Fig. 28)

Las concentraciones de clorofila a integrada a las cuales se asociaron los diferentes estadios larvales fueron significativamente diferentes entre las CA (U de Mann-Whitney $p = 0.0109$)

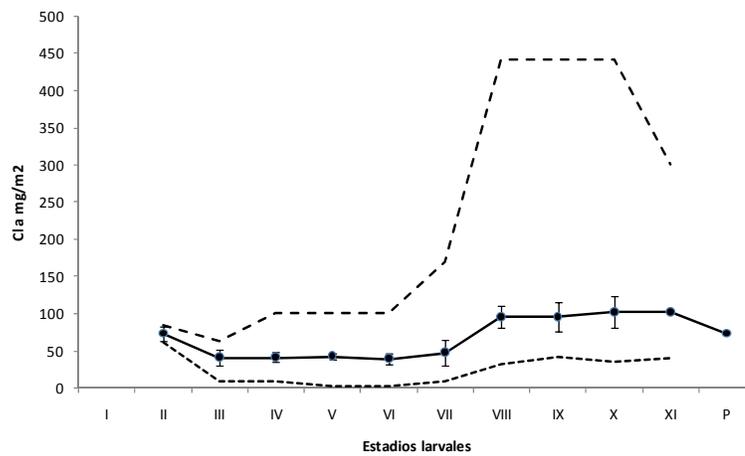


Figura 27.- Clorofila integrada mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea sólida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 1

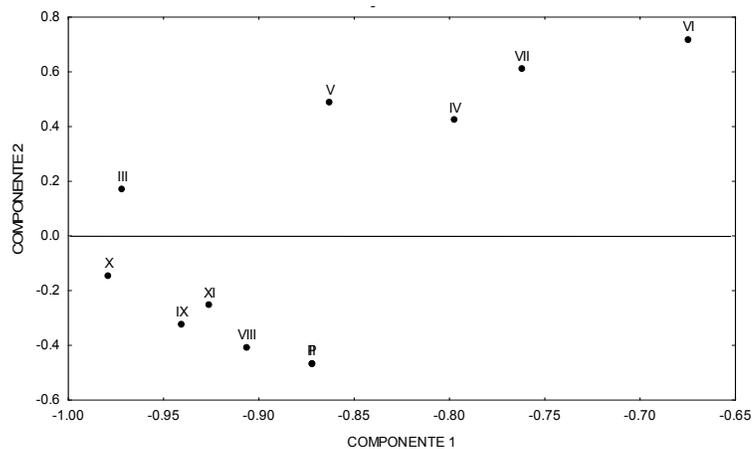


Figura 28- Análisis de componentes principales con respecto a la Clorofila a integrada ($Cl a \text{ mg/m}^2$) para la clase anual 2.

4.3.- Profundidad de la capa de mezcla

En la CA-1 el intervalo de valores promedio de la profundidad de la capa de mezcla (PCM) fue de 20.54 a 44.85 m en las estaciones donde se encontraron los estadios larvarios. El desarrollo de los estadios larvales se asoció a un incremento en la profundidad promedio de la capa de mezcla (Fig. 29). La exploración con el ACP (variancia explicada 63.25), mostró una segregación de los estadios II, III, IV, V, y IX por presentarse en menores profundidades de la capa de mezcla, con los estadios VI, VII, VIII, X, XI y P que estuvieron asociados a mayores profundidades de la capa de mezcla (Fig. 30).

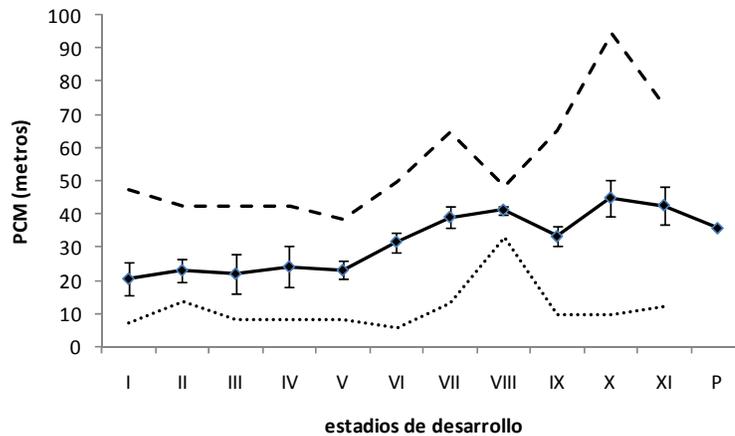


Figura 29- Profundidad de la capa de mezcla mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea sólida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 1.

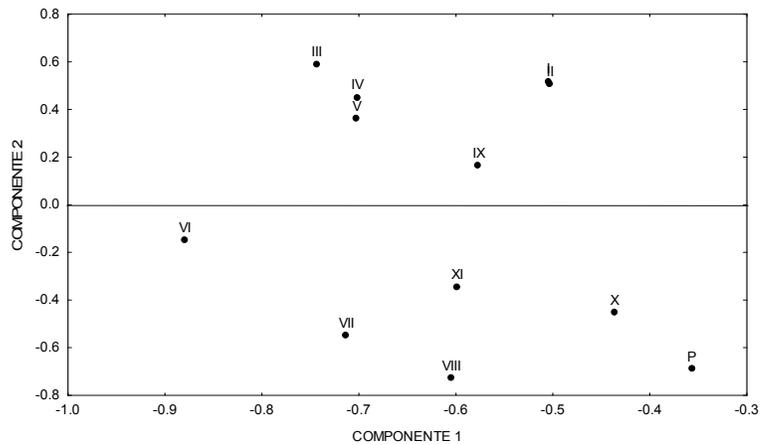


Figura 30.- Análisis de componentes principales con respecto a la profundidad de la capa de mezcla y estadios larvarios para la clase anual 1

El intervalo de valores promedio en estaciones con presencia de estadios larvarios para la CA-2 fue de 19.4 a 58.1 m. Los primeros estadios (a excepción del II) se presentaron en valores promedio más bajos de la PCM, incrementando hasta el IX para después disminuir hasta el puerulo (Fig. 31).

En la exploración con el ACP (variancia explicada del 80.50%) marca una tendencia en la ordenación de los estadios dadas por su presencia a menores profundidades de la capa de mezcla (III, IV, V, VI, y VII) y en mayores profundidades (VIII, IX, X, y XI). (Fig. 32)

La tendencia entre los estadios larvarios y la profundidad de la capa de mezcla (PCM) mostro una diferencia significativa entre las clases anuales (Mann-Whitney $p = 0.028$).

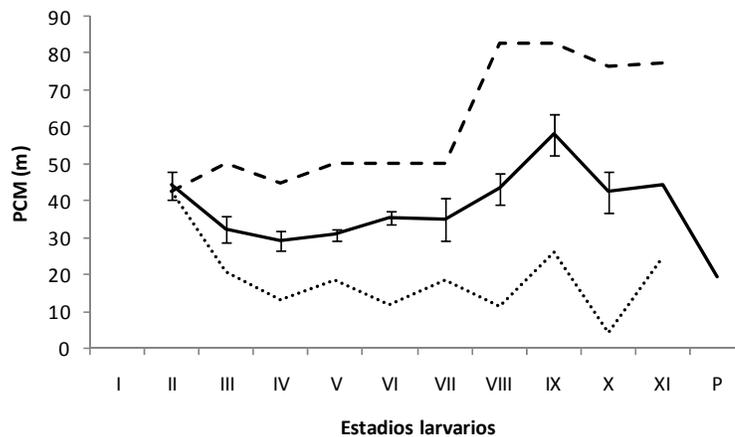


Figura 31.- Profundidad de la capa de mezcla mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea sólida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 2

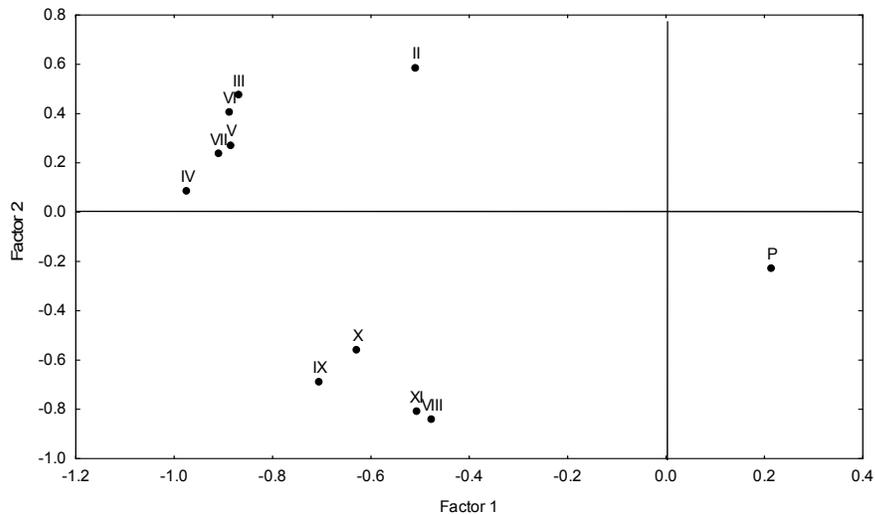


Figura 32.- Análisis de componentes principales con la profundidad de la capa mezcla y estadios larvarios para la clase anual 2.

4.4- Relación de los estadios larvales con el flujo geostrófico.

En la CA-1 los estadios iniciales mostraron una distribución a lo largo de la costa con relación al flujo de la corriente en dirección al sur, salvo en la región norteña cercana a Ensenada donde el giro anticiclónico parece mantener estos estadios larvarios cercanos a las costa (Fig. 33 a). En la secuencia de imágenes, se puede observar que la tendencia general en la distribución de los estadios intermedios es la dispersión hacia el sur (Fig. 33 c, d y e), mientras que para los estadios finales, se observó que probablemente quedan retenidos en la parte central de la península, que es donde existe de manera casi permanente giros y meandros, creando una barrera que mantiene o transporta en mayor proporción a los estadios larvarios hacia la costa (Fig. 33 g, h, i). De las larvas extemporáneas en otoño estuvieron asociadas al flujo que va predominantemente fuera de la costa (Fig. 33 f y j).

Para la CA-2 los estadios iniciales fueron poco capturados, en verano se presentaron asociados al flujo sureño en las estaciones más al sur (Fig. 34 a). En otoño se presentaron principalmente en la región norte asociados a giros ciclónicos y meandros, y en la región central al flujo sureño (Fig. 34 b). Los estadios intermedios en el otoño se encontraron en toda el área. En el norte estuvieron

asociados a un gran meandro que pareciera transportarlos fuera de la costa y en el sur se encuentra asociados al flujo sureño (Fig. 34 c). Para el invierno los estadios intermedios presentes en la porción central parecen asociarse con el flujo hacia el sur, pero además el flujo parece penetrar hacia la costa (Fig. 34 d). En el caso de los estadios finales en invierno igualmente estuvieron asociados al flujo sureño con penetración de algunos de ellos hacia la costa (Fig. 34h). En verano los estadios finales se encontraron en la porción central, al parecer asociados a un flujo que los lleva hacia la costa y en la porción sur asociados a un giro anticiclónico fuera de la costa (Fig. 34 j). Para verano y otoño de 2001, las larvas llamadas como extemporáneas de los estadios intermedios y finales parecen estar asociados con flujos que provienen del sur en la región sureña (Fig. 34 f, g y k).

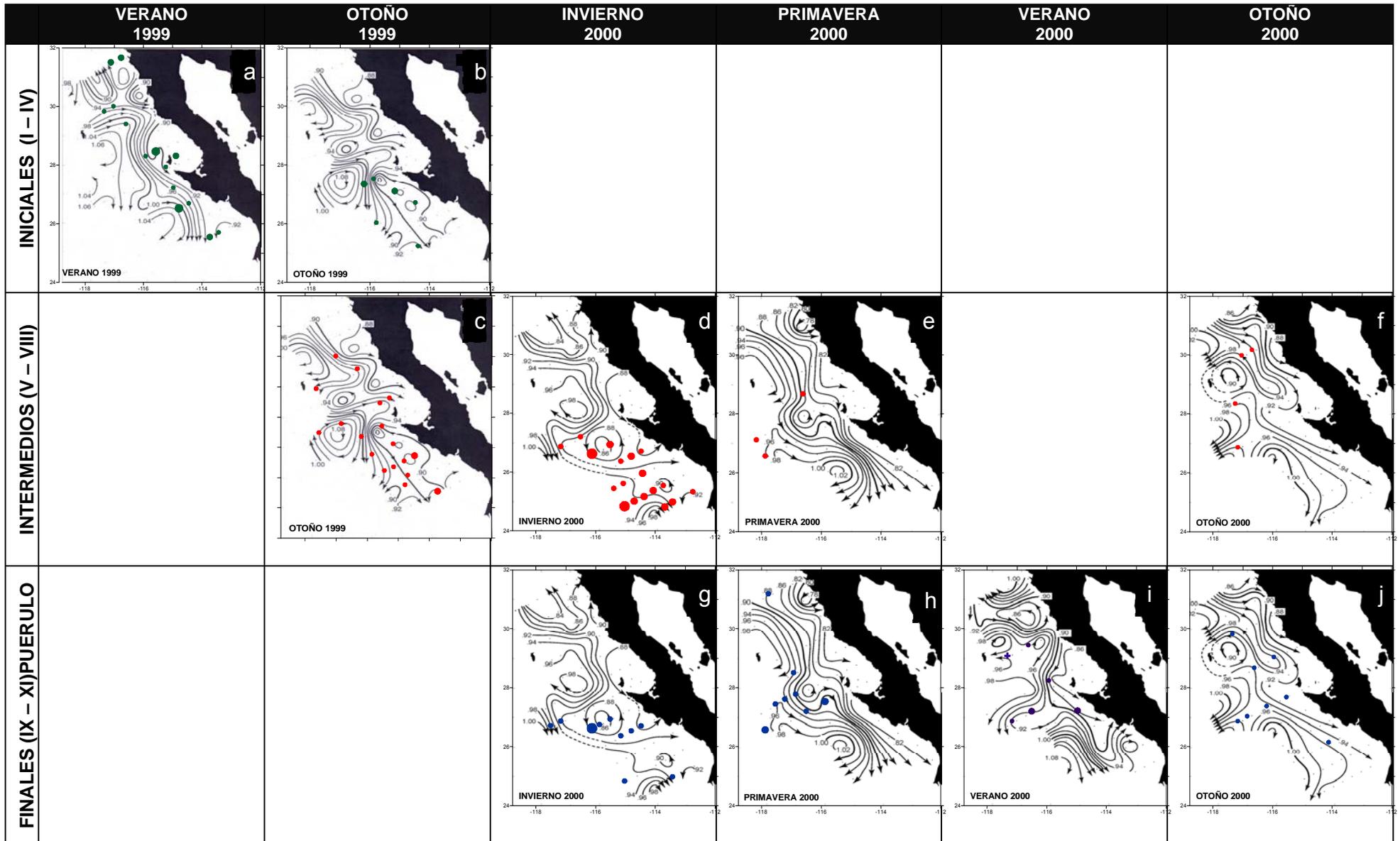


Figura 33.- Distribución de estadios larvarios y flujo geostrofico para la Clase Anual 1.

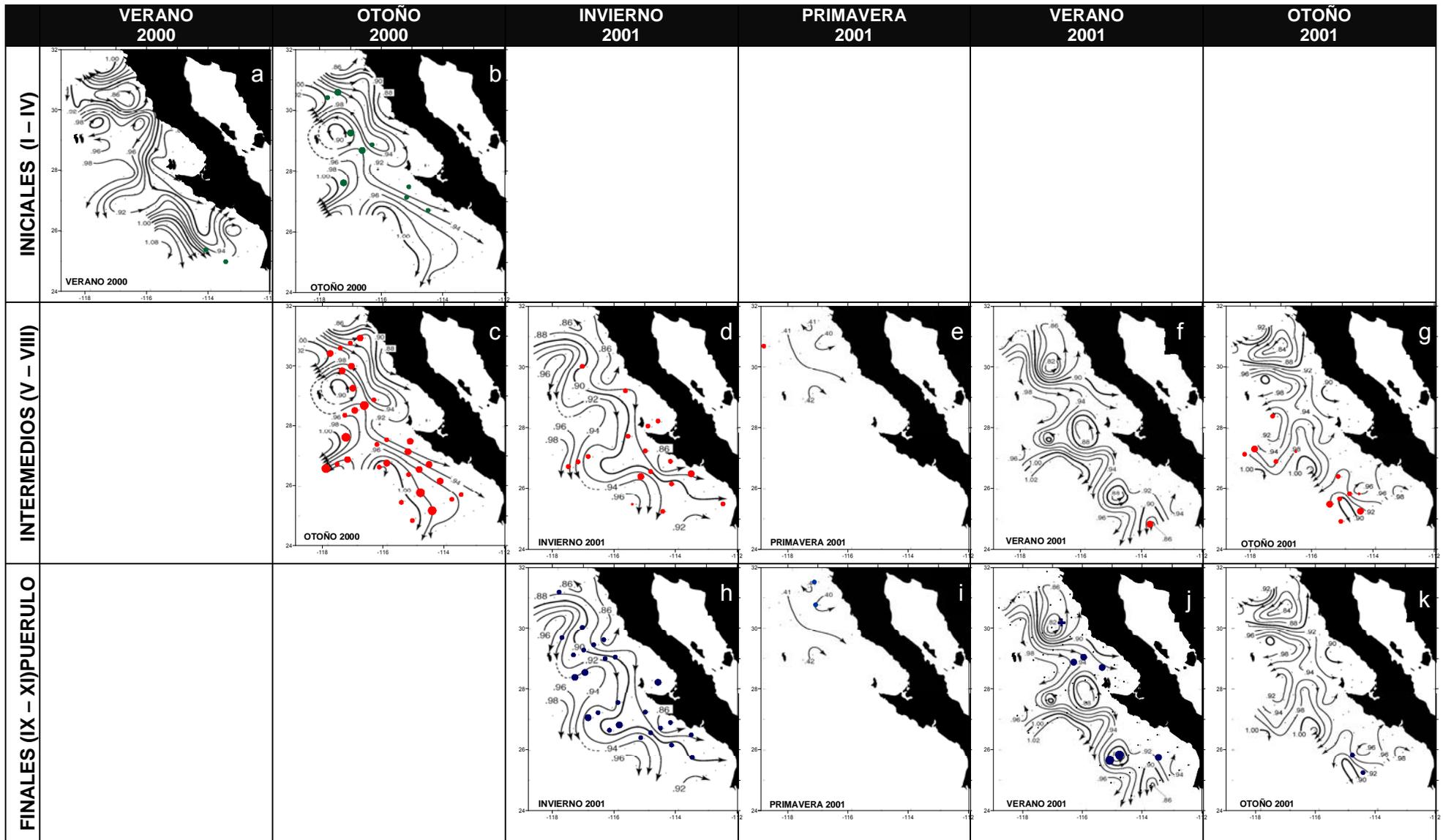


Figura 34.- Distribución de estadios larvarios y flujo geostrófico para la Clase Anual 2.

DISCUSIÓN

Johnson (1960b) y Pringle, (1986), establecieron los tiempos de permanencia de los estadios larvarios de *Panulirus interruptus*. Los estadios iniciales requieren un menor tiempo para alcanzar el siguiente estadio larvario. Consideraron que los organismos del estadio I alcanzan el estadio IV en un periodo de 2 meses con un tiempo promedio de 16 días por estadio. Los estadios intermedios (V–VIII) presentan un mayor tiempo promedio de permanencia entre cada estadio (33 días), mientras que para los estadios finales (IX-X) disminuye el tiempo de permanencia por estadio, a 18 días. Sumando lo anterior, el desarrollo larval de una filosoma hasta la aparición del estadio XI, se lleva a cabo en un total de 232 días. Sin embargo el tiempo de permanencia para el estadio XI no lo determinaron los autores mencionados, ya que Johnson (1956) no encontró puerulos en su estudio y por consiguiente no estimaron el momento de la transición del estadio XI al puerulo, y con esto determinar el tiempo total de la fase planctónica incluyendo la metamorfosis a puerulo.

El periodo del año en el cual se presentan los estadios larvarios, sólo es claro para los primeros estadios (verano-otoño), no es posible distinguir límites definidos en la presencia de los estadios intermedios y finales. El tiempo en el que se puede detectar la presencia de cada estadio de desarrollo va aumentado de los iniciales hacia los finales. En los estadios I-VI la duración es entre 4 a 5 meses, para los estadios VII – XI es alrededor de 8 meses (Johnson, 1960b). Lo que da evidencia de la variabilidad en la duración en el tiempo de desarrollo de los estadios larvarios.

En este trabajo se encontraron once estadios larvarios filosoma y puerulo, con diferencias interanuales en relación con la presencia estacional de las filosomas. En verano se detectan estadios iniciales y finales. La presencia del estadio I se registró en 1999, en comparación con los años 2000 y 2001, donde sólo se colectaron estadios II y III, lo que puede deberse a varios factores. Johnson (1960a) establece que la presencia del estadio I es más intensa hacia finales del verano y principios del otoño, con un pico máximo entre agosto y septiembre (aunque pueden presentarse en los meses de junio,

noviembre o diciembre). Los muestreos de verano de 1999 se realizaron en agosto con gran presencia de estadios I, a diferencia del 2000 y 2001 donde los cruceros se realizaron en julio y en ambos años se obtuvo una incipiente presencia de estadios iniciales. Cabe la posibilidad de que estos estadios no se lograron muestrear debido a que no se había llevado a cabo la eclosión, o el inicio de este proceso. Otra posibilidad pudo ser que las filosomas se encontraban tan cerca de la costa, que la red de estaciones del programa IMECOCAL no alcanzó a muestrearlas. Esto explica las diferencias interanuales en la presencia de estadios iniciales entre los veranos estudiados. mismo en verano, para los estadios finales las diferencias interanuales fueron evidentes, siendo el 2001 el año donde se obtuvo un mayor número de estadios (VIII, IX, X y XI) y mayor abundancia del estadio XI. También en verano, a diferencia de Johnson (1960 a y b), se obtuvo la fase larvaria de puerulo en el ambiente oceánico, los cuales ya habían sido detectados por Peñaloza (2008) durante cruceros previos en el área de estudio.

De manera general, se observó que en el otoño se presentan todos los estadios filosoma coincidiendo con estudios previos (Johnson 1960b; Ortuño 2003; Peñaloza 2008). Esta condición se observó para el otoño de 2001, no para 1999 donde no se presentó el estadio II y en 2000 los estadios I y II. La presencia de todos los estadios se puede explicar debido a que en esta temporada se da la conjunción de dos clases anuales. Una de ellas proviene de la eclosión del verano del mismo año y se caracteriza por una mínima presencia de estadios iniciales y una mayor presencia de estadios intermedios. La otra clase anual es la conformada por los estadios que denominados como extemporáneos, los cuales puede ser un rezago de la clase anual nacida en el año anterior, caracterizada por una escasa presencia de estadios finales. En otoño, cabe señalar que la mayor abundancia de filosomas se presentó en los años 2000 y 2001, aunque particularmente en 2001 resaltó el número de organismos de estadios iniciales como intermedios. Lo anterior puede ser evidencia de un posible desfase del evento reproductivo de los adultos en la zona. Vega (2003) encontró que las temperaturas influyen en la regulación del periodo reproductivo de *P. interruptus*. En los eventos El Niño las altas temperaturas han estimulado la madurez

de los adultos y ha visto un adelanto en el desove. Aunque no se ha documentado, entonces pudo suceder lo contrario durante estos años influenciados por anomalías negativas. Las claras diferencias interanuales registradas durante el otoño en este estudio, podrían estar evidenciando un retraso en el desarrollo larval ó un desfase en el proceso reproductivo, y con él, retrasar el desove y el consecuente proceso de eclosión.

Para invierno se presentan estadios intermedios y finales siendo más abundantes los estadios VIII (Johnson, 1960b). En el año 2000 y 2001 si bien la mayor abundancia es para los estadios VIII, se observaron diferencias con la presencia de estadios del V-XI para el 2000 y para el 2001 del VII–XI, lo que indica también un retraso en los periodos de desarrollo. En este caso Peñaloza (2008) encontró para esta temporada una mayor abundancia de estadios X para el invierno de 1998 lo que podría ser la influencia de condiciones cálidas del evento El Niño 1997-1998.

En el caso de la primavera es característica la presencia de estadios finales, aunque todavía se registran estadios intermedios, lo cual podría ser igualmente una evidencia en el retraso del desarrollo larval, ya que Johnson (1960b) observó para ésta época una dominancia de filosoma X. Para esta época ya se registran abundancias muy bajas de estos estadios, dada por la propia mortalidad.

Existen antecedentes sobre el tiempo del periodo larvario en otras especies de langostas. En Japón para *Panulirus japonicus*, en condiciones de laboratorio el tiempo total de la fase filosoma se estimó en un intervalo de 245 a 326 días (289 promedio) (Matzuda & Takenouchi 2007). Para *Jasus edwardsii* en Nueva Zelanda de 12 hasta 24 meses en vida libre (Booth 1994) y en condiciones de laboratorio de 10 meses (Kitaka *et al.* 1988; Kitaka 1994). Para *Jasus frontalis*, entre 112 a 160 días y hasta 370 días desde naupliosoma hasta puerulo (Dupre & Guisado, 1996). Rivera & Mujica (2004) señalan que en las aguas oceánicas de Chile, la etapa larvaria de las especies de la familia Palinuridae varía entre 11 a 17 estadios en un periodo de 6 y 11 meses respectivamente de vida planctónica.

Aunque es difícil estimar el tiempo de duración en cada estadio larvario de *P. interruptus* es posible establecer el inicio de una generación o cohorte, tomando como base el ciclo de vida de estas langostas, ya que los estudios en organismos adultos han permitido conocer la época del evento reproductivo y que sólo poseen un desove anual, en este sentido la presencia de estadio I y II (cercanos a la costa estarían indicando la cercanía en tiempo de la eclosión de los huevos), con lo que se señalaría el inicio de una generación o cohorte, y concluiría el período larvario con la presencia de los estadios finales (XI) y principalmente de los puerulos.

Johnson (1960b) y Pringle (1986) no pudieron estimar el tiempo de permanencia del estadio XI y mucho menos el requerido para alcanzar la larva puerulo, al no encontrarla en sus cruceros. Sin embargo se podría considerar que el ciclo larvario completo desde la eclosión hasta el hallazgo del puerulo, va de verano a verano, con lo que se confirma que éste tiene una duración de 12 meses aproximadamente. Lo que Peñaloza(2008) ya había encontrado en la misma área de estudio.

Para llevar a cabo un análisis de la variabilidad interanual, sobre la presencia y distribución de los estadios larvarios por crucero, con el objeto de detectar patrones y evidenciar el acoplamiento de los estadios larvarios con las condiciones oceanográficas, se estableció el trabajar con clases anuales. Esto permitió dar seguimiento al año del período de desarrollo ontogénico larvario. Johnson (1960b) tomó como base las capturas mensuales durante 7 años (1949-1955), para conocer la presencia cuantitativa de los estadios larvarios y establecer clases anuales, identificando 6 completas (1949-1950; 1950-1951; 1951-1952; 1952-1953; 1953-1954; 1954-1955), mismo señala que en la clase anual 1949-1950 queda evidente el final de una clase y en 1954-1955 el inicio de otra. Ortuño (2003), menciona dos generaciones presentes durante el año 2000; la presencia de estadios IX al XI (entre abril y julio) indican el fin del periodo de desarrollo de la generación 1999, y que todas las larvas obtenidas en julio pertenecientes al estadio I, marcarían el inicio de la próxima generación (2000) de *Panulirus interruptus*; cabe mencionar que ninguna de las dos

cohortes referidas fueron completas. Por su parte Peñaloza (2008) encuentra tres cohortes, de las cuales sólo una es completa (1998-1999).

Con los resultados presentados fue posible evidenciar cuatro clases anuales definidas, con base en la presencia de los estadios larvarios del verano de 1999 hasta el otoño de 2001. El final de la clase 1998-1999, el inicio de la 2001-2002 y dos clases completas la 1999-2000 y 2000-2001. No es posible establecer una comparación en la abundancia con las que determina Johnson (1960b) por no tener la misma estandarización en los datos, el observa que dos de sus clases anuales fueron más abundantes (1950-1951 y 1951-1952) como resultado de una exitosa sobrevivencia, encontrando como evidencia una gran cantidad de estadios XI. En este sentido y haciendo una comparación de las abundancias entre las clases anuales obtenidas en este estudio, se pudo ver que la clase 2000-2001 fue más exitosa, obteniendo los promedios mas altos por estadios de desarrollo. En esta clase no se encontraron estadios iniciales, sin embargo fueron más abundantes los estadios intermedios y finales, a diferencia de la clase 1999-2000 la cual mostró una gran abundancia de estadios iniciales, pero no se vio reflejada en los intermedios y finales.

Del análisis de las clases anuales, los cruceros realizados en el otoño pueden ser considerados como clave en la determinación del éxito reproductivo y de la fuerza de la cohorte larvaria en términos de abundancia, dado que prácticamente el proceso de eclosión está concluyendo y ya la mayoría de las larvas se encuentran en el océano. De esta manera se puede hacer la comparación con lo obtenido por Peñaloza (2008), que si bien no trabajó con clases anuales, muestra la importancia de los cruceros de esta temporada como los más abundantes para los años 1997, 1998, y 1999, al igual que para los cruceros en otoño de 2000 y 2001 de este trabajo. Las diferencias en la abundancia de estadios larvarios para otoño en ambos estudios, resultaron en un orden de magnitud del doble. Peñaloza (2008) reportó abundancias de 532, 482 y 312 Org./10m² en 1997, 1998 y 1999 respectivamente, en comparación con las abundancias de las filosomas registradas en los años 2000 y 2001 con 1322 y 1293 Org./10m² respectivamente (Fig. 35).

Sin embargo estos resultados podrían estar sobrevalorados. Durante el otoño de 1997 no se cubrió en su totalidad la red de estaciones de muestreo de IMECOCAL, por lo que para fines de comparación se obtuvo la abundancia de larvas para los cruceros de otoño de este trabajo (1999, 2000 y 2001) con tan solo las estaciones de la misma cobertura de las estaciones del otoño de 1997 (líneas 110-127). Se puede observar que las abundancias obtenidas en los años 2000 y 2001 siguen siendo mayores a los del periodo 1997-1998 (Fig. 36)

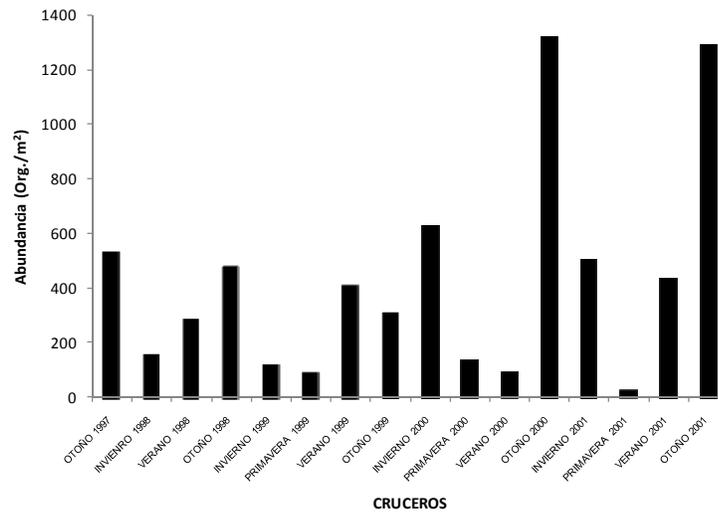


Figura 35.-Abundancia total de larvas filosoma de *Panulirus interruptus* en los cruceros IMECOCAL durante el periodo otoño de 1997 a otoño de 2001.

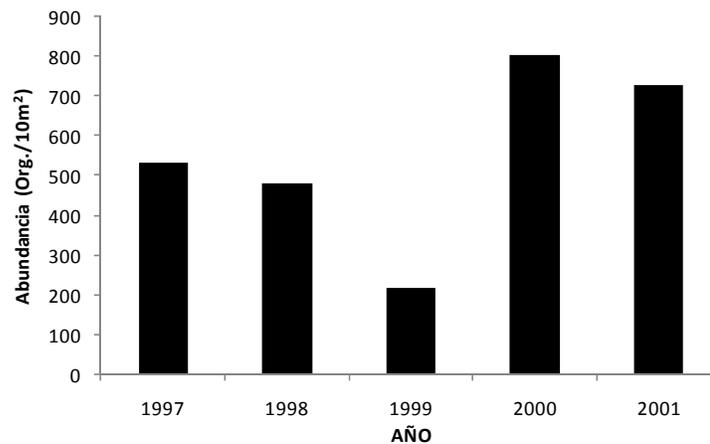


Fig. 36.- Abundancia de larvas filosoma de *Panulirus interruptus* de los cruceros de otoño, obtenida de las estaciones de las líneas 100 a la 127 del plan de cruceros IMECOCAL (1997 y 1998 tomados de Peñaloza, 2008)

Los resultados de este estudio, contrastan con lo establecido por Peñaloza (2008) quien comparó la dinámica larval en la transición en los eventos El Niño (1997-1998) y La Niña (1998-1999), en el cual indicaba que las mayores abundancias de filosomas en estadios intermedios fueron en otoño de 1997, en coincidencia con el período de mayor intensidad del evento El Niño y señala que en otoño de 1999 disminuyó la abundancia de estadios larvarios intermedios en coincidencia con el evento La Niña y las bajas temperaturas, que continuaron hasta el 2000. Peñaloza (2008) supone que las condiciones cálidas tuvieron alguna relación con el aumento en la abundancia y lo contrario en las condiciones frías. Sin embargo esto contrasta con las abundancias obtenidas muy por encima durante 2000 y 2001, años bajo la influencia de un período anómalo frío.

La distribución latitudinal de los estadios larvarios durante los cruceros CalCOFI realizados entre 1949 y 1955 por Johnson (1960b), va desde San Francisco hasta más al sur de Cabo San Lucas (20°N). Este autor encuentra los estadios I (evidencia de la eclosión costera) desde Point Conception a Bahía Magdalena BC, pero el centro de mayor producción es la parte central de Baja California. También establece que los últimos estadios se presentan en menores abundancias a grandes distancias de la costa, y que en general hay un transporte hacia el sur o suroeste, esto como resultado del flujo prevaleciente hacia el sur de la Corriente de California. A pesar de este transporte nota que los últimos estadios quedan retenidos en la porción central de la península.

Las diferencias interanuales en relación con la distribución latitudinal en las clases anuales mostró que para la CA-1 la distribución va de la región central a la sur en los estadios iniciales e intermedios y para los finales es en la porción central donde existe el mayor número de organismos. En el caso de la CA-2 la distribución de todos los estadios estuvo a lo largo de toda la península. A pesar de esta diferencia interanual, la distribución de los estadios mostró un patrón semejante al descrito por Johnson (1960b), con un transporte hacia el sur para los estadios iniciales e intermedios y una retención de los estadios finales en la porción central de la

península. Ortuño (2003) no definió una clara distribución en su estudio, sin embargo señala el transporte hacia el sur, prevaleciendo los estadios finales hacia la región cercana a la parte central de la península.

Pérez *et al.* (2001) menciona la existencia de tres sub-poblaciones de *P. interruptus*, una en el norte, entre Punta Concepción y Punta Baja, otra en la región central (Isla de Cedros-Bahía Vizcaíno) y una al sur (Bahía Magdalena), las cuales son los principales centros pesqueros y de reproducción. La región de Isla Cedros y Bahía Vizcaíno en la parte central es la más importante en el reclutamiento de esta especie, lo cual concuerda con la distribución en el área central de los estadios finales, como se observó en este estudio y lo reportado anteriormente por Johnson (1960 a y b).

García-Rodríguez (2006) realiza un estudio genético y encuentra una baja diferenciación genética de *Panulirus interruptus*, y señala que esto está asociado principalmente a las condiciones oceanográficas en la costa de la península de Baja California ya que el prolongado periodo larval que presenta la langosta roja, podrían indicar la existencia de transporte larvario entre las regiones norte, centro y sur, y a su vez que la dispersión larval podría ser la vía más importante para el intercambio genético y la homogeneización de las poblaciones, además que la mezcla larval puede verse incrementada por variaciones interanuales en las condiciones oceanográficas ocurridas durante los eventos de El Niño y La Niña. En este sentido los resultados de este estudio evidenciaron la presencia de los estadios VIII al XI durante los otoños de 2000 y 2001, los cuales no pertenecen a sus clases anuales respectivas por su tiempo de desarrollo (referidos anteriormente como extemporáneos). Además su distribución en las estaciones más sureñas del área de estudio, podría indicar que su procedencia es de desoves de individuos más sureños o que han sido expatriadas al sur por la Corriente de California desde la zona central o sureña y que la contracorriente, la cual fluye pegada a la costa en sentido norte en el periodo de otoño (Soto-Mardones *et al.* 2004), pudiera transportarlas desde esas zonas, las cuales no han sido cubiertas por la red IMECOCAL.

En la distribución costa-océano en ambas clases anuales, los organismos tanto iniciales, intermedios y finales se encontraron mayormente distribuidos en las estaciones oceánicas excepto para la CA-1 que durante el verano 1999 la presencia de los estadios I y II fueron costeros. Lo anterior se explica a que estas larvas vienen de un proceso de eclosión reciente. En la CA-2 los estadios iniciales encontrados fueron III y IV los cuales ya fueron transportados hacia fuera de la costa por lo que no se registran en la parte costera. El resto de los estadios por efecto de este transporte también se encuentran alejados de la costa y se distribuyen en mayor proporción en la parte media de la red de estaciones IMECOCAL (líneas 45 -50). Peñaloza (2008) ya había señalado la distribución costera de los estadios iniciales en el verano de 1999 y señala que los estadios intermedios y finales no mostraron un patrón definido.

En este análisis de distribución costa-océano, es importante señalar que la división es subjetiva, ya que al considerar como límite el grado de longitud de separación con la línea de costa a la red de estaciones IMECOCAL sólo permite ubicar a qué distancia se encuentran los organismos con respecto a la costa. Ya que no se considera la extensión de la plataforma continental la cual varía a lo largo de la península y es más extensa al sur del área de estudio en el Golfo de Ulloa.

En lo relativo al estadio larvario puerulo, estos se recolectaron durante el verano de ambas clases anuales en la región norte, en la CA-1 fue más alejado de la costa (estación 55) que el de la CA-2 el cual se encontró muy cercano al límite entre la zona costera y la oceánica (estación 40). Peñaloza (2008) reporta puerulos en la misma temporada, señalando que por la distribución que presentaron estos organismos en el límite de la zona oceánica y la zona costera, esto podría indicar el retorno hacia la costa para su asentamiento. Este hecho evidencia que la metamorfosis filosoma-puerulo, se lleva a cabo en zonas alejadas de la costa.

Johnson (1960 a y b) no reporta puerulos para los 7 años de muestreo de la serie CalCOFI, los cuales realizó entre profundidades entre 70 m (antes de 1951) y hasta 140 m (posteriores a 1951), sin embargo señala que es probable que estos organismos se encuentren a mayores profundidades, menciona que es difícil

encontrarlos en el ambiente oceánico, asumiendo que estos organismos están más asociados al fondo. La profundidad en la cual se realizan los arrastres en el programa IMECOCAL, y en los cuales se han realizado los hallazgos de los puerulos, van hasta una profundidad de 200 m, lo que puede ser la explicación al hecho de que Johnson (1960b) no los encontrara. Lo anterior puede ser posible ya que Booth y Phillips (1994) mencionan que puerulos de *Projasus parkeri* han sido reportados en aguas con profundidades de 360 – 420 m.

Desde un punto de vista oceanográfico y como resultado de la convergencia de agua subártica de la CC con el agua cálida de la CNE (Wyrski, 1965; Hickey, 1979; Lynn y Simpson, 1987; Parés-Sierra, *et al.* 1997), la costa occidental de la península reviste importancia al considerarse como una zona de transición. En este sentido Brinton (1962) la reconoce con base en la distribución de eufáusidos, ubicada entre los 40° y los 25° N. MacLain (1985) la refiere como una zona de frente entre el agua fría del Norte y el agua caliente del sur localizada entre las latitudes 18° N y 28°N. Por su parte Aceves-Medina (2003) menciona la existencia de gradientes costa-océano y norte-sur en esta región, debido a las propiedades físicas, químicas y biológicas dadas por la variabilidad estacional de ambas corrientes. Adicionalmente, Bograd *et al.* (2000) y Schwing *et al.* (2002) afirman que durante el año 2000 la región sur de la Corriente de California estaba bajo la influencia de condiciones La Niña desde la primavera de 1999, prevaleciendo hasta el invierno de 2001 (Durazo *et al.* 2001).

La influencia del flujo intenso de la CC hacia el sur en el periodo de estudio, promovió el transporte tanto de estadios iniciales como intermedios en esa dirección, quedando retenidos los estadios finales de langosta roja, en la parte central de la península, asociadas a la presencia casi permanente de giros (Owen, 1980) creando una barrera que mantiene en mayor proporción a los estadios larvarios en la zona. Algunos autores han señalado que el efecto de la dinámica oceánica sobre *P. interruptus* influye en su dispersión, ya que es una especie meroplanctónica con una fase larvaria planctónica pelágica extensa, cuyos estadios larvarios pueden ser,

transportados sobre una gran área, encontrándolos hasta 1500 km fuera de la costa (Phillips, 1977; Jeffs *et al.* 2005).

Esta dinámica oceánica en la costa occidental de la península, la refiere Johnson (1960b) como el sistema que permite el mantenimiento de la gran estadía larvaria durante los 7³/₄ meses, él observó dentro de las capturas a lo largo de los 7 años que trabajó con los cruceros CalCOFI, que muy pocas larvas fueron encontradas por debajo de los 24° N, a pesar del flujo continuo que prevalece por la CC, encontrando al grueso de las larvas entre los 26° y 29°N, asociándolas a los giros desarrollados en esta área y la influencia de la contracorriente.

La descripción de los cambios biológicos asociados a procesos físicos, basándose únicamente en periodos interanuales para ésta región transicional, no han sido abordados ampliamente, particularmente por una inadecuada descripción de cuales serían las condiciones en un año normal (Lavaniegos *et al.* 2002). Al respecto, Jiménez-Rosenberg (2008) señala que el año 2000 representa condiciones oceanográficas de años normales y promedio en comparación con lo observado durante 1999. En éste mismo sentido, Espinosa-Carreón *et al.* (2004) analizaron los registros promedio de los ciclos estacionales y la variación interanual de la concentración de pigmentos fotosintéticos (Chl *a*), altura y temperatura de la superficie del mar durante el periodo de 1997-2002, con base en observaciones satelitales y consideran el año 2000 puede ser representativo de un año normal, aunque con condiciones ligeramente frías. Sin embargo, Durazo y Baumgartner (2002) señalan que estos procesos requieren ser abordados con series de tiempo largas, tales como las basadas en un periodo decadal, en las cuales quede inmersa esta variabilidad temporal, sin dejar a un lado que para reconocer estos patrones, éstos son directamente proporcionales a la longitud de la serie de tiempo.

Los resultados obtenidos en la descripción de las variables ambientales (temperatura, salinidad, profundidad de la capa de mezcla y clorofila) con los estadios de desarrollo larvario, hace evidente el hecho, que debido a la amplitud de la fase

larvaria de *Panulirus interruptus*, cada estadio se ve sometido a una diferente condición climática y oceanográfica, pasando toda la fase larvaria por las cuatro estaciones del año, considerando que la duración de esta etapa, desde la eclosión hasta el puerulo, es anual. De esta manera los estadios I al VII, al presentarse entre verano y otoño, se esperaría que estuvieran bajo una condición térmica más cálida, mayor estabilidad en la columna de agua, baja productividad, disminución en la influencia del flujo de la Corriente de California y aumento en la presencia de la Contracorriente. En el progreso del desarrollo larval, los estadios VIII al XI estarían bajo la influencia de las condiciones de invierno y primavera, caracterizadas por una disminución en la temperatura del agua, mayor mezcla en la columna de agua provocada por la intensidad del viento, alta productividad, mayor flujo de la CC y disminución en la Contracorriente. Por último el estadio XI y puerulo, se ven influenciados por las condiciones de verano.

Es evidente que las condiciones estacionales se ven afectadas por los cambios interanuales y la presencia de condiciones de calentamiento El Niño o enfriamiento La Niña, o en su caso la condición normal. En este sentido la CA-1 se vio influenciada por el evento de enfriamiento más fuerte de 1999, con una condición oceanográfica estacional más fría durante la época de verano y otoño, en la que se encontraron los estadios I y II. Esto se aprecia en las lecturas del promedio de temperatura donde aparecieron alrededor de 18°C (Fig. 17). En el caso de la CA-2 se ve reflejada una condición oceanográfica tendiente a la normalidad en los años 2000 y 2001 (Bograd, *et al.* 2002), donde el estadio II se encontró en un promedio de temperatura más cálido con respecto al año anterior, de acuerdo a la condición de la propia estacionalidad (21°C) (Fig. 19). El resto de las lecturas promedio de temperatura para los siguientes estadios, manifestaron en la CA-2 esa marcada estacionalidad, con los estadios III al VII en temperaturas más cálidas, los cuales se presentan durante verano-otoño y los estadios VIII al XI en temperaturas más frías, los cuales se presentan en invierno-primavera (Fig. 19). Esta estacionalidad no es tan clara para la CA-1 (Fig. 17)

En el análisis realizado de cada variable para la CA-2, se observó el mismo efecto de la presencia del progreso del desarrollo larvario acorde a una marcada

estacionalidad, dada por la condición tendiente a la normalidad o promedio. Por el contrario en la CA-1 la influencia de la condición más fría de 1999 no se manifestó dicha estacionalidad.

Otra característica que se pudo observar en el análisis de las variables ambientales con los estadios de desarrollo, es que el intervalo en el que se presentaron fue menor en los estadios iniciales para ir aumentando hacia los estadios finales. Lo anterior va ligado al tiempo en el que se puede encontrar cada estadio larvario y la amplitud en la distribución geográfica de éstos, la cual en ambos sentidos es más amplia hacia los estadios intermedios y finales (Johnson, 1960 b; Pringle, 1986). También se ve reflejada la respuesta larvaria a la diferente condición climática y oceanográfica interanual, lo que de alguna manera es el posible intervalo de tolerancia que muestran los estadios larvarios a estas condiciones.

Para cada una de las variables observadas, los diagramas de Análisis de Componentes Principales (ACP) mostraron la ordenación de cada uno de los once estadios larvarios de acuerdo al promedio en el cual se presentaron con respecto a cada variable. En la CA-1 el ordenamiento de los estadios larvarios sugirió justamente la influencia de condiciones más frías, ya que su presencia en el diagrama no estuvo de acuerdo a la estacionalidad como estos van encontrándose en el medio (Figs. 18, 22, 26 y 30). En comparación con los ACP realizados en la CA-2 (Figs. 20, 24, 28 y 32), en donde la ordenación de los estadios se presentó de acuerdo a la estacionalidad de su desarrollo (iniciales, intermedios y finales), debido a la marcada estacionalidad de las variables en el periodo 2000-2001 que si bien todavía prevaleció una condición fría esta se acercó hacia la normalidad o el promedio.

En las anomalías térmicas del periodo de 1997 a 2001 (McClatchie *et al.* 2008), se aprecian dos gradientes, uno entre 1997 a 1999 que va de condiciones de calentamiento a enfriamiento y otro entre 1999 a 2001 que va de un proceso de enfriamiento a calentamiento (Fig. 37). En este sentido y tomando en cuenta la abundancia larvaria, podemos observar dos gradientes que coinciden en los mismos

periodos, el de 1997 a 1999 se encontró un gradiente de abundancia de estadios larvarios que va de mayor a menor (Peñaloza 2008), mientras que en el periodo de 1999 a 2001 la abundancia de estadios larvarios fue de menor a mayor (este estudio) (Fig. 36).

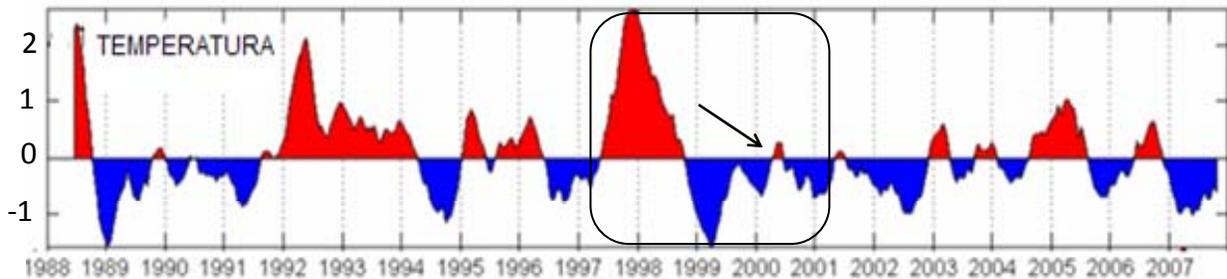


Figura 37.- Anomalías térmicas del periodo 1988 - 2007 para la región de la Bahía Monterey EUA. El recuadro señala el periodo de 1997 a 2001 donde ocurre el cambio de una condición cálida a una fría (1997-1999) y de una condición fría hacia un calentamiento cercano al promedio (1999-2001). (tomado de McClatchie *et al.* 2008)

De manera similar, los datos que obtuvo Johnson (1960b) de 1949 a 1955 se ve que las clases anuales de 1950-1951 y 1951-1952, fueron las más abundantes durante los 7 años de estudio. En este periodo se observa que existe una condición muy parecida a la que se encontró entre 1999 al 2001. Analizando ambos periodos con el índice de oscilación decadal del Pacífico (PDO, por sus siglas en ingles), se observa una tendencia similar, con una transición de una condición fría a una cálida (Fig. 38). Con esta similitud se podría sugerir que a *P. interruptus* los cambios en la condición climática le afectan el potencial reproductivo y con ello la abundancia larvaria, el cual al parecer cuando el gradiente va de frío a cálido, presenta una reproducción más exitosa, dando clases anuales larvarias más abundantes, aunadas a un éxito en la sobrevivencia.

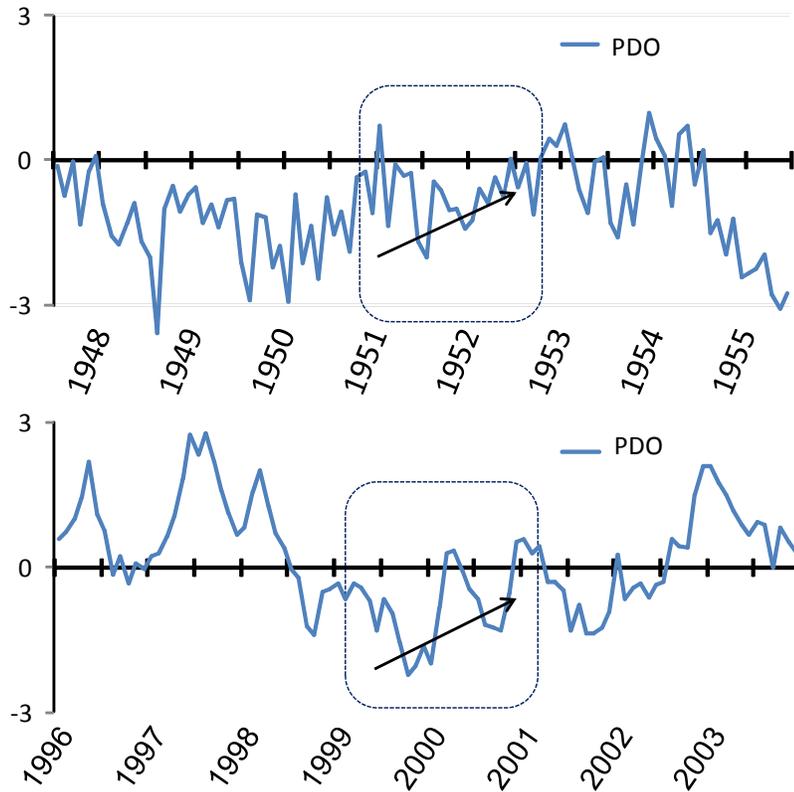


Figura 38.- Índice de la Oscilación Decadal del Pacífico de los periodos de 1948 a 1955 y de 1996 a 2003. Los recuadros y las flechas indican las condiciones similares entre el periodo trabajado por Johnson (1960b) (1951-1952) y las observadas en este trabajo 1999-2001. (Datos tomados de <http://jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest>)

De esta manera se puede sugerir, que las abundancias de filosomas son mayores en condiciones climáticas y oceanográficas con anomalías frías, que durante los eventos anómalamente cálidos, con lo que se rechaza la hipótesis planteada en este trabajo.

La respuesta biológica de los estadios larvarios de *Panulirus interruptus*, es resultado de la interacción de diversos factores condicionados por la variabilidad climática estacional e interanual e influyen en mayor medida debido a la amplitud del periodo que transcurren como larva planctónica (Sulkin *et al.* 1986; Scheltema, 1986).

Por tanto en este trabajo se plantea una nueva hipótesis, que no es propiamente el impacto de la condición establecida en los eventos El Niño o La Niña los que favorecen la abundancia larvaria, sino mas bien, son las condiciones que se establecen durante la transición de condiciones frías a condiciones tendientes a la normalidad o promedio, la que determina en gran medida el éxito del evento reproductivo y la sobrevivencia de los estadios larvarios.

CONCLUSIONES

1. El desarrollo de los diferentes estadios larvarios se presenta con los cambios de estacionalidad climática y oceanográfica, tanto en condiciones de influencia La Niña, como de El Niño, ya que en ambas condiciones el periodo larvario dura aproximadamente un año.
2. Del análisis de las clases anuales se puede ver que los cruceros realizados en el otoño se pueden considerar como clave en la determinación del éxito reproductivo y en términos de abundancia el vigor de la cohorte larval.
3. Los años con influencia de condiciones frías La Niña, resultaron con abundancias en órdenes de magnitud de más del doble, en relación con registros previos de aumento de abundancia durante eventos El Niño.
4. La presencia de los estadios larvarios y su relación con las condiciones oceanográficas depende de la estacionalidad en la que se presentan y está vinculada con la propia variabilidad interanual de procesos de calentamiento, enfriamiento o normalidad en la costa occidental.
5. La distribución de los estadios larvarios estuvo influenciada durante el periodo 1999-2001 por la dinámica de la Corriente de California con un transporte hacia el sur para los estadios intermedios y los giros en la parte central de la península retienen a los estadios finales en esta región.

RECOMENDACIONES.-

Continuar con los estudios sobre la dinámica larval de *P. interruptus*, para construir una serie de tiempo más larga, y determinar con mayor evidencia el efecto de las condiciones oceanográficas a las que está sujeta.

Se recomienda la utilización de redes de apertura y cierre, como método de recolecta de estadios larvarios de langosta roja, para determinar la migración vertical y establecer si las variables físicas son determinantes en su localización dentro de la columna de agua.

Es importante extender la red de estaciones de muestreo IMECOCAL hacia el sur para conocer si existe el aporte de larvas de áreas más sureñas y hacia la costa, particularmente en la región central.

Se recomienda hacer estudios simultáneos de reclutamiento de puerulos a lo largo de la costa occidental para evaluar el éxito de sobrevivencia en las clases anuales.

BIBLIOGRAFÍA

Aceves-Medina, G. 2003. Grupos de larvas de peces recurrentes en la Costa Occidental de Baja California Sur y Región Central del Golfo de California. Tesis de doctorado. CICIMAR-IPN, México, 185 p.

Almendarez, H.L.C. 2006. Análisis de mercadeo y comercialización de la langosta (*Panulirus interruptus*) de la Península de Baja California Sur. Tesis Licenciatura. UABCS, México, 91 p.

Amador, B. A & R. M. Figueroa. 1997. Glosario de términos oceanográficos. 265-272. En: Contribuciones a la oceanografía Física de México. (Ed) M. F Lavin. Unión Geofísica Mexicana, Monografía No. 3. 272p

Arteaga-Ríos, L.D., J. Carrillo-Laguna., J. Belmar-Pérez & S. Guzmán-del Prío. 2007. Post-larval settlement of California spiny lobster *Panulirus interruptus* in Bahía Tortugas, Baja California and the its relationship to the commercial catch. Fisheries Research. 88:51-55.

Ayala M. Y., J. Pineda & S. A. Guzmán del Prío. 1973. Explotación de la langosta roja *Panulirus interruptus* en el estado de Baja California durante la temporada 1971-1972. Análisis de la composición por tallas de la captura comercial. Serie Informativa INP/Sl.

Ayala M. Y. 1976. Aspectos biológicos de la langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall, 1840) del área comprendida entre Punta Malarrimo y La Lobera (5 km al sur de Punta Eugenia, B.C.) Memorias Simposio de Recursos Pesqueros Másivos de México. Vol. Esp. Sobre Abulón/Langosta, Ensenada BC.: 37-74.

Beers, J.R. 1976. Volumetric methods, 56-60. En: Steedman, H.F. (Ed.) Zooplankton Fixation and Preservation. Monographs on Oceanographic Methodology. No. 4. UNESCO Press, París. 84 p.

Bograd, J. S., P. M. Di Giacomo, R. Durazo., T.L. Hayward., K.D. Hyrenbach., R.J. Lynn., A.W. Mantla., F.B. Schwing., W.J. Sydeman., T. Baumgartner., B. Lavaniegos., & C.S. Moore. 2000. The State of The California Current, 1999-2000: Forward to a new regime?. The California Current, 1999-2000. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report, 41:26-55

Booth, D. J. & B. F. Phillips. 1994. Early Life history of spiny lobster. Crustaceana, 66(3): 271-294.

Briones-Fourzán, P., E. M. Lozano-Cabrera, & P. Arceo. 1997. Biología y ecología de las langostas (crustacea: decapoda: *Palinuridae*). pp. 81-99 En: Flores-Hernández, D., Sánchez-Gil, P., Seijo, J. C. &, Arreguín-Sánchez, F. (Eds). Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México, Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX serie científica. 7.

Brinton, E. 1962. The distribution of Pacific eufausiids. Bulletin Scripps. Institute Oceanography, 8(2):51-270.

Campos, E. 2007. Comentarios sobre la distribución de la langosta pinta *Panulirus inflatus* y la langosta roja *P. interruptus* (Crustacea; Palinuridae) en el Pacífico mexicano. Revista Mexicana de Biodiversidad, 78: 201-204.

Castañeda-Fernández-de-L.V., E. Serviere-Zaragoza., S. Hernández-Vázquez & M.J. Butler V. 2005. Feeding ecology of juvenile spiny lobster, *Panulirus interruptus*, on the Pacific coast of Baja California Sur, Mexico. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 39:425–435.

Chapa, S. H. 1964. Contribución al conocimiento de las langostas del Pacífico mexicano y su pesquería. Instituto Nacional de Investigaciones Pesq. Sria. de Ind. y Comr. México. Publ. 1-6. 68 pp.

Cruz, I. R. 1999. Variabilidad del reclutamiento y pronóstico del reclutamiento de la pesquería de langosta (*Panulirus argus*, Latreille 1804) en Cuba. Tesis Doctoral. Universidad de la Habana, Cuba. 99 pp.

De León, G. M. E., 2005. Variabilidad temporal de los parámetros poblacionales de la langosta espinosa del Caribe *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en aguas de Cuba. Tesis doctoral. CIBNOR. La Paz. BCS. 71 pp.

Díaz, F., & Bückle L.F. 1993. Thermoregulatory behaviour of *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea: Palemonidae). Tropical Ecology, 34:199-203

Díaz-Iglesias, E., F. Díaz, A. D. Re-Araujo., M. Báez., M. López., G. Valdés, & A. K. López. 2004. Temperatura preferida y consumo de oxígeno circadiano de la langosta roja, *Panulirus interruptus*. Ciencias Marinas, 30:169-178

Díaz-Arredondo, M. A. & S. A. Guzmán- del Prío. 1995. Hábitos alimentarios de la langosta roja (*Panulirus interruptus*, Randall 1840) en Bahía Tortugas, Baja California Sur. Ciencias Marinas, 21(4):439-462.

Duthit, S. R; M. Kampel & R. B. Souza. 2007. Variabilidad de la concentración de clorofila a en las aguas adyacentes a la plataforma cubana y su relación con las pesquerías de langosta (*Panulirus argus*). Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE, 4699-4706p.

Dupré, M. E. & C. Guisado. 1996. Identificación de los primeros estados de phyllosoma de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) mantenidos en laboratorio. Investigaciones Marinas, 24: 39-50

Dupré, M. E. 2000. Reproducción, muda y desarrollo de la langosta de Juan Fernández, *Jasus frontalis*, en estanques de cultivo. Investigaciones Marinas, 28: 165-174.

Durazo, R., T. R. Baumgartner, S. J. Bograd, C. A. Collins, S. de la Campa, J. Garcia, G. Gaxiola-Castro, A Huyer, K. D. Hyrenbach, D. Loya, R. J. Lynn, F. B. Shwing, R. L. Smith, W. J. Sydeman, P. Wheeler. 2001. The state of the California current, 2000-2001. A third Straight La Niña year. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report, 42: 29-60.

Durazo, R. & T. Baumgartner. 2002. Evolution of oceanography conditions off Baja California: 1997-1999. Progress in Oceanography, 54: 7-31.

Espinoza, C. G. 1999. Composición por tallas y esfuerzo pesquero en la captura de langosta roja *Panulirus interruptus* (Randal 1840), en Bahía Asunción B. C. S. Tesis de licenciatura. Ensenada, B.C. Universidad Autónoma de Baja California, México. Facultad de Ciencias Marinas, 44 pp.

Espinosa-Carreón T. L., T. Strub., E. Beier., F. Ocampo-Torres & G. Gaxiola-Castro. 2004. Seasonal and interannual variability of satellite-derived chlorophyll pigment, surface height, and temperature of Baja California. Journal of Geophysical Research, 109: 3-39.

Fleminger, A. 1964. Distributional Atlas of Calanoid Copepods in the California Current Region. Part I. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report, Atlas 2, 313 pp.

Funes-Rodríguez, R., A. Hinojosa-Medina, G. Aceves-Medina, S.P.A. Jimenez-Rosenberg & J. Bautista-Romero. 2006. Influences of the El Niño on assemblages of

mesopelagic fish larvae along the Pacific coast of Baja California Sur. Fisheries Oceanography. 15:3(244-255).

García-Ramírez. F.J. 2006. Genética poblacional de langostas espinosas *Panulirus* spp de importancia comercial del Pacífico Mexicano. Tesis de Doctorado. CIB. La Paz. B. C. S., 88pp.

Gracia, A. & C.B. Kensler. 1980. Las langostas de México, su biología y pesquería. Anales del Centro de Ciencias Marinas y Limnología, UNAM México 7(2):11-126.

Guzmán-del Prío, S. A., L. Carreón-Palau, J. Belmar-Pérez, J. Carrillo-Laguna & R. Herrera-Fregoso. 2003. Effects of the 'El Niño' event on the recruitment of benthic invertebrates in Bahía Tortugas, Baja California Sur. Geofísica Internacional, 42(3):429-438.

Hayward, T. L., T. R. Baumgartner, D. M. Checkley, R. Durazno, G. Gaxiola-Castro, K. D. Hyrenbach, A. W. Mantyla, M. M. Mullin, T. Murphree, F. B. Schwing, P. E. Smith, & M. J. Tegner. 1999. The state of the California Current, 1998-1999: transition to cool-water conditions. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report, 40:29-62

Hemingway, G.T. 1979. A description of the California Current ecosystem by factor analysis. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports, 20: 164-183.

Hereu, M. C., B. E. Lavaniegos., G. Gaxiola-Castro., & M. D. Ohman. 2006. Composition and potential grazing impact of salp assemblages off Baja California during the 1997–1999 El Niño and La Niña. Marine Ecology Progress Series, 318:123–140.

Hernández, T. B., G. Gaxiola-Castro, R. Aguirre-Gomez, S. Álvarez-Borrego, R. Lara-Lara, S. Nájera-Martínez. 2007. Serie de tiempo de productividad (1970-2003) en el ecosistema marino de Isla Guadalupe. <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/477/cap10.html>

Hickey, B.M. 1979. The California Current System –hypothesis and facts- . Progress in Oceanography, 8:279.

Jimenez-Rosenberg, S. P. A. 2008. Asociaciones de larvas de peces por estadio de desarrollo en la costa Noroccidental de la Península de Baja California. Tesis de Doctorado. CICMAR-IPN, México, 270pp.

Jonhson, W. M. 1956. The larval development of the California spiny lobster, *Panulirus interruptus* (Randall), with notes on *Panulirus gracilis* Streets. Proceedings of the California Academy of Sciences, 29(1):1-19.

Jonhson, W.M. 1960a. The offshore drift of larvae of the California spiny lobster *Panulirus interruptus*. Symposium on the changing Pacific Ocean in 1957 and 1958. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports, 7:147-161.

Johnson, M. W. 1960b. Production and distribution of larvae of the spiny lobster *Panulirus interruptus* (Randall) with records on *P. gracilis* Streets. Bulletin Scripps Institution of Oceanography, 7(6):413-462.

Johnson, M. W. y M. Knight. 1966. The phyllosoma larvae of the spiny lobster *Panulirus inflatus* (Bouvier). Crustaceana, 10: 31-47.

Kitaka, J., M. Iwai, & M. Yoshimura. 1988. Culture of a hybrid of spiny lobster genus *Jassus* from egg stage to puerulos. Nippon Suisan Gakkaishi, 54: 413-417.

Kitaka, J. 1994. Culture of Phyllosomas of spiny lobster and its application to studies of larval recruitment and aquaculture. Crustaceana, 66(3):258-270

Kramer, D., M. Kalin, E. Stevens, J. Thrailkill & J. Zweifel. 1972. Collecting and processing data on fish eggs and larvae in the California Current region. National Oceanic and Atmospheric Administration. Technical Report NMFS circ.-370. USA. 38 pp

Lavaniegos-Espejo, B., J. Gómez-Gutiérrez., J.R. Lara-Lara., & S. Hernández-Vázquez. 1998. Long-term changes in zooplankton volumes in the California Current System - the Baja California region. Marine Ecology Progress Series, 169: 55-64.

Lavaniegos-Espejo, B., L. C. Jiménez-Pérez, & G. Gaxiola-Castro. 2002. Plankton response to El Niño 1997-1998 and La Niña 1999 in the southern region of the California Current. Progress in Oceanography, 54: 33-58.

Lavaniegos-Espejo. B. & L.C. Jiménez-Pérez. 2006. Biogeographic inferences of shifting copepod distribution during 1997-1999 El Niño and La Niña in the California Current. Contributions to the Study of East Pacific. Crustaceana, 4(1):113-158.

Lingerberg, R. G. 1955. Growth population dynamics and field behavior in the spiny lobster, *Panulirus interruptus* (Randall). Univ. Cal, Publish. Zoological, 59 (6):157-248

Lynn, R. J. & J. J. Simpson. 1987. The California Current System: The seasonal variability of its physical characteristics. Journal of Geophysical Research, 92:947-966.

Matsuda, H & T. Takenouchi. 2006. Larval molting and growth of the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* under laboratory conditions. Fisherie Science, 72(4):767

Matsuda, H & Yamakawa T. 1997. Effects of temperature on growth of the Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus* (V. Siebold) phyllosomas under laboratory conditions. Marine Freshwater Research, 48:791-796.

McClatchie, S., J. Gottschalck, M. L'Heureux, Y. Xue, M. Kahru, B. G. Mitchell, R. Georricke, J. A. Koslow, W. T. Peterson, R. T. Emmet, K. D. Hyrenbach, F. B. Schwing, C. Collins, W. J. Sydeman, R. W. Bradley, P. Warzybok, R. Charter, W. Watson, N. Lo, K. Hill, G. Gaxiola-Castro, R. Durazo, & E. Bjorkstedt. 2008. The state of the California Current, 2007-2008: La Niña Conditions and their effects on the Ecosystem. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports, 49:39-76.

McLain, D.R., & R. E. Brainard, J.G. Norton. 1985. Anomalous warm events in eastern boundary current systems. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports, 26:51-64.

Minami, H., N. Inohe, & H. Sekiguchi. 2001. Vertical distributions of phyllosoma larvae of palinurid and scyllarid lobsters in the Western North Pacific. Journal of Oceanography, 57:743-748.

Muñoz-García, I., R. Pérez-González, L. M. Flores-Campaña & M. I. Borrego. 2000. Distribución y abundancia de filosomas de *Panulirus* (Decapoda: Palinuridae) en el sureste del Golfo de California, México. Revista de Biología Tropical, 48:159-167.

Ortuño. G.M. 2003. Abundancia y distribución de larvas phyllosoma de langosta roja (*Panulirus interruptus*) en la parte sur de la Corriente de California, durante el 2000. Tesis de Maestría. CICESE, México. 69 pp.

Owen, R. W. 1980. Eddies of the California current system: physical and ecological characteristics, 34-67. En: D. Powder (ed.). The California Islands: Proceedings of a multi-disciplinary symposium. Santa Barbara Museum of Natural History.

Parés-Sierra A, M. López & E. Pavía. 1997. Oceanografía Física del Océano Pacífico Nororiental. En: M. Lavín (ed). Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía 3, Unión Geofísica Mexicana 1-24.

Phillips, B. F. 1977. A review of the larval Ecology of Rock Lobster, 175-185. En: Phillips, B. F & J. S. Cobb (Eds). Workshop on Lobster and Rock Lobster Ecology and physiology. Division of fisheries and Oceanography. Commonwealth Scientific and industrial Research Organization. Australia:

Phillips, B.F. & A.N. Sastry. 1980. Larval ecology, 1-25. En: J.S. Cobb y B.F. Phillips (eds). The biology and management of lobsters. Ecology and Management. Academic Press, New York 2.

Pringle, J.D. 1986. California spiny lobster (*Panulirus interruptus*) larval retention and recruitment: a review and synthesis. Canadian Journal Aquatic Science, 43: 2142-2152.

Peñaloza M., M. C. 2003. Distribución de los estadios de larvas filosomas de la langosta roja (*Panulirus interruptus*) en a costa occidental de la Península de Baja California, México (1997-1998). Tesis de licenciatura. UAG. 40 pp.

Peñaloza M., M. C. 2008. Dinámica larval de la langosta roja (*Panulirus interruptus*) en la costa occidental de la Península de Baja California, México, Durante el ENOS 1997-1999. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 75p.

Pérez-Enríquez, R., A. Vega-Velázquez., S. Avila & J. L. Sandoval. 2001. Population genetics of red spiny lobster (*Panulirus interruptus*) along the Baja California Península, México. Marine Freshwater Research, 52:1541-1549.

Reid, J.L. & R.A. Schwartzlose. 1962. Direct measurement of the Davidson current off central California. Journal of Geophysical Research, 67(6):2491-2497.

Rivera, J. & A. Mujica. 2004. Larvas phyllosoma (Decapoda, Palinuridae y Scyllaridae) de las islas oceánicas chilenas. Investigaciones Marinas, 32(2):99-111.

Sarmiento, F. O. 2001. Diccionario de ecología: paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica. Ediciones Abya-Yala, Quito:CLACS-UGA, CEPEIGE, AMA. 514 p.

Scheltema, R. S. 1986. On dispersal and planktonic larvae of benthic invertebrate; an eclectic overview and summary of problem. Bulletin of Marine Sciences, 39:290-322.

Schwing F. B., S. J. Bograd, C .A. Collins, G. Gaxiola-Castro, J. García, R. Goericke, J. Gomez-Valdéz, A. Huyer, K. D. Hyrenbach, P. M. Kosro, B. E. Lavaniegos, R. J. Lynn, A. W. Mantyla, M. D. Ohman, W. T. Peterson, R. L. Smith, W. J. Sydeman, E. Venrick, P. A. Wheeler. 2002. The state of the California current, 2001–2002: Will the California

current system keep its cool, or is El Niño looming?. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports, 43:31-68.

Sekine, S., Y. H. Fushimi & M. Nonaka. 2006. Larval period and molting in the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* under laboratory conditions. Marine Freshwater Research, 66(6):19-24.

Serfling, A. S. & R. F. Ford. 1975. Ecological studies of the puerulus larval stage of the California spiny lobster, *Panulirus interruptus*. Fishery Bulletin, 73(2):360-377.

Smith, P. E. & S. L. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospección de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO. Documento Técnico de Pesca, 175p.

Sokal, R. R & F. J. Rohlf. 1981. Biometry. Second edition. Freeman Press, San Francisco, CA., USA. 859 p.

Soto-Mardones, L., A. Páres-Sierra, J. García, R. Durazo, S. Hormazabal. 2004. Analysis of the mesoscale structure in the IMECOCAL region (off Baja California) from hydrographic, ADCP and altometry sata. Deep-Sea Research II 51:785-798

Sverdrup, H. U. & of the Scripps Institute of Oceanography. University of California. La Jolla 4:261-378.

Sulkin, S.D. & Van Heukelem. 1986. Variability in the length of the megalop stage and its consequence to dispersal and recruitment in the portunid crab *Callinectes sapides* Rathbun. Bulletin of Marine Sciences, 39:290-322.

Tapia-Velázquez, O.M. & J.J. Castro-González. 2000. Fecundidad y anatomía microscópica del ovario de la langosta roja *Panulirus interruptus* de Punta Eugenia, BCS., México. INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera, 14:63-24.

Vega, V. A. 1994. Análisis del comportamiento y tendencias de la producción de la langosta (*Panulirus* spp.) en la península de Baja California. Informe Técnico Anual. Instituto Nacional de Pesca, México.

Vega, V. A. 2003. Reproductive strategies of the spiny lobster *Panulirus interruptus* related to the marine environmental variability off central Baja California, México: management implications. Fisheries Research, 65:123-135.

Vega, V.A., A. J. G. Espinosa, C. G. González, C. G. Espinosa, Q. M. Ortiz, Q. M. León, M. J. R. Turrubiates, R. M. A. Reinecke, C. J. Singh, D. M. Muciño, G. E. Michel

& A. C. E. Castro. 1991. Variación espacio-temporal del patrón reproductor de langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall 1840) en la costa oeste de península de Baja California e implicaciones en el mecanismo de veda. Informe de investigación. CRIP La Paz INP. 45 pp.

Vega, V. A., C. G. Espinoza & R. C. Gómez. 2000. Pesquería de langosta *Panulirus* spp., 227-261. En: Diagnóstico del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Programa México / FAO, SEMARNAP. Gobierno de B.C.S. pp.

Wirtky, K. 1965. Corrientes superficiales del océano Pacífico oriental tropical. Inter-American Tropical Tuna Comm. Bulletin, 9(5):269-504.