

**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)**

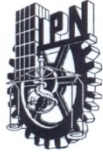
T E S I S

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

PRESENTA

BIÓL. ITZEL GARCÍA KAUFFMAN

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



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 3 del mes de Junio del 2008 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

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

Presentada por el alumno:

GARCÍA
Apellido paterno

KAUFFMAN
materno

ITZEL
nombre(s)

Con registro:

A	0	7	0	3	1	3
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

MC. ALEJANDRO TRINIDAD HINOJOSA MEDINA

PRESIDENTE

DR. FEDERICO ANDRÉS GARCÍA DOMÍNGUEZ

SECRETARIO

DR. GERARDO ACEVES MEDINA

SEGUNDO VOCAL

MC. ROXAÑA DE SILVA DÁVILA

TERCER VOCAL

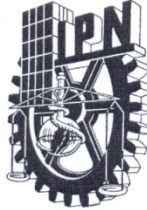
DR. REGINALDO DURAZO ARVIZU

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



IPN
CICIMAR
DIRECCION



**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

DEDICATORIA

Para mis padres, Beatriz e Hiram.

A ustedes dedico este trabajo con todo mi amor, por regalarme la dicha de ser su hija, sin su infinito cariño, eterna confianza, sin su 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, 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 hermano. 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 mis dos más grandes y preciados tesoros:

Ximena y Natalia

Mis adorables sobrinas.

Son el motor que alimenta mi corazón y mi 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.

Al Instituto Politécnico Nacional. Por el apoyo con la beca tesis.

A mi comité tutorial, M. en C. Roxana de Silva Dávila, Dr. Reginaldo Durazo Arvizu, Dr. Federico García Domínguez, Dr. Gerardo Aceves Medina, M. en C. Ricardo Saldierna, por sus acertados y valiosos comentarios durante el proceso de revisión del documento. Al M. en C. Alejandro T. Hinojosa Medina, por haber aceptado dirigir mi trabajo de tesis, gracias por tantas enseñanzas.

A todos los investigadores del grupo IMECOCAL, en especial al Dr. Reginaldo Durazo, al Gilo y al Dr. Jose Gomez Velez

El mayor tesoro después de la familia es la amistad, los vínculos que se formaron en este Puerto de ilusiones, permitieron que mi estancia haya sido aún más placentera. Si la memoria no me falla, a lo cual anticipo una disculpa, tratare de incluir a todas aquellas personas que de una u otra forma me ofrecieron su ayuda incondicional desde el día primer día en La Paz. Cado uno en su momento me alagaron con sus palabras de apoyo en el día a día, durante el proceso formativo, en las agradables reuniones de los viernes, en la playa y durante los torneos de boliche, pero por sobre todas las cosas agradezco su amistad. Me quedo con lo mejores momentos que compartimos y dejo en estas líneas mi gratitud y deseando que la amistad perdure por siempre, sin importar donde nos lleven los caminos. Espero incluir a todos, GRACIAS AMIGOS !!!

Primeramente agradezco a Martin Hernández Rivas, por su tiempo, articulo, libros, pláticas y recomendaciones. A Irene Rochin, por su calidez, hospitalidad y disposición en todo momento.

A Víctor Cruz y Lucía Campos, por abrirme la primera puerta paceña, nuestra amistad es por siempre.

Roxana y Raymundo, ustedes son un sol, y me auxiliaron en todo momento. Amiguis a ti en especial por ser un pilar en el que pude apoyarme y no flaquear al final de este proceso. Estas en un lugar muy especial.

Claudia, chiquita eres grande!!! Gracias por todas las palabras y el ánimo desde que nos conocimos. 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 los buenos momentos y por permitirme vivir con ustedes días inolvidables. Como olvidar aquella acampada en Punta Mejía !!!!!

A Isabel y Rodrigo. Por la calidez que me brindaron. A ti mi querida Isa muy en especial por enseñarme a querer a las filosofas, por tener esa voz angelical, aunque te guste cantar a obscuras.

Alfredo mi querido amigo y Yoga Teacher, te quiero mucho!!!

Claro que no podían faltar por su invaluable amistad y apoyo incondicional, Vane y Yassir; Mimí Bocanegra y Scarlett; los ñoños del área de posgrado y salón 6: Alejandra Ramírez y Sheila (Morra coasi PhD) por sus agradables e interminables platicas, a los "Inges" Coras Trini, Marcial e Iván, a Genoveva por su valiosa ayuda y consejos. Shelley, Luis (el economista), Uliyanov (siempre al rescate), Jasmin, Carmen, Rebeca (gracias hija), Luis Salcido, Mónica, Irán, Saúl, Vogler, Iván, Alfredo (el paisano-vecino) y Annel. Por supuesto que no se me olvidan Galdis, Manuel y Ximenita, Orso e Yssel, Oscar Ubisha, Cristi y Santiago, Diana (eutrófica), Magda e Irela (Iralay), Margarita Renteria, Emilio Inda; Cristina Alicia (Bubba), Ruben (el señor Burro), Lía, José Diosdado y Carito, José Borges, Yona, Ricardo (Bro rojillo), Gaby, Roció, Bere, Ricardo (coasi paisano), Ricardo y Sonia, Natalia, 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. Gerardo Aceves y Cristina Band, gracias por acompañarme en mis locos festejos de cumpleaños.....prometo mejorar el canto.

A todos mis maestros en el proceso formativo

A Humberto Ceceña.

Al personal de biblioteca

A toda la comunidad del CICIMAR.

A las chicas guapas de la cafetería, siempre atentas y amigas en todo momento, Adriana Corrales, Margarita Zepeda, Hellen López y especialmente a Norma Patricia Orozco García por alimentarme, engordarme y enflacarme!!!!

GRACIAS !!!!!

Y a los que no creían.....pues que creen...Lo logré !!!!!!!

ÍNDICE	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
GLOSARIO	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	4
JUSTIFICACIÓN	8
HIPÓTESIS	7
OBJETIVOS	9
ÁREA DE ESTUDIO	9
MATERIALES Y MÉTODOS	14
RESULTADOS	21
DISCUSIÓN	44
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	59

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización del área de estudio.	10
Figura 2. Anomalías de alturas dinámicas (0-500 dbares) para los cruceros realizados en el año 2000.	13
Figura 3. Anomalías de alturas dinámicas (0-500 dbares) para los cruceros realizados en el año 2001.	14
Figura 4. Esquema general de las características morfológicas de una larva filosoma.	17
Figura 5. Localización de estaciones costeras en el área de estudio.	19
Figura 6. Regionalización latitudinal de estaciones en la zona de estudio.	20
Figura 7. Abundancia total de estadios larvarios durante el periodo 1999-2001.	22
Figura 8. Abundancia anual de estadios larvarios durante el periodo 1999-2001.	23
Figura 9. Abundancia anual de estadios larvarios por temporada durante periodo 1999-2001.	24
Figura 10. Abundancia de estadios larvarios por clase anual.	25
Figura 11. Clases anuales identificadas en progresión de cohortes durante el periodo de estudio.	26
Figura 12. Número de organismos/10m ² por estadio de desarrollo y clase anual.	27
Figura 13. Distribución costa-océano y latitudinal de estadios larvarios.	29
Figura 14. Correspondencia de estadios larvarios por intervalo de temperatura en CA-1.	30
Figura 15. Correspondencia de estadios larvarios por intervalo de temperatura en CA-2.	32
Figura 16. Temperatura 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 (CA-1).	33

Figura 17	Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la temperatura para la CA-1.	33
Figura 18	Temperatura mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea sólida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la CA-2.	34
Figura 19	Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la temperatura para la CA-2.	34
Figura 20	Salinidad mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea sólida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la CA-1	35
Figura 21	Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la salinidad para la CA-1.	35
Figura 22	Salinidad mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea sólida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la CA-2.	36
Figura 23	Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la salinidad para la CA-2.	36
Figura 24	Clorofila integrada mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea sólida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la CA-1.	37
Figura 25	Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la Clorofila integrada para la CA-1.	37
Figura 26	Clorofila integrada mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea sólida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la CA-2.	38
Figura 27	Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la salinidad para la CA-2.	38
Figura 28	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 CA-1.	39
Figura 29	Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la profundidad de la capa de mezcla para la CA-1.	39

Figura 30	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 CA-2.	40
Figura 31	Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la profundidad de la capa de mezcla para la CA-2.	40
Figura 32	Sobreposición de imágenes de la distribución de estadios larvarios y el flujo geostrofico para la CA-1.	42
Figura 33	Sobreposición de imágenes de la distribución de estadios larvarios y el flujo geostrofico para la CA-2.	43
Figura 34	Índice multivariado El Niño/Oscilación del Sur (ENSO).	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	. Tiempo de permanencia de los estadios larvarios <i>Panulirus interruptus</i>	18
2	Relación de cruceros realizados durante el periodo de estudio	22

GLOSARIO

Abundancia.- Número total de organismos por unidad de área durante cada recolecta.

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

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.

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.

Cohorte: El término *cohorte* hace referencia a un grupo de organismos que presentan una misma característica en común.

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.

Fase Larvaria.- Estadio seguido a la eclosión de la filosoma en donde aún no se tienen todas las características de un organismo adulto.

Filosoma.- Primera forma larvaria planctónica del ciclo de vida de las langostas.

La Niña.- Período con temperatura superficial del mar con anomalías frías en el Océano Pacífico Ecuatorial en las regiones occidental y central.

Meandro.- Son las curvaturas muy pronunciadas en la trayectoria de una corriente marina.

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

Puerulo.- Segunda fase larvaria de las langostas. Representa el punto de transición entre la fase planctónica (filosoma) y la fase bentónica o juvenil.

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

Surgencia: Movimiento de agua profunda costera rica en nutrientes hacia la superficie.

RESUMEN

La langosta roja (*Panulirus interruptus*) presenta un ciclo de vida 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-IV). Los estadios finales (IX-XI) y puerulos en verano, pueden indicar que el tiempo aproximado de la etapa plantónica es de 12 meses. Se detectaron cuatro clases anuales (CA), sin embargo, para los objetivos del trabajo, se presentan únicamente los resultados de dos cohortes completas, correspondiendo a la CA1 (1999-2000) y CA2 (2000-2001). La abundancia total para las CA1 y CA2 fue de 1,723 y 2,113 EL/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 (CA-2 y el inicio de la clase 2001-2002) en cuanto a presencia de estadios larvarios, parecen tener una fuerte relación en la transición en un gradiente de una condición fría a una cálida.

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 with 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 of phyllosoma 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 puerulos in summer indicate that the approximate time of the planktonic 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 2,113 CA-1 and CA-2 was of 1,723 and EL/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.

INTRODUCCIÓN

La langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall, 1840) es un recurso de exportación 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 valioso recurso, (Vega, 2001). *P. interruptus* se distribuye desde Point Conception, EUA (34.5° N), hasta Bahía Magdalena, BCS, México (24.5° N) (Johnson, 1956), así 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).

La longevidad de 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 y Sastry, 1980). La fecundidad de esta especie oscila entre 50,000 y 900,000 huevos, aunque de acuerdo con Tapia-Velázquez y 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, 1960; Gracia y 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, 1960; 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 (como los ocurridos en la fuga) característicos de los estados juvenil y adulto (Serfling y 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 pesquera (Phillips y 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 a las características físicas dominantes de la zona (Johnson, 1960) 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 y 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, propiciando 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 más 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 PBC, consideran al 2000 como representativo de un año normal, aunque con condiciones ligeramente frías.

La variabilidad estacional propia de la región frente a la PBC, 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 (Hereu, *et al* 2006; Lavaniegos y Jiménez-Pérez, 2006), o promoviendo la reducción en la abundancia de especies templadas típicas de la Corriente de California, con la llegada de aguas cálidas tropicales y su fauna característica a la península de Baja California durante el evento El Niño 1997-1998, (Lavaniegos-Espejo *et al.* 1998; Lavaniegos-Espejo *et al.* 2002). Sin embargo, diversos estudios encuentran que algunas comunidades zooplanctónicas no se vieron significativamente afectadas, lo que sugiere que exhiben una elevada capacidad de adaptación a los cambios en las condiciones ambientales. 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 puerulos de *P. interruptus* (Guzmán del Prío *et al.* 2003; Peñaloza, 2008). Sin embargo, no se ha evaluado su respuesta en la condición contraria, durante los años fríos de La Niña 1999-2001. El conocimiento del ciclo de vida y la fisiología de estos organismos, permite conocer la respuesta biológica a las variaciones de factores ambientales (Díaz & Bückle, 1993); ya que la respuesta adaptativa de los organismos, es lo que les permite su desempeño fisiológico dentro de límites óptimos (Díaz-Iglesias *et al.*, 2004).

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. Solo 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 el número de 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 y 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 y 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 EL 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 *P. inflatus* y *P. 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 y Knight, 1966; Báez, 1983: en 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 PBC 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 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.

Particularizando sobre estudios realizados en la fase filosoma de *P. interruptus*, Johnson (1956 y 1960) 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, así 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 X 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). Este autor (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 se encuentran dos regiones: entre los 27° a 28° N y los 115° a 116° O, como consecuencia de la influencia de factores oceanográficos, y en el giro anticiclónico semi-permanente frente a Punta Eugenia, en la porción central de la península de Baja California, 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. Así mismo este autor establece que esta especie alcanza el estadio X en 230 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 solo 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 organismos/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 solo 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*; 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-Manzanares (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-Mayorazgo (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; 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

La importancia de 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, así como también generar información sobre como puede ser la interacción de las variables físicas y los procesos oceanográficos, en la dinámica interanual de los estadios larvarios. Con la información sobre la abundancia y distribución de los estadios larvarios y sus variaciones en el tiempo permiten detectar áreas de concentración de organismos adultos, su reproducción y el desove, así como su posible desfaseamiento en tiempo y áreas. De igual manera la información permitiría detectar si los procesos oceanográficos podían ser responsables del transporte o deriva larvaria; 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 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 PBC, 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 ocurrirá lo contrario, obteniéndose bajas abundancias 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 frio 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).

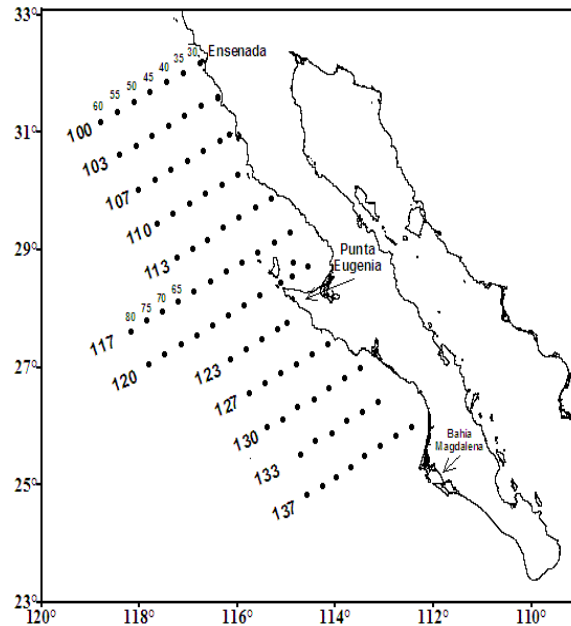


Fig. 1 Localización del área de estudio y plan básico de estaciones del Programa IMECOCAL.

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 y 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 la circulación, Bograd *et al.* (2000) describen que durante enero del 2000 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. 2a). 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 costa que mostró dos meandros anticiclónicos, uno frente a Isla Guadalupe y otro más al sur en la zona oceánica frente a Punta Abreojos (Fig. 2b). 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. 2c). 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. 2d).

El flujo geostrófico durante enero del 2001 (Fig. 3a) 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. 3b). 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. 3c). Estos giros se localizaron frente a Bahía San Quintín, Bahía Vizcaino, punta Abreojos 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. 3d).

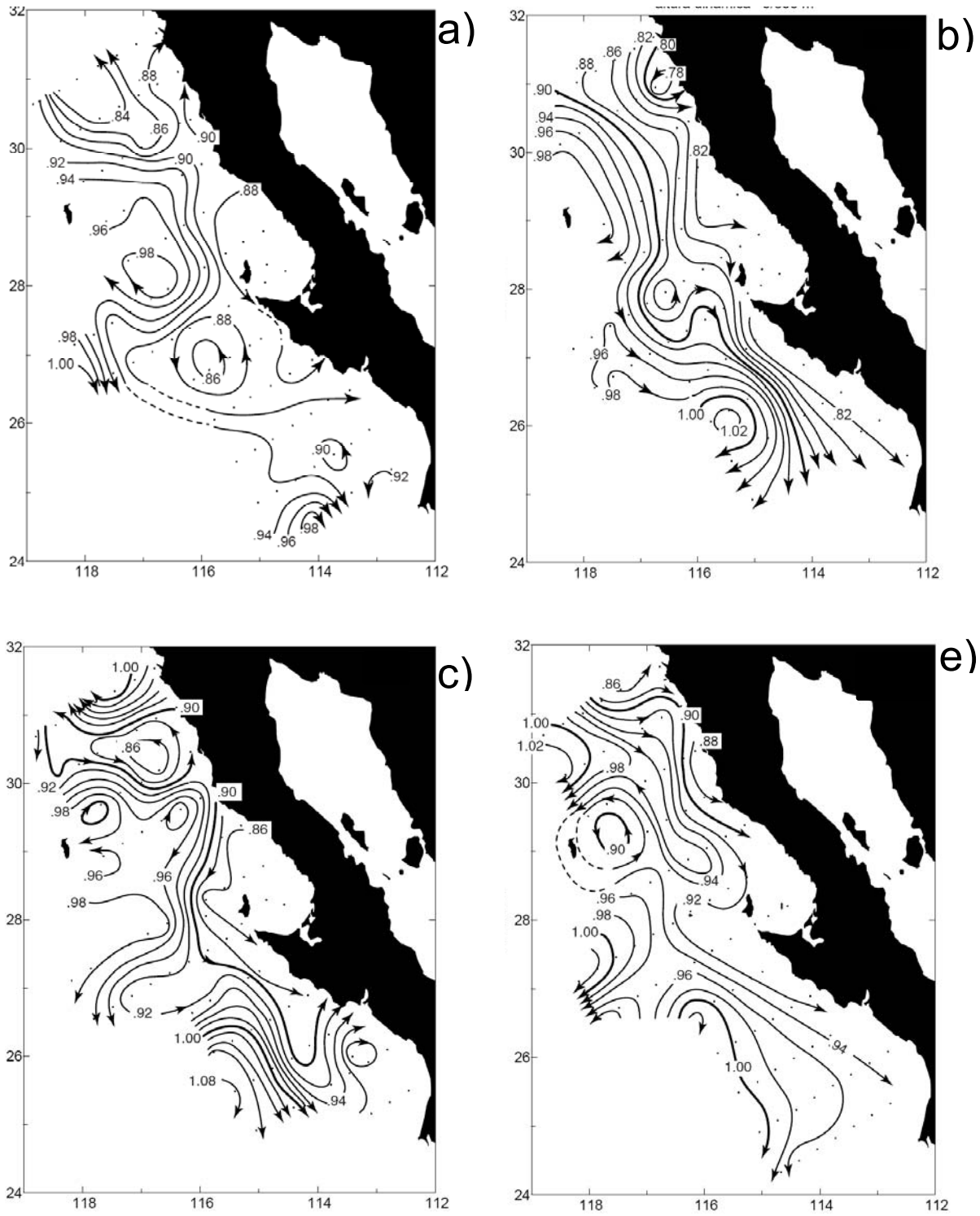


Figura 2. Anomalías de altura dinámica (0-500 dbares) para los cruces IMECOCAL realizados durante el año 2000: a) enero, b) abril, c) julio y d) octubre.

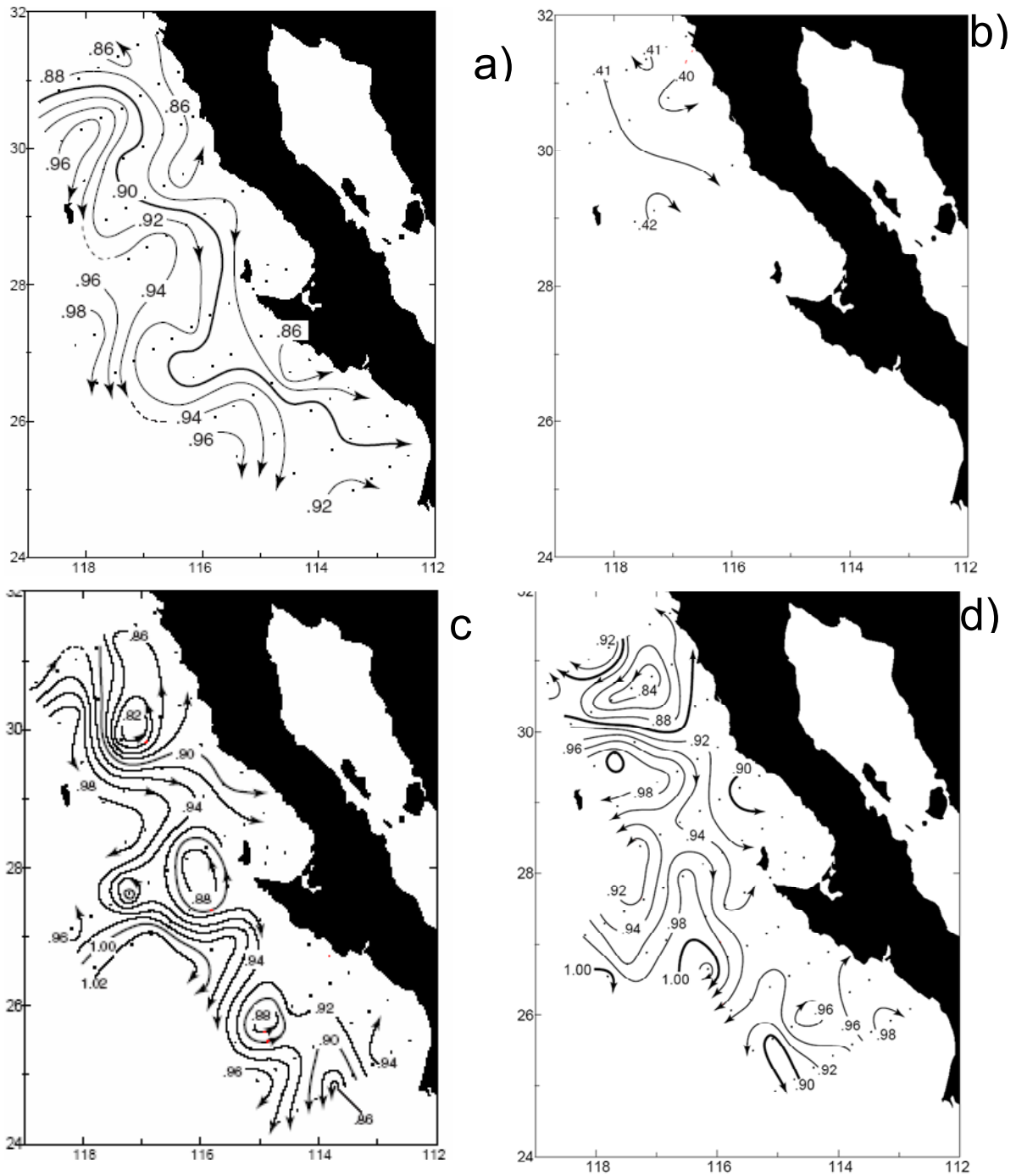


Figura 3. Anomalías de altura dinámica (0 500 dbares) para los cruceros realizados en el año 2001: a) enero, b) abril, c) julio y d) octubre. Proporcionados por R. Durazo.

MATERIAL Y MÉTODO

El material biológico y los datos oceanográficos para la realización del presente trabajo provienen de diez cruceros oceanográficos realizados en julio y octubre de

1999, así 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: los de julio = verano, octubre = otoño, enero = invierno y abril = primavera.

El plan de estaciones de muestreo comprendió desde Ensenada, BC hasta la parte norte de Bahía Magdalena BCS. La distancia entre estaciones 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 (Fig. 1).

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 500 μm , siguiendo los procedimientos propuestos por Smith y 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 colectado 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, salinidad y concentración de oxígeno disuelto utilizando un CTD Seabird equipado con sensores de conductividad y temperatura. Adicionalmente se tomaron muestras de agua a profundidades estándar con el objetivo de determinar las concentraciones de clorofila *a* (Cl *a*) en los diferentes niveles.

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 puerulos, se separaron de las muestras originales sin fraccionar, se identificaron y se clasificaron por estadio siguiendo los criterios de Johnson (1956). La asignación de los estadios larvarios se basó en las características del cuerpo de las filosomas, el cual está dividido en tres regiones, escudo cefálico (EC), tórax (TX) y abdomen (AB). En el EC están contenidas en forma pareada, las antenas, anténulas y ojos; en la región del TX se localizan de tres a cinco pares de pereiópodos o patas caminadoras (tres en el primer estadio y cinco en el último estadio), divididos en endopodito y exopodito. Este último presenta un número variable de setas nadadoras, y tres pares de maxilípedos. En el AB se desarrollan los pleópodos o patas nadadoras, los urópodos y el telson (Fig. 4). El cambio en tamaño y forma de las estructuras contenidas en cada una de las regiones son determinantes para establecer los diferentes estadios filosomas porque todos estos componentes varían a través de su desarrollo ontogénico (Phillips y Sastry, 1980).

Los once estadios larvarios filosoma (EL) en el desarrollo de *P. interruptus*, se agruparon de acuerdo a Johnson y Knight (1966) y Pringle (1986), quedando integrados de la siguiente manera: EL Iniciales del I-IV, EL Intermedios del V-VIII, EL Finales del IX-XI, y puerulo.

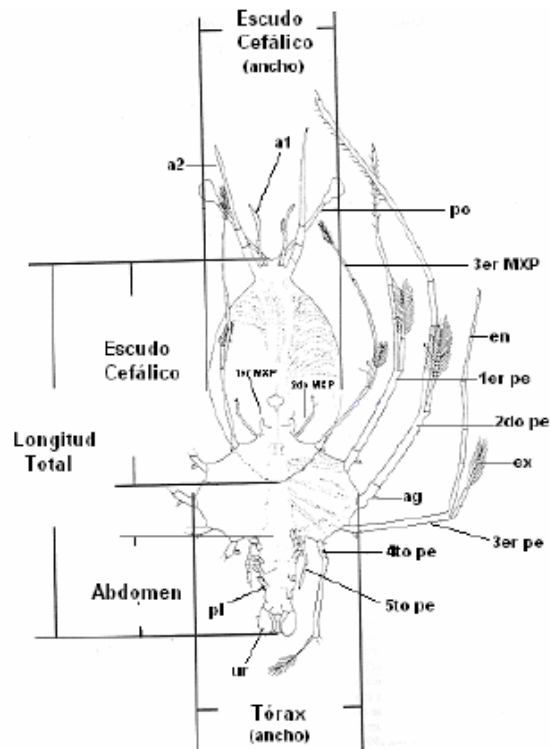


Figura 4.- Esquema general de las características morfológicas de una larva filosoma (a1, anténulas; a2, antenas; po, pedúnculo ocular; en, endopodito; pe, pereiópodo; ex; exopodito; ur, urópodos; pl, pleópodos; MXP, maxilípodo).

El número de larvas se estandarizo a 10 m² de superficie marina de acuerdo con la metodología propuesta por Smith y 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.

La determinación de las clases anuales (CA) se realizó de acuerdo a lo establecido por Johnson (1960b), quien determinó la época de aparición de los once estadios filosoma y Pringle (1986) que estimó el tiempo (días) la permanencia de cada estadio larvario (Tabla 1). Además se tomó en cuenta el tiempo de eclosión, evento que tiene lugar durante el verano, evidenciado con la presencia de filosomas estadio I y II, lo que indica el inicio de cada clase anual. Así mismo se tomó en cuenta la presencia de puerulos como indicador del final de cada clase anual.

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

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 los cruceros de verano y otoño de 1999 fueron provistos por la M. en C. María del Carmen Peñaloza Mayorazgo (com. pers.), utilizados a fin de poder establecer las clases anuales (CA) utilizadas para el desarrollo de esta tesis.

Para los fines de esta investigación y con el objeto de establecer la tendencia de la distribución de estadios larvales en relación a la costa-océano, se estableció una línea divisoria en el área muestreada tomando como base un grado de longitud de la línea de costa hacia mar abierto (Fig. 5). Para determinar las diferencias de cada región se obtuvo la sumatoria de cada transecto, así como el promedio de las estaciones positivas tanto en la parte costera como 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 para cada grupo de desarrollo larvario en cada clase anual.

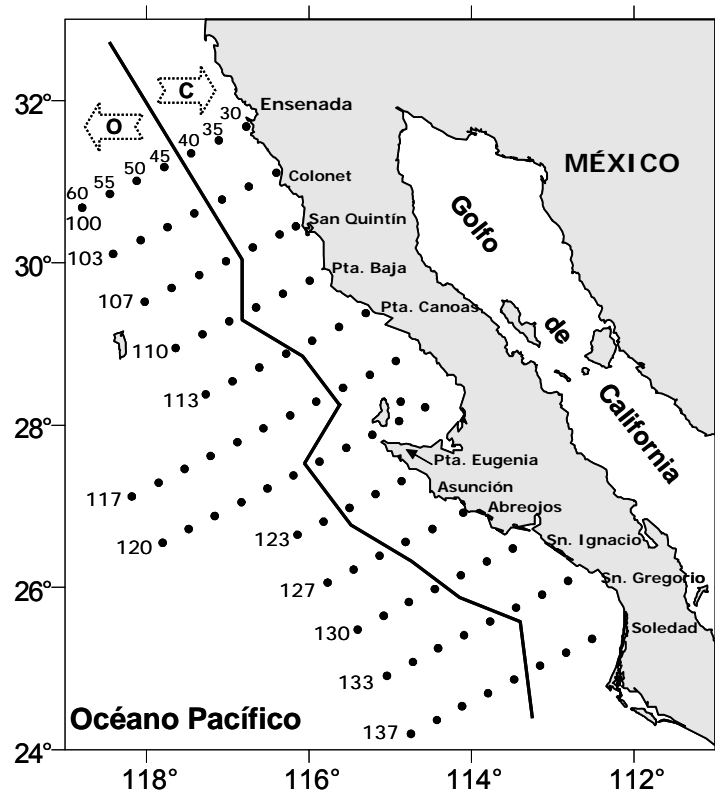


Figura 5 .- Localización de estaciones costeras (C) y oceánicas (O).

Para establecer el patrón de distribución latitudinal de los estadios larvales se dividió el área de estudio en tres zonas: la zona Norte, que abarcó desde la línea 100 hasta la línea 110, la zona Centro que comprendió las líneas 113 a la 123 y la zona Sur que incluyó las líneas 127 a 137 (Fig 6). Lo anterior se planteó con el objeto de que las tres zonas contuvieran la misma cantidad de líneas, de tal manera que el esfuerzo de muestreo fuera el mismo con el objeto de poder hacerlas comparables. Para determinar las diferencias de cada zona se obtuvo la sumatoria de cada línea, así como el promedio de las estaciones positivas de cada región. Se utilizó la prueba la prueba Kruskal-Wallis ($\alpha = 0.05$) para determinar las diferencias en distribución latitudinal (norte-centro-sur) en cada clase anual.

Se elaboraron mapas de distribución de la abundancia (Org./10m^2) de los estadios larvarios de *P. interruptus* de acuerdo a la agrupación de 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).

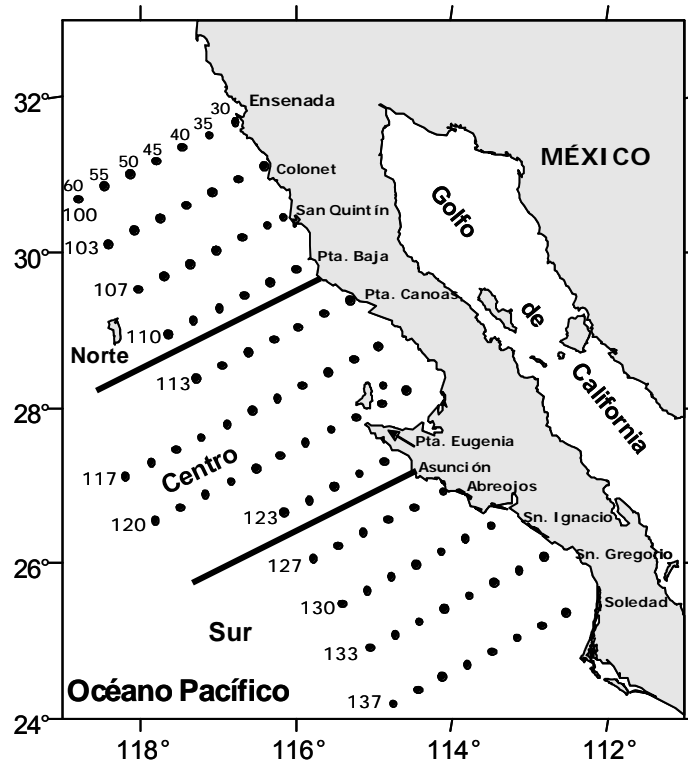


Figura 6.- Regionalización latitudinal de la zona de estudio

Debido a que los datos de abundancia de los diferentes estadios de desarrollo larvario en la zona de estudio no se ajustaron a una distribución normal, se efectuaron pruebas estadísticas no paramétricas.

Se utilizó la prueba de U de Mann-Whitney ($\alpha = 0.05$) (Sokal y Rohlf, 1981) para determinar la existencia de diferencias significativas entre las clases anuales, y comparar la distribución de los grupos de desarrollo larvario costa-océano en cada clase anual, mientras que para las diferencias en distribución latitudinal (norte-centro-sur) se utilizó la prueba Kruskal-Wallis ($\alpha = 0.05$).

Para observar una relación entre las variables oceanográficas y los estadios larvales que conformaron las clases anuales; se calculó el promedio, máximos y mínimos de la temperatura, salinidad (UPS), profundidad de la capa de mezcla (PCM), y del 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 larvarios. 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 tendencias de la influencia de la circulación oceánica en la dispersión larvaria se superpusieron los mapas de distribución de los estadios larvarios por grupo de desarrollo y época de cada clase anual, sobre los mapas de alturas dinámicas superficiales y flujo geostrófico (0/500 dbar) tomados de Durazo y Baumgartner (2002), para los cruceros correspondientes al periodo 1999-2001.

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 2,203 a 2001 (Fig 7).

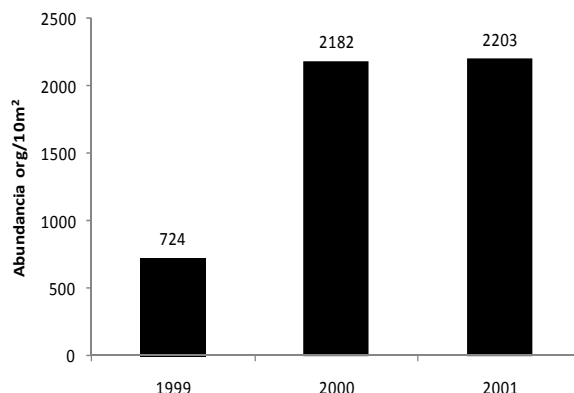


Figura 7.- Abundancia total de estadios larvarios durante el periodo 1999-2001.

La abundancia estacional de estadios larvarios mostró diferencias interanuales. En el verano de 1999 y 2001, se obtuvo una mayor abundancia que en verano del 2000. Para otoño la abundancia fue notoriamente mayor en los años 2000 y 2001, con respecto de 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 <i>P. interruptus</i> 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
2000	Invierno	84	22	26.2	631
	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 2000 solo diez, no encontrándose estadios 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. 8); 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. 8).

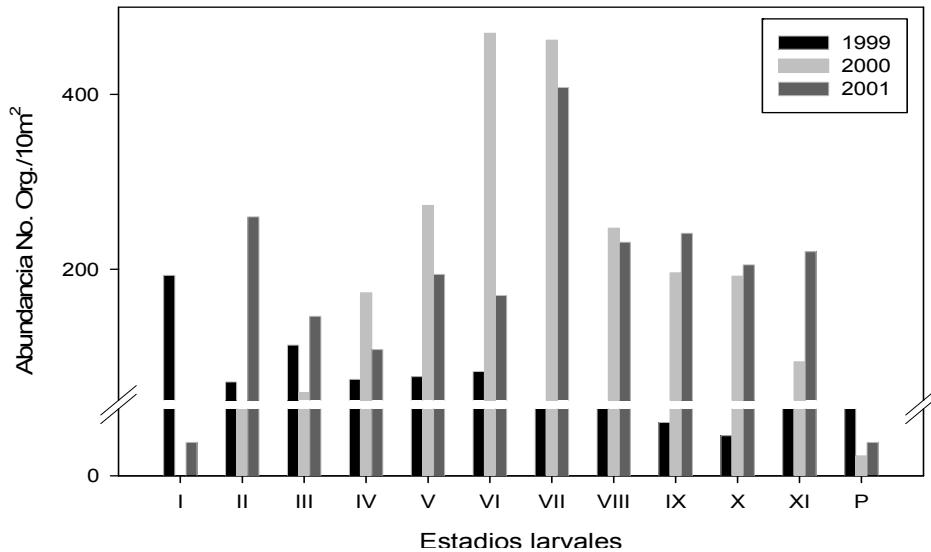


Figura 8.- Abundancia anual de estadios larvarios durante el periodo 1999-2001.

1.2.- Abundancia temporal (estacional e interanual).

Durante el verano se registraron estadios iniciales y finales, apareciendo en 1999 la mayor abundancia de estadios iniciales, pero no así para los finales que fueron más abundantes en 2000 y 2001 (Fig. 9 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. 9 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. 9 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. 9 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. 9 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. 9 d, h).

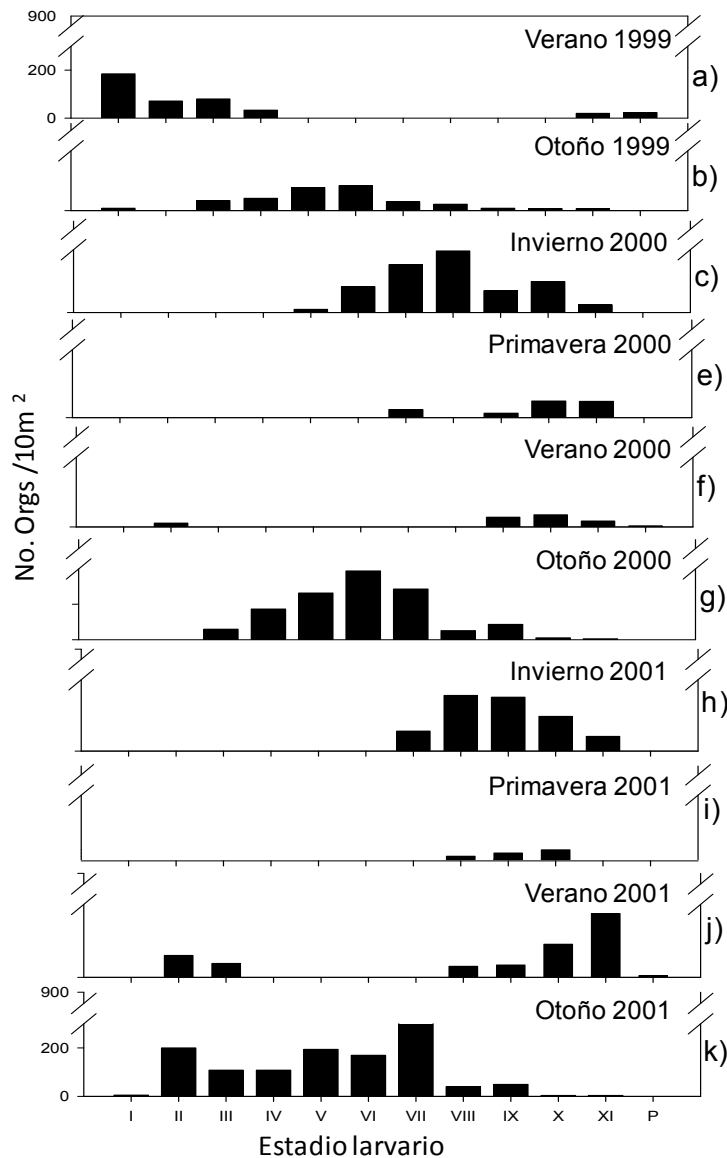


Figura 9.- Abundancia temporal de los estadios larvarios de *P. interruptus* durante el periodo 1999-2000

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 10).

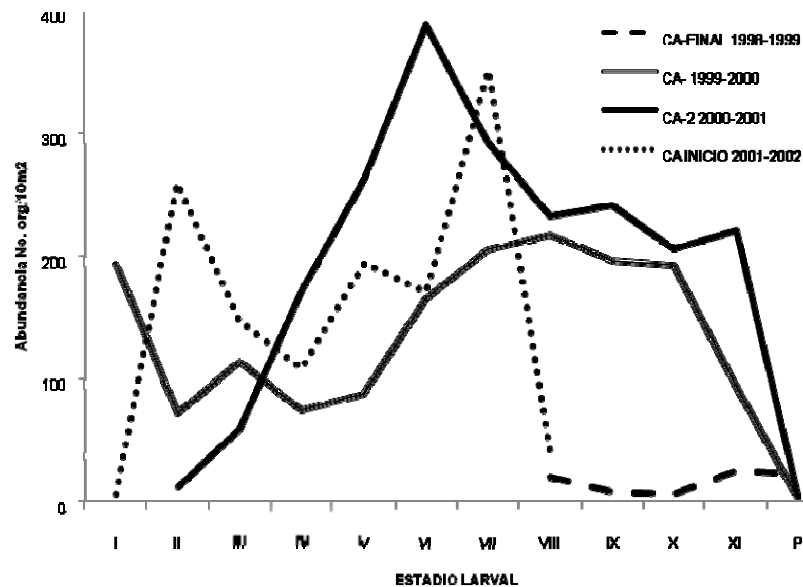


Figura 10- Clases anuales identificadas durante el periodo 1999-2001.

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 11).

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. 11). 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. Resalta el hecho que estadios finales (IX, X y XI), junto con el estadio VIII aparecen en el otoño siguiente, lo que llamaríamos aquí como extemporáneos, ya que no pudieran pertenecer a la clase anual nacida en el verano de ese año (Fig. 11)

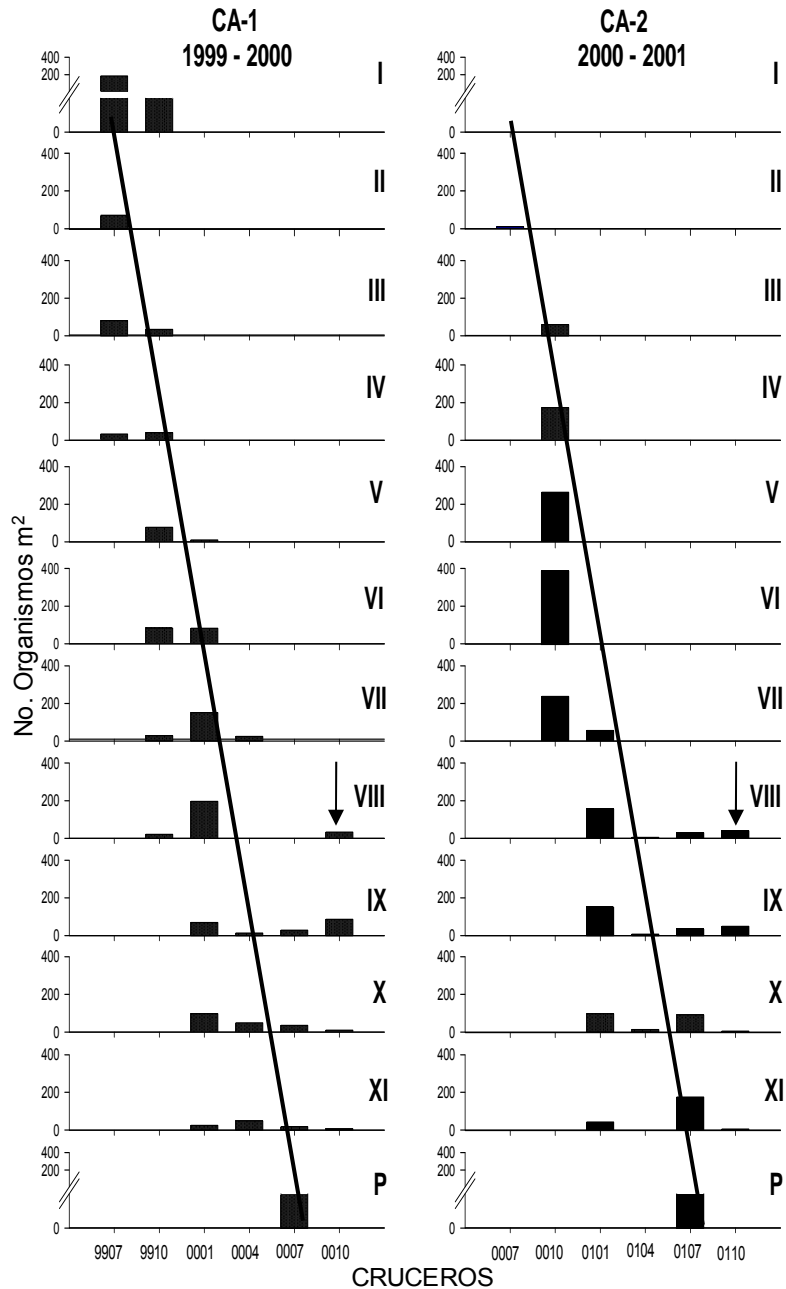


Figura 11.- Ocurrencia cuantitativa de estadios larvarios filosoma (números romanos) y puerulos (P) de *P. interruptus* en las clases anuales 1999-2000 y 2000-2001. La base de las gráficas corresponde a la temporada (cruce) y las líneas en diagonal señalan la progresión de los estadios larvarios de acuerdo 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 solo 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. 12a 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 mas altos en CA-1 y en los estadios intermedios y finales los promedios fueron mas altos en la CA-2 (Fig. 12 c y d).

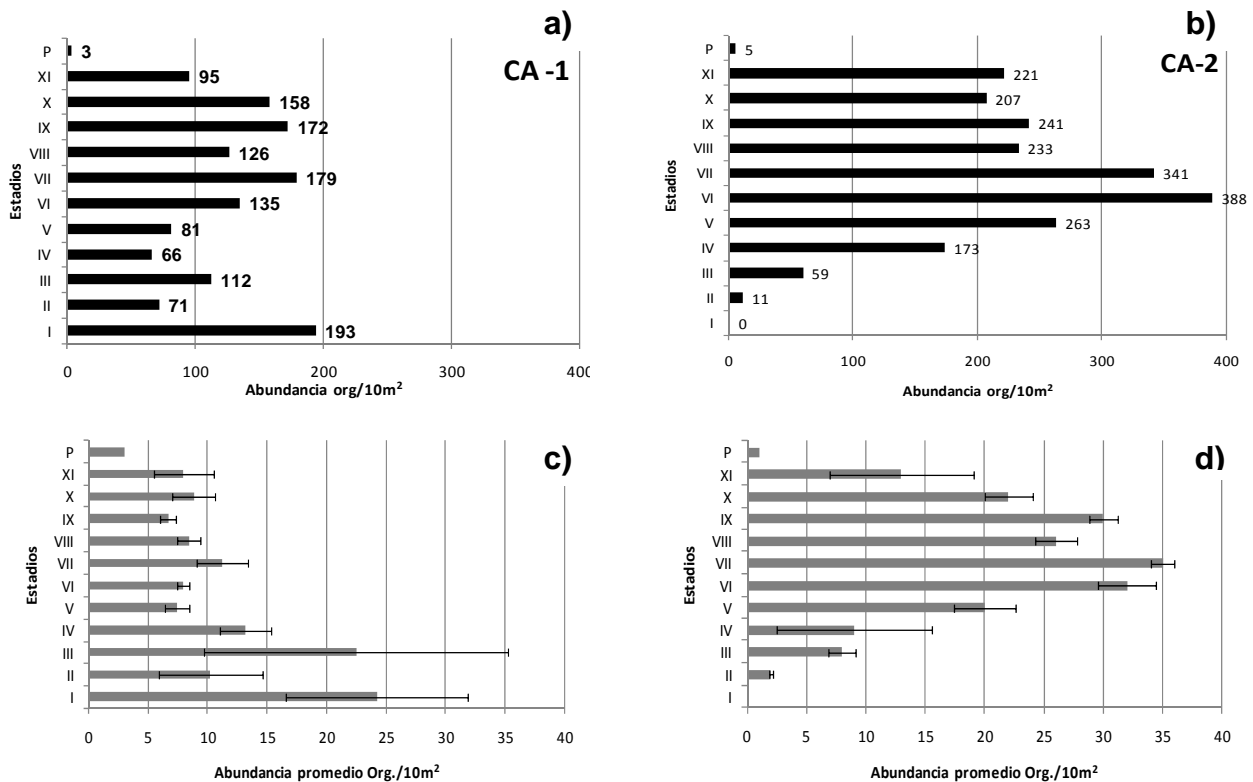


Figura 12 .- Abundancia total y abundancia promedio por estadio de desarrollo de la clase anual CA-1 1999-2000 (a y c) y CA-2 2000-2001 (b y d).

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.

En la CA-1 la distribución de estadios iniciales en verano, fue notoriamente cercana a la costa en las regiones norte, centro y sur y para el otoño los organismos mostraron una distribución hacia el área central y sur. (Fig. 13). Los estadios larvarios intermedios presentes entre el otoño de 1999 y la primavera del 2000, mostraron una distribución sobre la región central y sur, mientras que para el otoño del 2000 los estadios intermedios se distribuyeron en la región norte y central. Los estadios larvarios finales en la CA-1 se distribuyeron en la parte central frente a la PBC desde el invierno del 2000 hasta el otoño del mismo año en estaciones localizadas fuera de la costa (Fig. 13).

Los estadios iniciales registrados en la CA-2, mostraron una distribución diferente que los de la CA-1, localizándose principalmente en la región norte y central durante el verano y otoño de 2000 (Fig. 14). Los estadios intermedios tuvieron una distribución amplia en toda el área de estudio particularmente en el otoño del 2000, registrando la presencia de algunos estadios intermedios en el área norteña durante la primavera del 2001 y en la región sur durante el verano de 2001. En el otoño del 2001, también se registraron estadios intermedios en la porción central y sur. Los estadios larvarios finales tuvieron una distribución amplia durante el invierno del 2001, aunque se registraron estadios finales en otoño del 2001 en la región sur. (Fig 14).

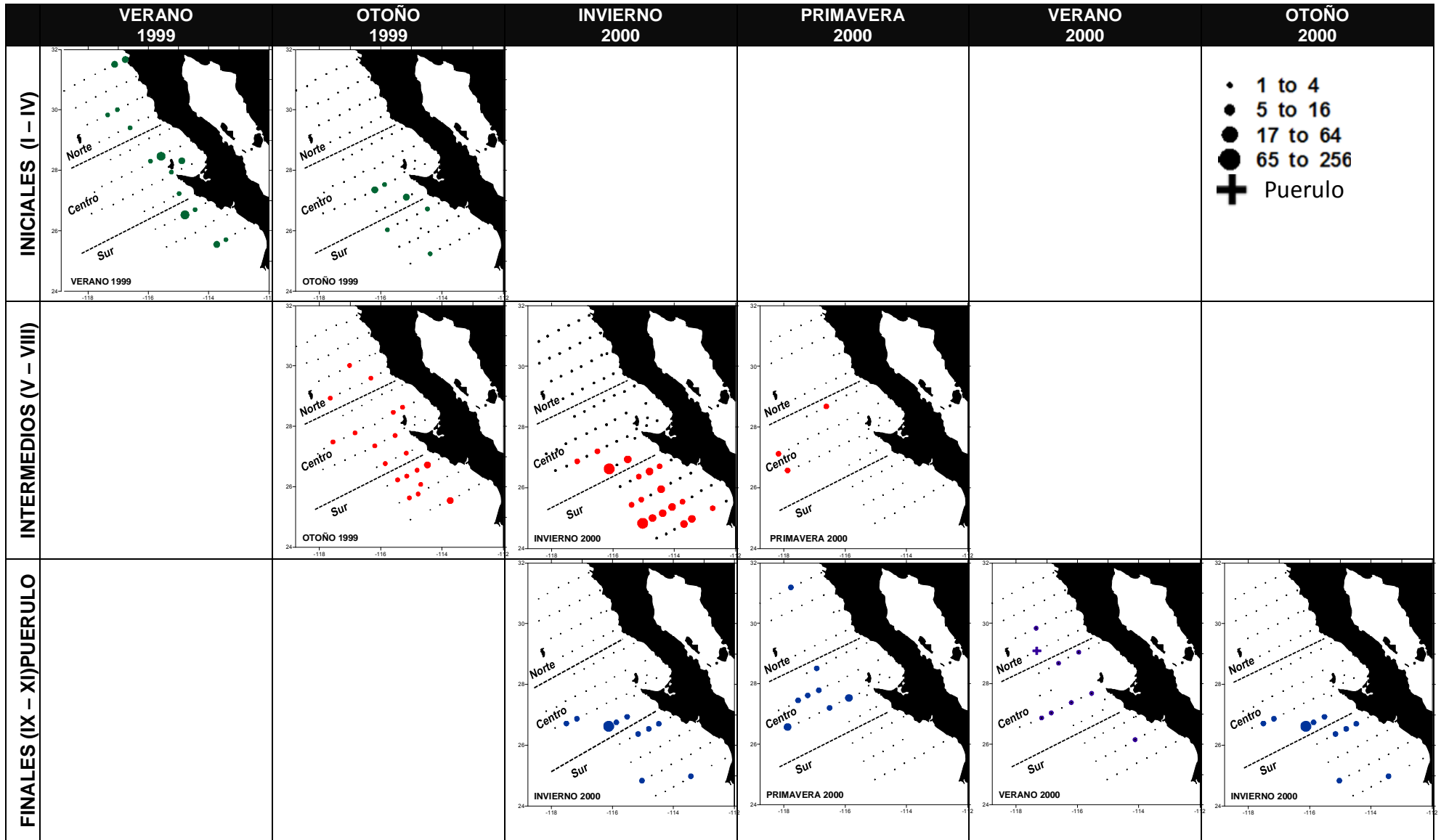
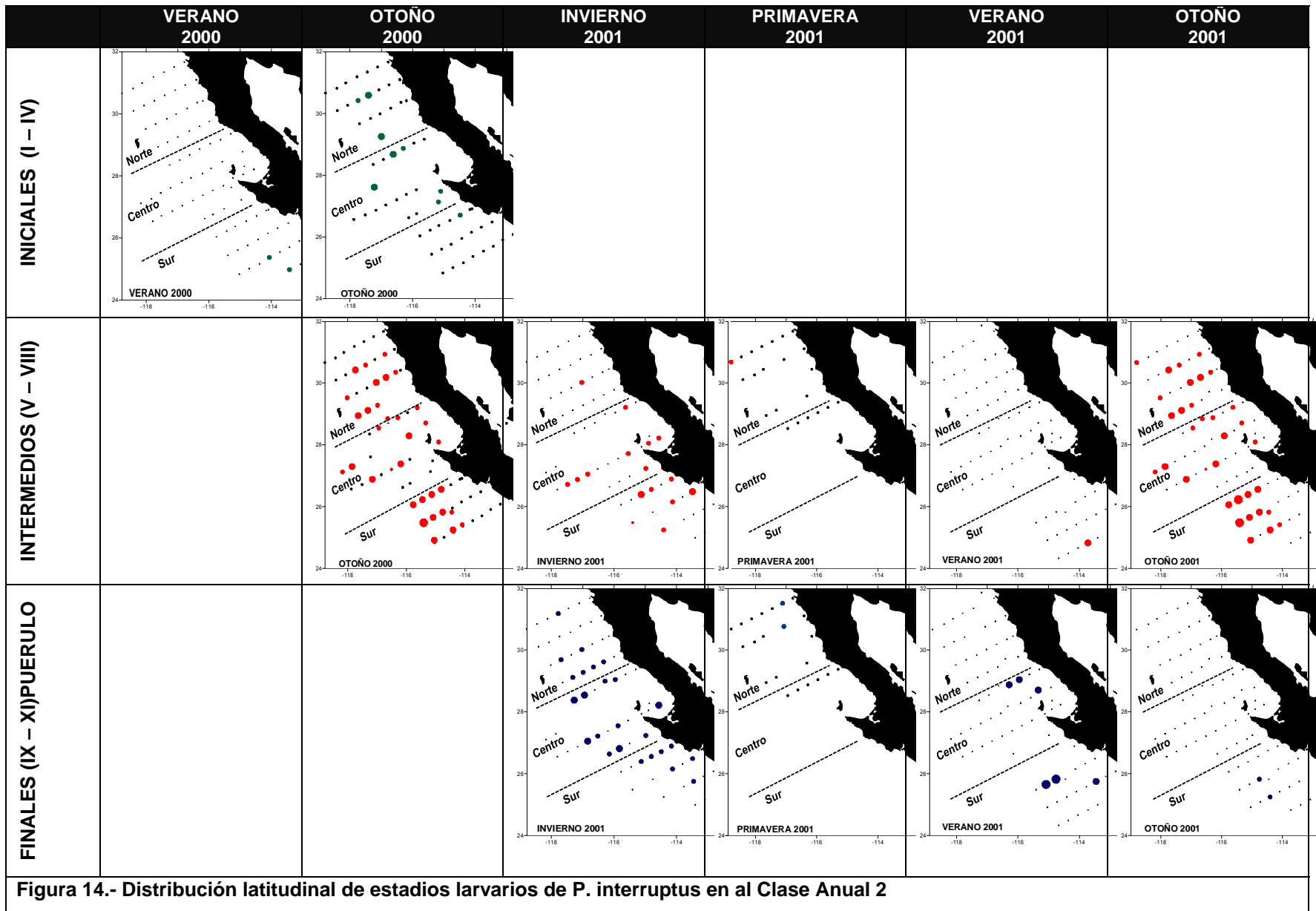


Figura 13.- Distribución latitudinal de estadios larvares de *P. interruptus* en al Clase Anual 1



3.2 – Distribución costa-océano

De los resultados obtenidos en el análisis costa-océano, se observó que la abundancia del total larvas en cada clase anual fue mayor en la región oceánica que en la región costera. Por grupos de estadios (iniciales, intermedios y finales) solo los iniciales de la CA-1 fueron más abundantes en las estaciones costeras, el resto, la mayor abundancia se registró en estaciones oceánicas. Los puerulos en la CA-1 estuvieron presentes en la región oceánica, mientras que los puerulos de la CA-2, se registraron en la zona costera (Fig. 15). En los promedios de las estaciones positivas solo 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. 15). 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

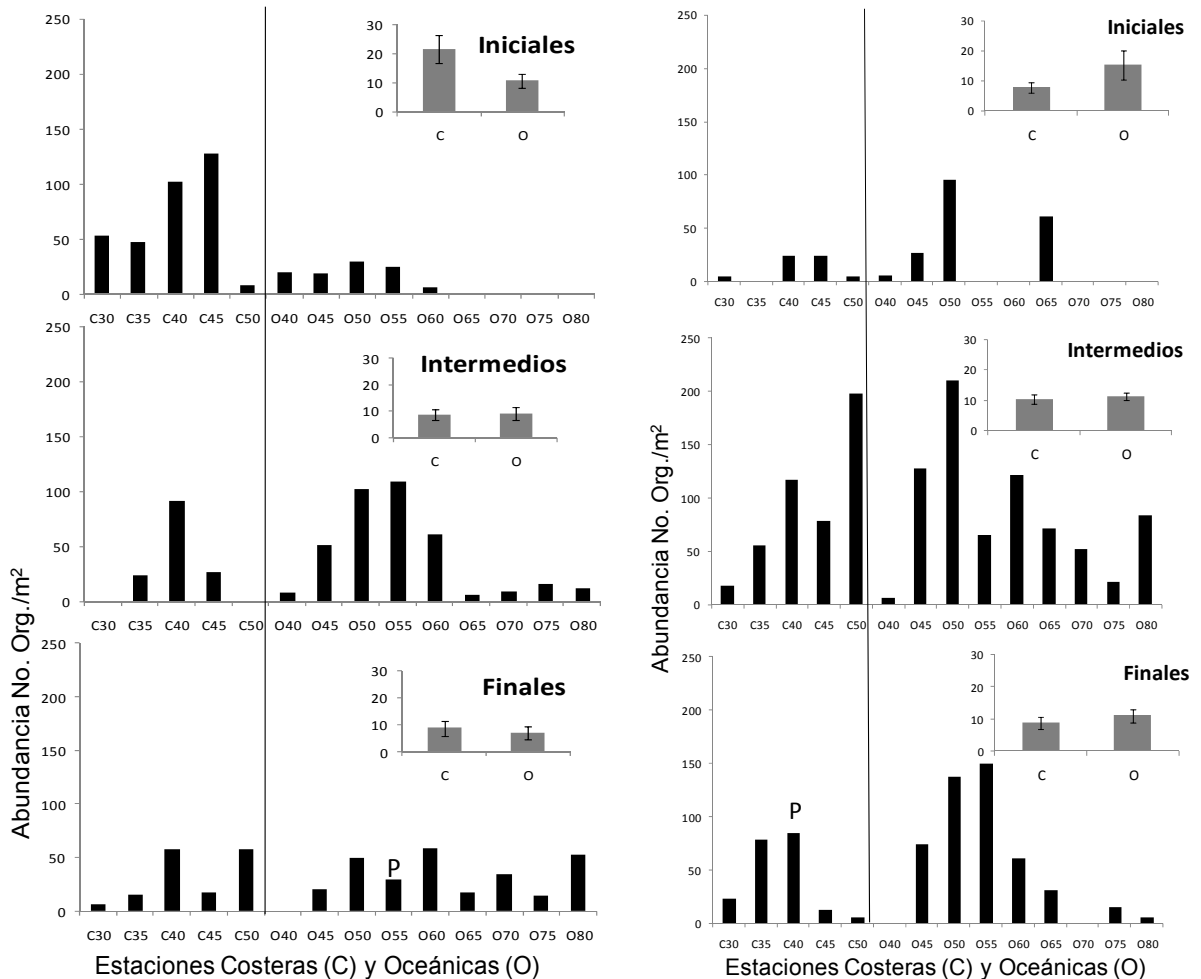


Figura 15.- Abundancia de estadios larvarios iniciales, intermedios, finales y puerulos (P) de *P. interruptus* en la distribución costa-océano de las clases anuales CA-1 y CA-2. En las gráficas pequeñas se ilustra el promedio de estaciones positivas con su error estándar en la costa y océano.

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), observándose que los intervalos de temperatura en los que se va encontrando cada estadio va siendo mayor desde los iniciales hacia los finales (Fig. 16). La exploración con ACP (variancia explicada 56.56%), marca diferencias en la

ordenación de los estadios dadas por su presencia en temperaturas mas frías (estadios I, II, VII, VIII, X y XI) y mas cálidas (III, IV, V, IX, y P). (Fig. 17).

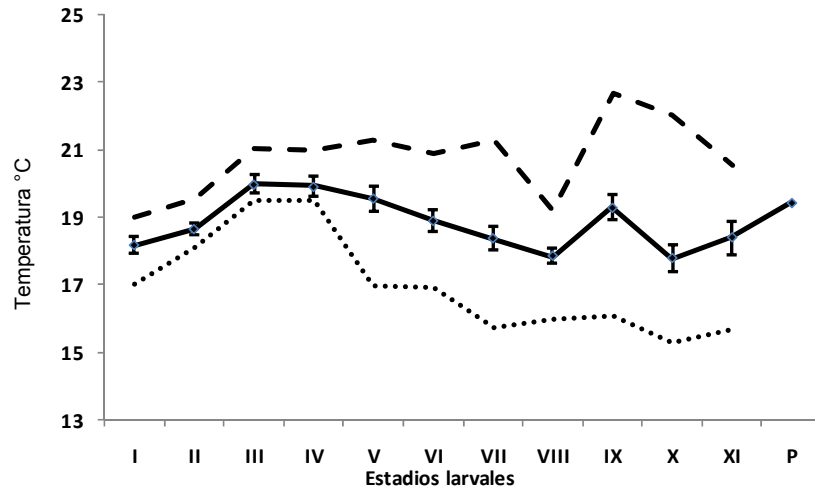


Figura 16.- Temperatura mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio (línea sólida) y error estándar (segmentos verticales), de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 1.

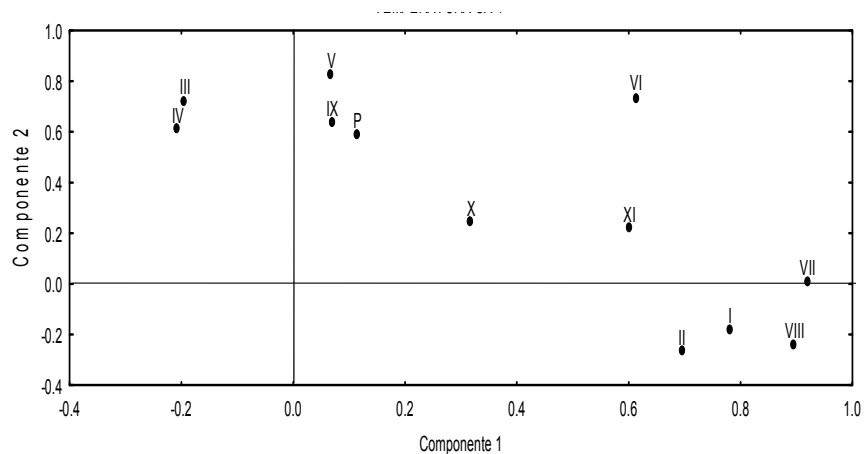


Figura 17.- Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la temperatura para la clase anual 1.

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), sin embargo se observa un patrón más definido con la presencia de estadios larvales iniciales en temperaturas más cálidas que los estadios intermedios, para incrementarse nuevamente en los finales. Y de la misma forma los intervalos de temperatura son más amplios hacia los estadios finales (Fig. 18). Esto se ve reflejado en la

ordenación del ACP (variancia explicada 86.37%) donde los estadios iniciales e intermedios en temperaturas más cálidas y los finales en más frías (Fig. 19).

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

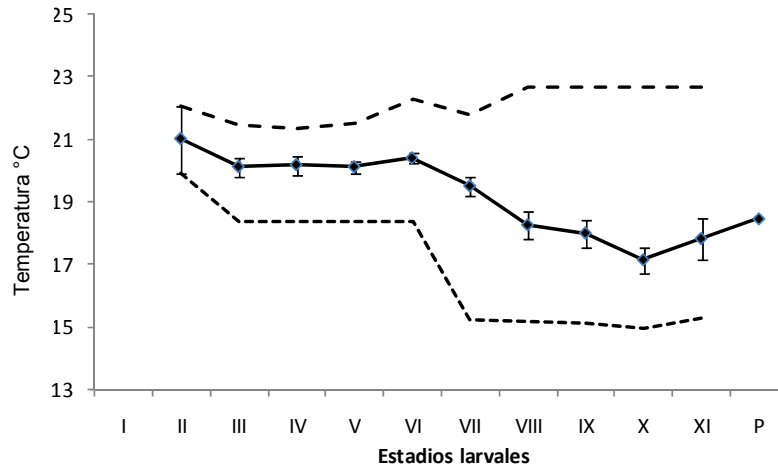


Figura 18.- Temperatura mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio (línea sólida) y error estándar (segmentos verticales), de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 2.

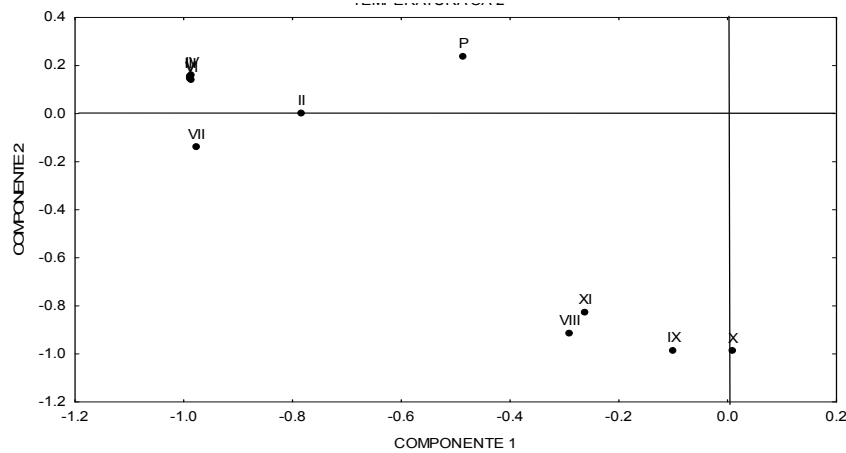


Figura 19.- Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la temperatura para la clase anual 2

4.2.- Salinidad

En la CA-1 los intervalos de salinidad en los cuales 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), con un patrón ascendente del estadio I al VIII,

y una disminución del IX al XI y P. (Fig. 20). Esa variación se refleja en el ACP (varianza explicada del 71.39%) (Fig. 21).

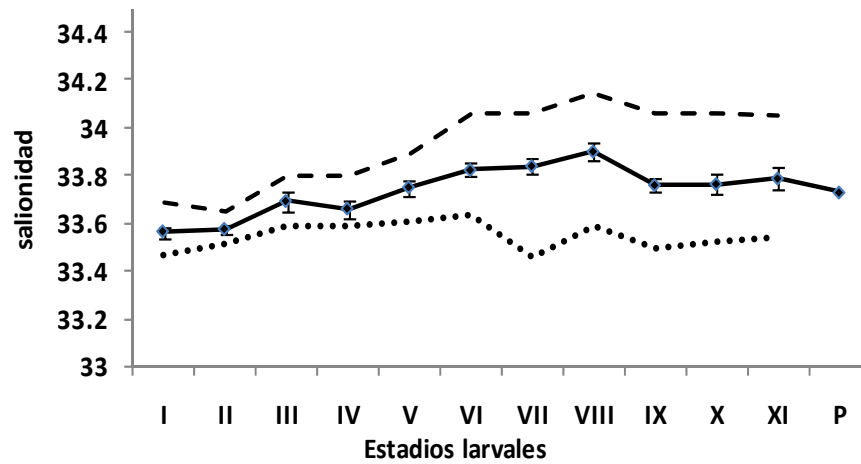


Figura 20.- Salinidad mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio (línea sólida) y error estándar (segmentos verticales), de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 1.

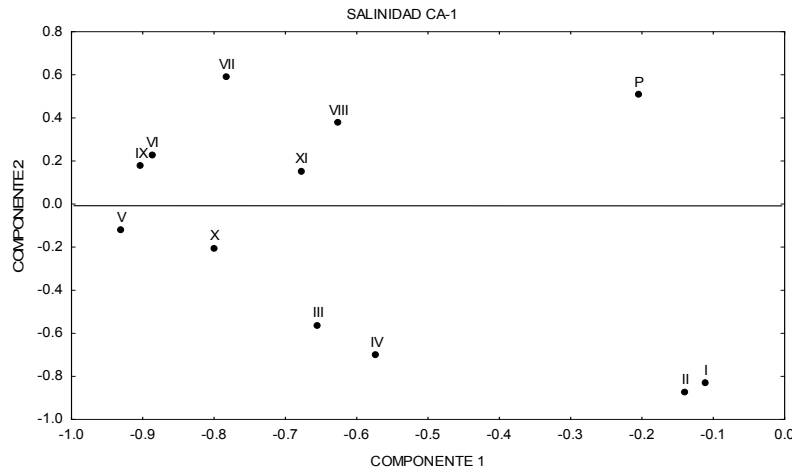


Figura 21.- Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la salinidad para la clase anual 1.

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), observándose un patrón hacia una mayor salinidad entre los estadios del II al VIII, para disminuir del estadio IX al P (Fig. 22). De acuerdo con el ACP (varianza 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. 23)

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

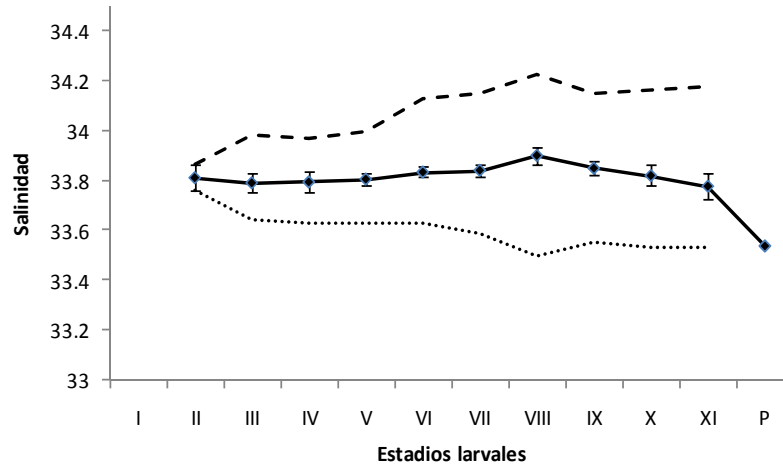


Figura 22.- Salinidad mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio (línea sólida) y error estándar (segmentos verticales), de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 2.

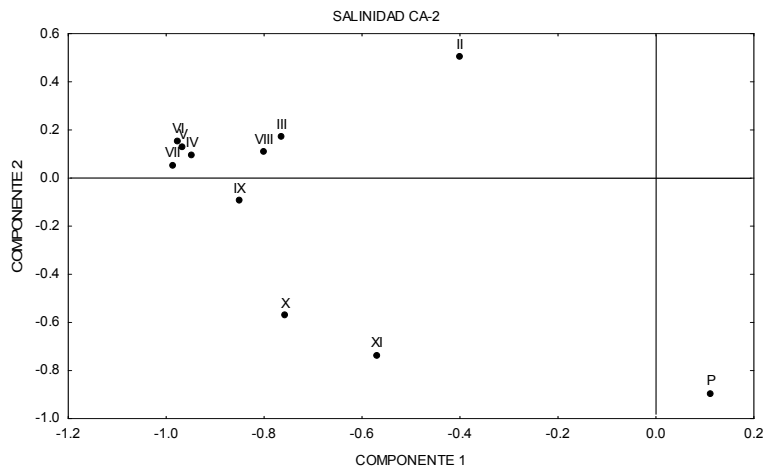


Figura 23.- Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la salinidad para la clase anual 2.

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 mg/m^2 . La presencia de los primeros estadios (I – IV) estuvo asociado a valores promedio mas altos con respecto a los estadios intermedios y en los finales los valores se incrementan (Fig. 24). El ACP (variancia

explicada 97.51%) muestra un arreglo de acuerdo a la disposición del promedio presente en cada estadio. (Fig. 25)

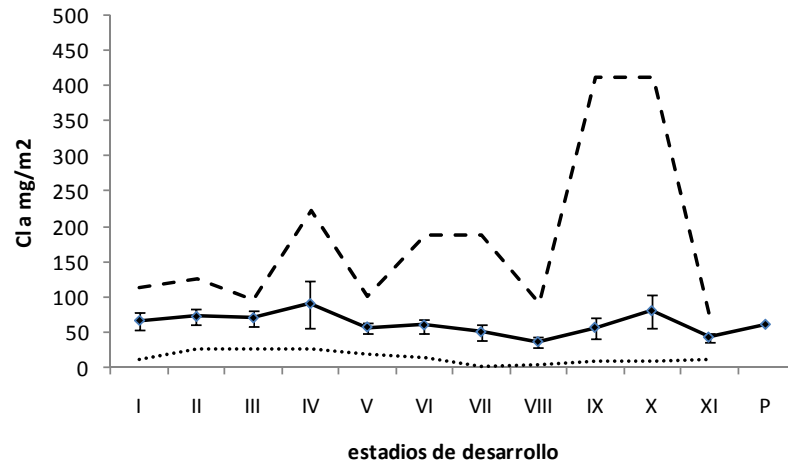


Figura 24.- Clorofila a integrada (Cl a mg/m²) mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea sólida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 1

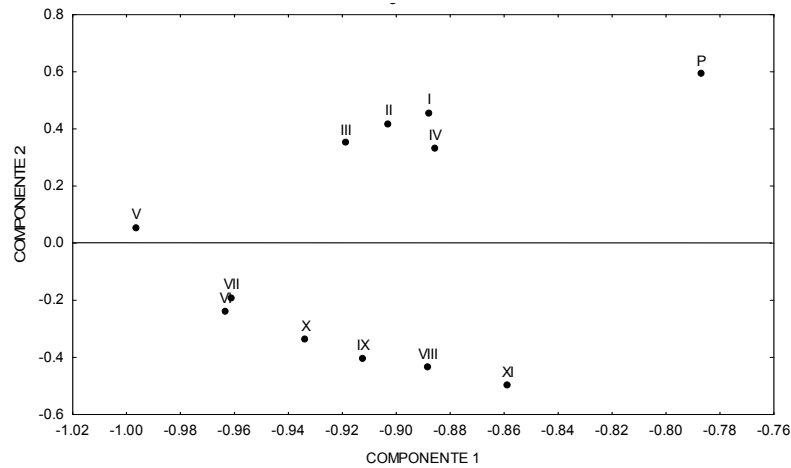


Figura 25.- Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales para los estadios larvarios con respecto a la Clorofila a integrada (Cl a mg/m²) para la clase anual 1.

La CA-2 muestra un patrón más definido con la presencia de estadios larvarios iniciales en valores promedio menores e incrementando en los estadios intermedios y finales (Fig. 26), lo que se aprecia de igual manera en la ordenación de los estadios en el ACP (variancia explicada de 95.75%) (Fig 27)

Se registró un diferencia significativa entre las clases anuales con respecto a la CI a donde se presentaron lo estadios larvarios (Mann-Whitney $p = 0.0109$).

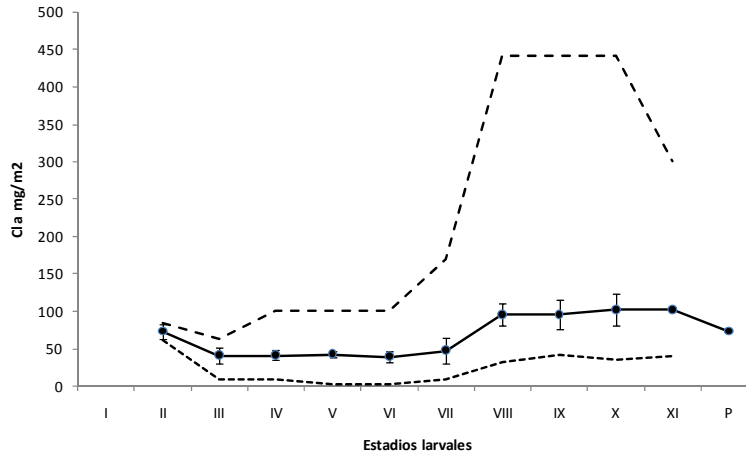


Figura 26.- Clorofila integrada mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea solida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 1

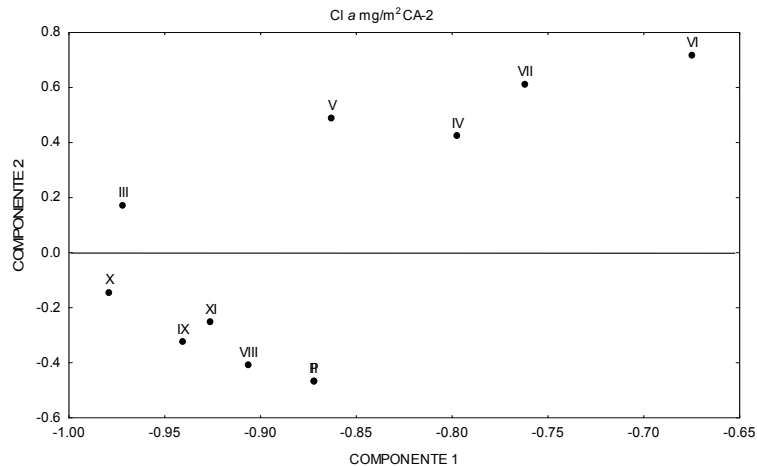


Figura 27- Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales con respecto a la Clorofila a integrada (Cl a mg/m²) para la clase anual 2.

4.3.- Profundidad de la capa de mezcla

En la CA-1 el intervalo de valores promedio de la PCM (20.54 a 44.85 m) en las estaciones donde se encontraron los estadios larvarios muestran un incremento de los estadios iniciales a finales (Fig. 28). La exploración con el ACP (variancia explicada 63.25), se observa una segregación de los estadios entre profundidades

mas bajas (II, III, IV, V, y IX) y en mayores profundidades (VI, VII, VIII, X, XI y P) (Fig. 29).

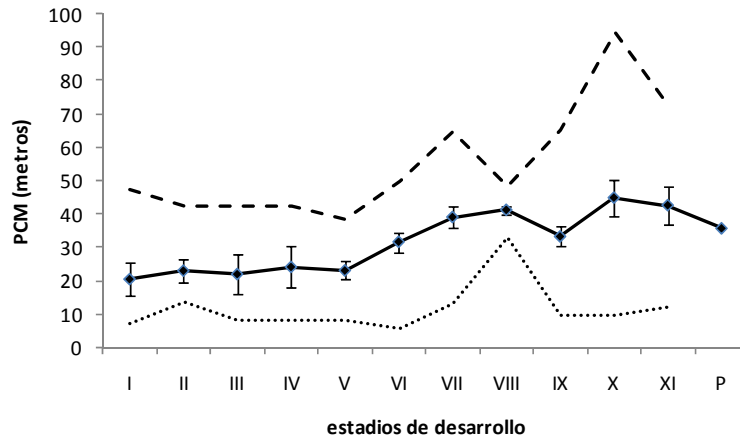


Figura 28- Profundidad de la capa de mezcla mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea sólida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 1.

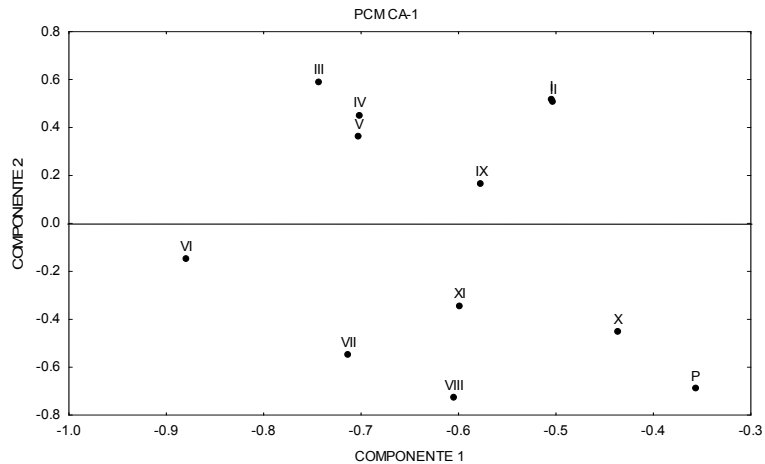


Figura 29.- Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales con respecto a la PCM y estadios larvarios para la clase anual 1

El intervalo de valores promedio en estaciones con presencia de estadios larvarios para la CA-2 fue de (19.4 a 58.1 m), se observa que los primeros estadios (a excepción del II) se presentan en valores promedio más bajos (Fig. 30). En la exploración con el ACP (variancia explicada del 80.50%) marca una tendencia en la ordenación de los estadios dadas por menores profundidades (III, IV, V, VI, y VII) y en mayores profundidades (VIII, IX, X, y XI). (Fig. 31)

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 $p = 0.028$).

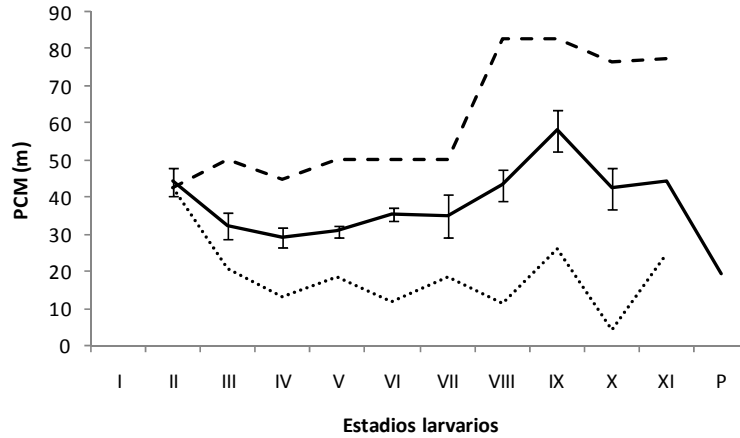


Figura 30.- Profundidad de la capa de mezcla mínima (línea punteada), máxima (línea quebrada), promedio y error estándar (línea sólida) de las estaciones positivas para cada estadio larvario de la clase anual 2

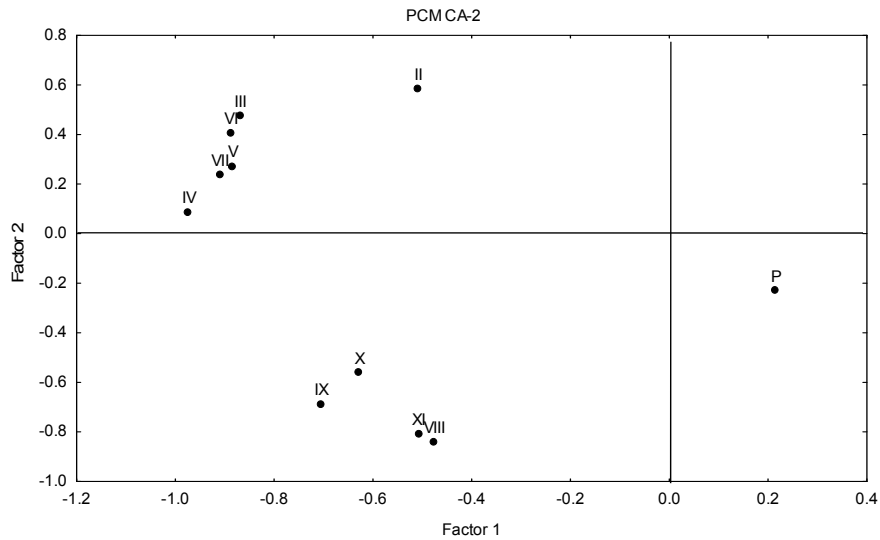


Figura 31.- Diagrama de dispersión de la transformación de dos componentes principales con la PCM y estadios larvarios para la clase anual 2.

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. 32 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. 32 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. 32 g, h, i). De las larvas extemporáneas en otoño estuvieron asociadas al flujo que va predominantemente fuera de la costa (Fig. 32 f y j).

Para la CA-2 los estadios iniciales fueron poco capturados, en verano se presentaron asociados al flujo sureño en la región mas al sur (Fig. 33 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. 33 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. 33 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. 33 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. 33 e). 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. Para verano y otoño de 2001, las larvas llamadas como extemporáneas de los estadios intermedios y finales parece estar asociados con flujos que provienen del sur en la región sureña (Fig. 33 f, g y k).

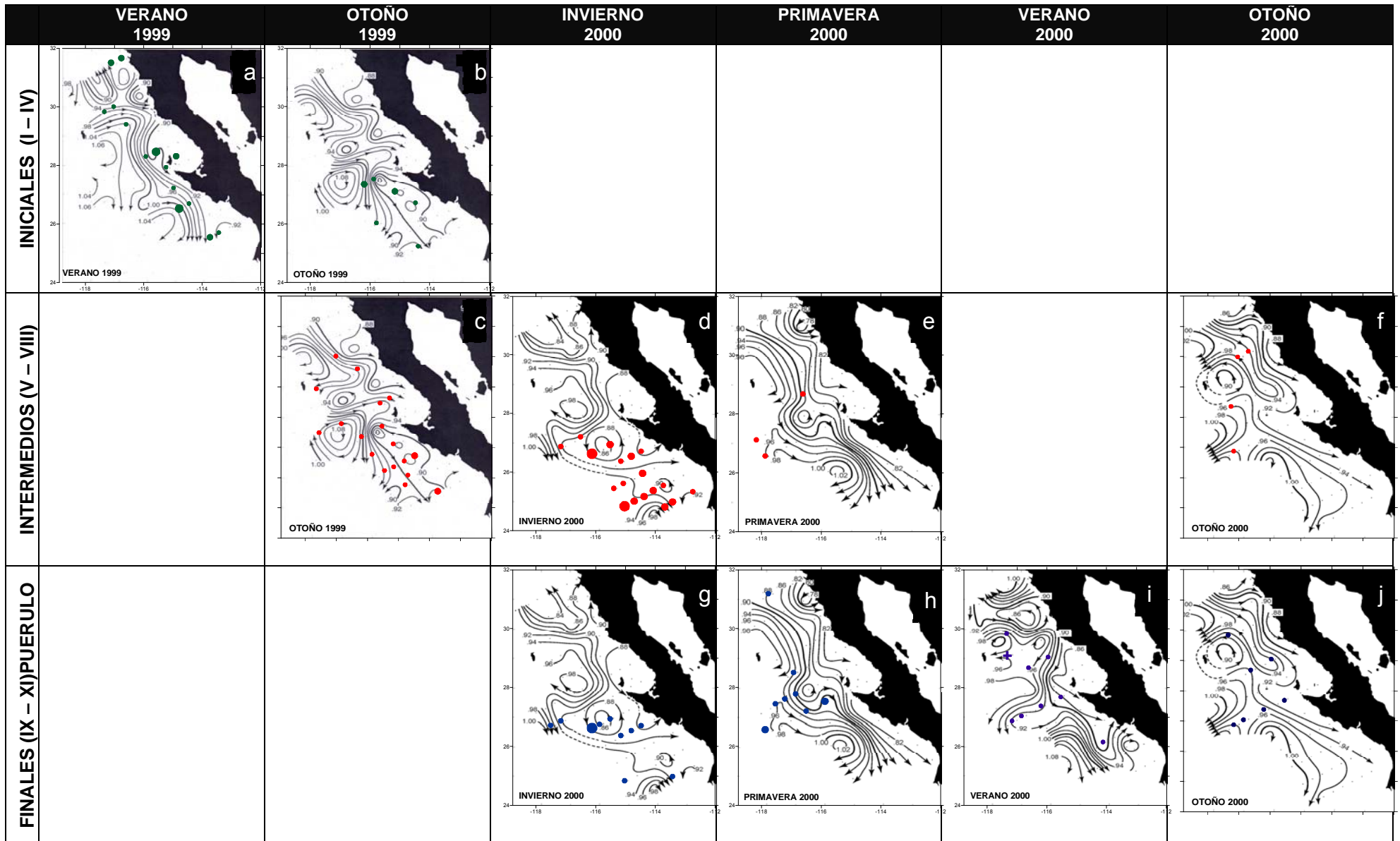


Figura 32.- Distribución de estadios larvarios y flujo geostrofico (500d/bares) para la clase anual 1.

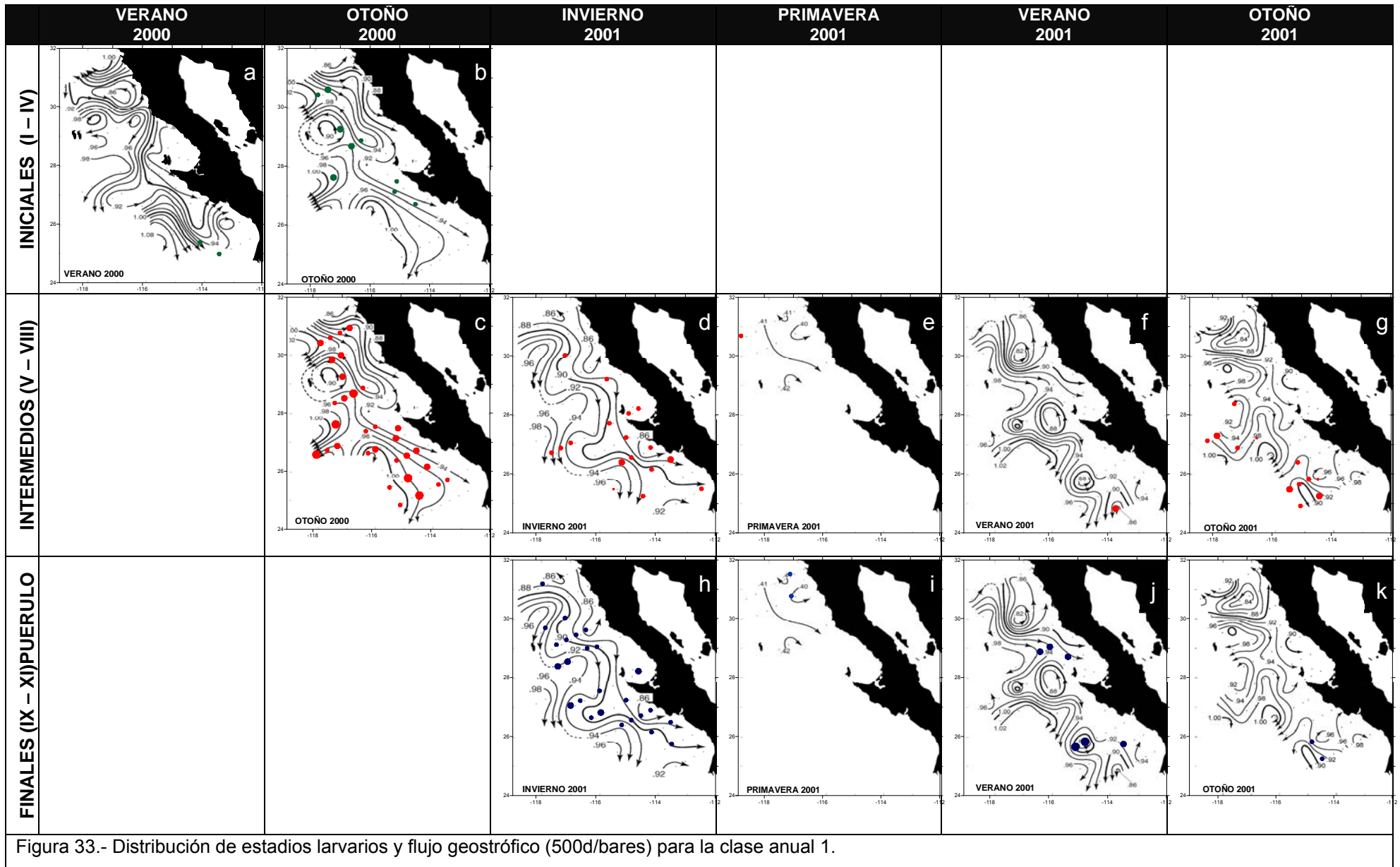


Figura 33.- Distribución de estadios larvarios y flujo geostrofico (500d/bares) para la clase anual 1.

DISCUSIÓN:

La langosta roja *Panulirus interruptus* es un importante recurso pesquero en las costas de California (EUA) y la Península de BC, México. Es una especie subtropical de ambientes templados (Castañeda-Fernández, 2005) cuyos adultos abarcan un importante rango de distribución desde Point Conception (incluyendo reportes en la Bahía de Monterey e incluso en San Francisco) en California, EU, hasta Bahía Magdalena en la Península de Baja California, México. Los centros de concentración para esta especie se han señalado en las regiones del Canal de Islas, EU, Isla Cedros y la parte central de la PBC en México (Johnson, 1960a; Pringle, 1986). Esta especie presenta un ciclo de vida complejo en el que se involucra una fase bentónica (adultos y juveniles) y otra planctónica (filosomas y puerulos). El estudio y seguimiento de esta última fase resulta esencial a fin de determinar su reclutamiento potencial con base en la abundancia de filosomas así como en la detección de áreas de desove y su posible desfaseamiento en espacio y tiempo.

La fase planctónica del ciclo de vida fue determinada por Johnson (1956, 1960a) quien identificó once estadios de desarrollo, los cuales fueron denominados del estadio I al XI mismos que alcanzan su desarrollo en $7 \frac{3}{4}$ meses. Johnson (1960b) y Pringle, (1986), establecieron los tiempos de permanencia de los estadios larvarios anteriores, mencionando que los estadios iniciales requieren un menor tiempo para alcanzar el siguiente estadio larvario. considera 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 el estadio X, se realizaría en un total de 230 días. Sin embargo. Este tiempo de desarrollo dado por los autores mencionados no es suficiente para completar la fase planctónica incluyendo los estadios XI y el puerulo.

En relación al periodo del año en el cual se presentan los estadios larvarios, se observó que solo es claro para los primeros (I, II) y para los últimos (X y XI) que se

registraron siempre durante el verano, no siendo posible distinguir límites definidos en cuanto a la temporada en la que la presencia de los estadios intermedios es evidente, Lo anterior coincide con el tiempo en el que se puede detectar la presencia de cada estadio de desarrollo en las colectas de plancton de acuerdo con Johnson (1960b), Este autor menciona que este tiempo va aumentando de los iniciales a los intermedios y disminuye nuevamente hacia los finales, pudiéndose registrar estadios iniciales durante entre 4 a 5 meses, para los intermedios 8 meses y en los finales alrededor de 6 (esto da una evidencia de la variabilidad en la duración en el desarrollo de los estadios larvarios) (Johnson, 1960b).

Las diferencias interanuales en relación con la presencia estacional de las filosomas registradas en este estudio, por ejemplo: la presencia de estadios iniciales I durante 1999, en relación con los años 2000 y 2001, cuando no se colectaron estos y fue evidente solo la presencia de estadios II y III, 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 la mayor presencia de filosomas estadio 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, marcándose lo que pudo ser apenas el inicio del proceso de eclosión. También cabe la posibilidad de que estos estadios no se lograron muestrear debido a que no se había llevado a cabo la eclosión, ó a que las filosomas se encontraban tan cerca de la costa, que la red de estaciones del programa IMECOCAL no alcanzó a muestrearlas. Esto de alguna manera explica las diferencias interanuales en la presencia de estadios iniciales entre los veranos estudiados.,

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) principalmente del estadio XI. Por otra parte, s diferencia de Johnson (1960 a y b) quien no obtuvo? O si obtuvo puerulos? para esta época, 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, es posible establecer que en el otoño se presentan todos los estadios filosoma coincidiendo con estudios previos (Johnson 1960b; Peñaloza, 2008). Esta condición se observó para el otoño de 2001, no así para 1999 donde no se presentó el estadio II y en 2000 los estadios I y II. Durante este estudio se observó que en esta temporada se da la conjunción de dos clases anuales, en donde una de ellas se caracteriza por una mínima presencia de estadios iniciales y una mayor presencia de estadios intermedios, y la otra clase anual conformada con el rezago y por una escasa presencia de estadios finales.

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 en estadios iniciales e intermedios. Lo anterior puede ser evidencia de un posible desfase del evento reproductivo de los adultos en la zona. Dado que las temperaturas influyen en la regulación del periodo reproductivo de *P. interruptus* y en los eventos El Niño las altas temperaturas promueven una madurez de los adultos y un evento de desove anticipados (Vega, 2003), entonces sucedería lo contrario durante los años influenciados por anomalías negativas. Las claras diferencias interanuales registradas durante el verano 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.

De acuerdo con Johnson (1960b), durante el invierno se presentan estadios intermedios y finales siendo más abundantes los estadios VIII. Durante el año 2000 y 2001 si bien la mayor abundancia se registró para los estadios VIII, se observó una ligera diferencia con la presencia mayoritaria de estadios VII – XI durante el 2001.

Durante la temporada de primavera de 2000 y 2001, fué característica la presencia de estadios finales, aunque todavía se registraron estadios intermedios con

muy baja abundancia. Lo anterior podría ser igualmente una evidencia en el retraso en el desarrollo larval, ya que Johnson (1960b) observó para esta época una dominancia de filosoma X. Para esta época se registran abundancias muy bajas de estos estadios, dadas por la efecto de mortalidad.

Por otra parte Johnson (1960), basándose en material planctónico recolectado en una serie de tiempo de 7 años (1949-1955), concluye que el tiempo de desarrollo larval completo del estadio I al XI de *P. interruptus* es de 7¾ meses; no obstante no reporta puerulos y señala que éstos son raros en el ambiente oceánico (Johnson, 1960b). Sin embargo existen antecedentes sobre el tiempo del ciclo de vida en otras especies de langostas en varias partes de mundo, como *P. japonicus* (Matzuda y Takenouchi 2007), calcularon la fase filosoma en un intervalo de 245 a 326 días (289 promedio) en condiciones de laboratorio; para *Jasus edwardsii* en Nueva Zelanda, de 12 hasta 24 meses (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 y Guisado, 1996). Rivera y Mujica (2004) en Chile, señalan que en las aguas oceánicas, la etapa larvaria de las especies de la familia Palinuridae varía de 11 a 17 estadios en un periodo entre 6 y 11 meses de vida planctónica respectivamente.

Aunque es difícil estimar el tiempo de permanencia 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 solo 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 la cual concluiría con la presencia de los estadios tardíos (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 puede sugerirse que éste tiene una duración de un año aproximadamente.

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 a un “año biológico” durante el desarrollo ontogénico larval. La presencia de los estadios larvarios I y II que indican un evento cercano a la eclosión, es lo que se tomó como el inicio de la clase anual, mientras que con la presencia del estadio larvario puerulo, se indicaría el final de la misma. Johnson (1960b) tomó como base las capturas mensuales de filosomas durante 7 años (1949-1955), para conocer la presencia cuantitativa de los estadios larvarios de *P. interruptus* y establecer clases anuales, identificando 6 completas (1949-1950; 1950-1951; 1951-1952; 1952-1953; 1953-1954; 1954-1955). Este autor señala que en la clase anual 1949-1950 fué evidente el final de una clase y en 1954-1955, el inicio de otra. Ortuño-Manzares (2003), menciona que hubo dos generaciones presentes durante el año 2000 con la presencia de estadios IX al XI (entre abril y julio) que le indicaron 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 en su estudio fueron completas (estadios I-XI y puerulo). Por su parte Peñaloza (2008) encuentra tres cohortes y de las cuales solo una es completa (1998-1999).

Con los resultados obtenidos en el presente estudio, 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 completas 1999-2000 y 2000-2001. Si bien no es posible establecer una comparación en la abundancia de estas clases anuales con las que determinó Johnson (1960b) debido a diferencias en la estandarización de los datos, el muestra

que dos de sus clases anuales fueron mas abundantes (1950-1951 y 1951-1952). Este autor explica que esta abundancia es el resultado de una exitosa sobrevivencia, evidenciada por una gran cantidad de estadios XI. En este sentido y haciendo una comparación entre nuestras clases anuales, podemos ver que la clase 2000-2001 fue más exitosa que las demás, si bien no se encontraron estadios iniciales, 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 se observa que los cruceros realizados en el otoño se pueden considerar como clave en la determinación del éxito reproductivo y de la fuerza de la cohorte larval en términos de abundancia.. Haciendo la comparación con lo obtenido por Peñaloza (2008), quien analizó la dinámica larval de la langosta roja en el área frente a la PBC en la transición de los eventos El Niño (1997-1998) y La Niña (1998-1999), que si bien no trabajó con clases anuales como las reportadas en el presente estudio, si muestra la importancia de los cruceros de esta temporada, como los más abundantes para los años 1997, 1998, y 1999, al igual que sucedió para los cruceros en otoño de 2000 y 2001 del presente estudio.

Las diferencias en la abundancia larval entre ambos estudios muestran que se encuentran en un orden de magnitud del doble o más, ya que Peñaloza (2008) reportó 532, 482 y 312 Org.s/10m² en 1997, 1998 y 1999 respectivamente, señalando que las mayores abundancias de filosomas en estadios intermedios registradas en otoño de 1997 correspondieron con el período de mayor intensidad de El Niño. En comparación, las abundancias de estadios larvarios de filosoma registradas para los años 2000 y 2001 con 1321 y 1234 Org./10m² respectivamente.

La distribución latitudinal de los estadios larvarios registrados durante los cruceros CalCOFI realizados entre 1949 y 1955 por Johnson (1960b), incluye desde San Francisco, EU, hasta más al sur de Cabo San Lucas (20° N). Este autor encuentra que la eclosión costera (lo cual se evidencia con la presencia de los estadios I) ocurre

desde Point Conception a Bahía Magdalena BC, México, con el centro de producción en 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 una deriva hacia el sur o suroeste, como resultado del flujo prevaleciente hacia el sur de la Corriente de California. A pesar de esta dispersión, Johnson nota que los últimos estadios quedan retenidos también en la porción central de la península, de ahí la importancia que tiene el área de estudio para esta pesquería.

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. En los estudios de Ortuño-Manzanares (2003) y Peñaloza (2008), no se definió un patrón de distribución particular. Sin embargo, si se observa un transporte de los estadios larvarios hacia el sur, prevaleciendo los estadios finales hacia la región cercana a la parte central de la península. Peñaloza (2008) señala tres zonas de eclosión de la langosta roja con base en la presencia de estadios iniciales: la primera de Ensenada a Punta Baja, una segunda entre las estaciones cercanas a isla Cedros y una tercera al sur de Punta Eugenia, y señala que Pérez *et al.* (2001) menciona la presencia de tres subpoblaciones 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 pudieran estar relacionadas con la presencia de los centros de eclosión encontrados durante 1997 a 1999. Sin embargo, García-Rodríguez (2006) utilizando técnicas genéticas, encuentra una baja diferenciación genética de *P. interruptus* en esa zona 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, sería suficiente para apoyar la existencia de transporte larvario entre las regiones norte, centro y sur, considerando que la dispersión larval, podría ser la vía más importante para el intercambio genético y la homogeneización de las poblaciones. Este autor establece 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 del presente estudio evidenciaron la presencia de los estadios VIII-XI, durante los otoños de 2000 y 2001, que siguiendo lo establecido por Johnson (1960b) y Pringle (1986), no pertenecen a la clases anuales respectivas por su tiempo de desarrollo y estas además se encontraron en las estaciones más sureñas del área de estudio, esto podría indicar que su procedencia es de desoves de individuos mas sureños y que la contracorriente, la cual fluye pegada a la costa en sentido norte, pudiera transportarlas desde estas 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 (estaciones 40-80), lo anterior puede ser explicado en el sentido a que la red de estaciones IMECOCAL, esta diseñada para hacer básicamente muestreos oceánicos. En este sentido Peñaloza (2008) señala que los estadios iniciales se encontraron cercanos a la costa, mientras que los estadios intermedios y finales no mostraron un patrón definido.

En lo relativo al estadio larvario puerulo, estos se recolectaron durante el verano de ambas clases anuales en estaciones oceánicas. En la CA-1 este estadio se localizó mas alejado de la costa que el mismo estadio de la CA-2 el cual se encontró muy cercano al límite entre la zona costera y la oceánica. Peñaloza (2008) reporta que los puerulos encontrados en la misma temporada en el límite entre la zona oceánica y la zona costera indican el retorno hacia la costa para su asentamiento. Este hecho pudiera estar evidenciando que la metamorfosis filosoma-puerulo, se lleva a cabo en zonas alejadas de la costa.

Johnson (1960a y b) no reporta puerulos para los 7 años de muestreo, estableciendo que estos se realizaron a profundidades entre los 70 m (antes de 1951) y hasta 140 m (posteriores a 1951). Sin embargo señala que es difícil encontrarlos en el

ambiente oceánico y es probable que estos organismos se encuentren a mayores profundidades, asumiendo que están mas asociados al fondo. En estudios posteriores, los captura en muestreos nocturnos en aguas costeras poco profundas y atrayéndolos mediante iluminación artificial. La aseveración anterior probablemente sea cierta ya que la profundidad a la cual se realizan los arrastres en el Programa IMECOCAL (con hallazgos de puerulos), alcanza los 200 m. Booth y Phillips (1994) mencionan que puerulos de *P. parkeri* han sido reportados en aguas con profundidades de 360 – 420 m. 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, ajustándose a la red de estaciones IMECOCAL solo permite ubicar a que distancia se encuentran los organismos con respecto a la costa.

La costa occidental de la península de Baja California, tiene la influencia de dos corrientes dominantes; la Corriente de California y la Contracorriente Norecuatorial (CCNE), ambas con propiedades físicas y químicas particulares, con influencia y variación estacional e interanual en sus características oceanográficas, tal como los giros oceánicos, filamentos, frentes y procesos de surgencias, (Wyrki, 1967; Hickey, 1979; Lynn y Simpson, 1987; Parés-Sierra, *et al* 1997). Ambas corrientes han sido documentadas principalmente por su dinámica física, por la conexión entre la circulación oceánica y la influencia de los vientos superficiales provenientes del norte-noroeste (Sverdrup *et al.*, 1942; Martínez-López, 1993; Espinosa-Carreón *et al.*, 2004), generando los sistemas de afloramiento en la zona, los cuales exhiben una variabilidad importante a diversas escalas de espacio y tiempo (Martínez-López, 1993).

Desde un punto de vista oceanográfico, y como resultado de esta convergencia de agua subártica de la CC con el agua cálida de la CCNE, la costa occidental de la península reviste importancia al considerarse como una zona de transición. En este sentido, Brinton (1962) reconoce a la región como parte de la zona biogeográfica de transición, ubicada entre los 40° y los 25° N, con base en la distribución de eufáusidos. 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 y 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 un área extensa, encontrándose 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 7 $\frac{3}{4}$ meses, él observó dentro de las capturas a lo largo de los 7 años que trabajo 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 serian 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), 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 misma.

Es evidente el hecho que debido a la amplitud en el ciclo larvario de *P. interruptus*, cada fase de desarrollo se ve sometida a una diferente condición climática y oceanográfica, pasando por las cuatro estaciones del año, considerando que la duración del ciclo desde la eclosión hasta el puerulo es anual. De esta manera los primeros estadios al presentarse en verano-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 intermedios a finales estarían bajo la influencia de las condiciones de invierno-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 ultimo los estadios finales y puerulo, se ven influenciados por las condiciones de verano. Es evidente que las condiciones estacionales se van haber 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.

Los análisis de componentes principales mostraron la segregación de los estadios iniciales, intermedios y finales a diferentes intervalos de las variables

ambientales analizadas. relacionándose el cambio estacional en el cual cada uno de ellos aparece, manifestándose en el promedio e intervalo mínimo y máximo de las variables. En este sentido la CA-1 se vio influenciada por el evento de enfriamiento de 1999, con lo que la condición oceanográfica estacional, en la que se podrían encontrar los estadios, se vio modificada, esto se aprecia mas claramente en las lecturas de temperatura donde los primeros estadios aparecen, siendo más fría a lo esperado para ésta época de verano-otoño. 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), apreciándose en los promedios de cada variable para cada uno de los estadios larvarios, según como aparecen de manera estacional y de acuerdo al desarrollo ontogénico larval.

En base a lo anterior es importante señalar que la información generada en relación a la respuesta biológica de especies marinas sujetas a la influencia de la variabilidad climática, originan cambios en los componentes de las poblaciones, así como en la estructura de los ecosistemas marinos (McGowan *et al.*, 1998; Bograd *et al.*, 2001; Harley *et al.*, 2006), dando como resultado, que las especies muestren una respuesta determinada, acorde con el desarrollo de las fases del ciclo de vida (Duthit *et al.* 2008) y por tanto el impacto de los eventos de éstos cambios determina en gran medida el éxito reproductivo de especies marinas (Hayward *et al.*, 1999).

Observando las anomalías generadas por el Índice Multivariado del ENSO (McClatchie *et al.*, 2008) para el periodo de 1997 a 2001, se aprecian dos condiciones, una 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 otro de calentamiento (Fig. 34). En este sentido y tomando en cuenta la abundancia larvaria, podemos observar dos gradientes en los mismos periodos, el de 1997 a 1999 cuando se encontró un gradiente de abundancia que va de mayor a menor (Peñaloza 2008), mientras que en el periodo de 1999 a 2001 la abundancia fue de menor a mayor (este estudio). Con esto se puede apreciar que los cambios entre condiciones cálidas a frías y viceversa, afectan el potencial reproductivo y con esto la abundancia larvaria, que se ve

favorecida cuando el gradiente va de frío a cálido. Observando los datos de Johnson (1960b) de 1949 al 1955, se observa que las clases anuales 1950-1951 y 1951-1952, fueron las más abundantes durante los 7 años de estudio. En este periodo se observa que existe una transición de una condición fría a una cálida. A pesar de los pocos antecedentes existentes, esto parece sugerir que *P. interruptus* se ve favorecida por este cambio de condición con una reproducción más exitosa con la generación de cohortes larvarias más abundantes, aunado a un éxito en la sobrevivencia. De esta manera, se puede sugerir que no es propiamente la condición establecida en los eventos El Niño o La Niña los que favorezcan la abundancia larval (Peñaloza 2008), sino mas bien son las condiciones que se establecen durante la transición de condiciones frías a condiciones cálidas.

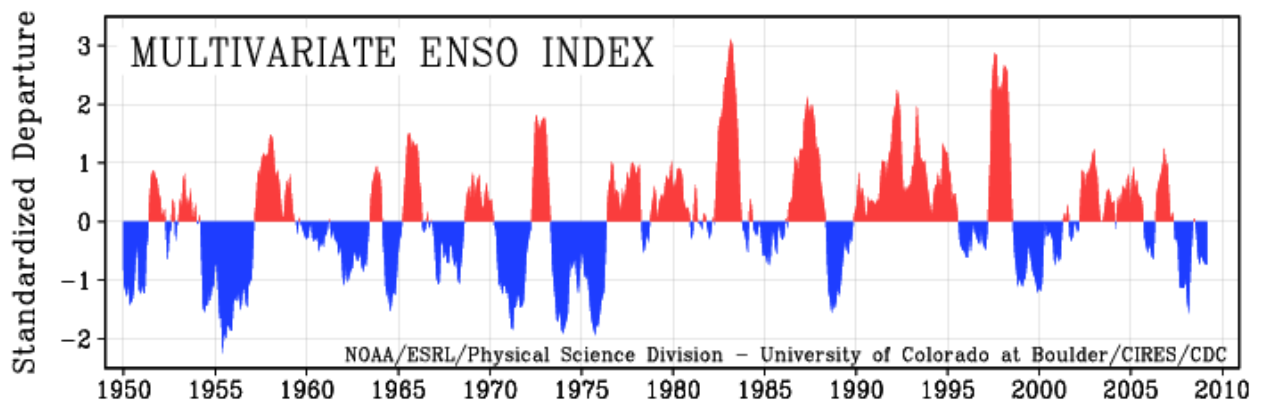


Figura 34.- Índice multivariado El Niño/Oscilación del Sur (ENSO).

CONCLUSIONES

1. El periodo del año en el cual se presentan los estadios larvarios, solo es claro para los primeros (I y II) y últimos (X y XI), no siendo posible distinguir límites definidos en la presencia de los estadios intermedios.
2. En verano se presentan estadios filosoma iniciales, finales y puerulo, en otoño se presentan todos los estadios filosoma con mayor abundancia los estadios intermedios y la conjunción de 2 clases anuales. en invierno se presentan estadios intermedios y finales, y en primavera es característica la presencia de estadios finales, aunque todavía se registran estadios intermedios.
3. Se identificaron 4 clases anuales, por la evidencia de los estadios iniciales, finales y puerulos en el verano de 1999, 2000 y 2001, lo que permite establecer que el ciclo de desarrollo larval es de aproximadamente un año.
4. 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 de la fuerza de la cohorte larval.
5. Contrario a lo que se pensaba de que los años con evento El Niño favorecían la abundancia de larvas filosoma, los años con influencia de condiciones frías La Niña, resultaron con abundancias en órdenes de magnitud de más del doble.
6. 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 la propia variabilidad interanual de procesos de calentamiento, enfriamiento o “normalidad” en la costa occidental.
7. La distribución de los estadios larvarios estuvo influenciada durante el periodo 1999-2000 por la dinámica de la Corriente de California, y los giros en la parte central de la península.

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 determinar 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. 91 p.

Arteaga-Ríos L.D., J. Carrillo-Laguna., J. Belmar-Pérez & S. Guzmán-del Próo. 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 Próo. 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/SI*.

Ayala M. Y. 1976. Aspectos biológicos de la langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall, 1840) del área comprendida entre Punta Malarrimo y La Labera (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, 1990-2000. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigate 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: decapada: *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.

Briton, 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-Fernandez-de-L.V., E. Serviere-Zaragoza., S. Hernández-Vazquez & M.J. Butler IV. 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., 2001. The state of the California current, 2000-2001. A third Straight La Niña year. California Cooperative Oceanic Fishery Investigate 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., Strub .T., Beier. E., Ocampo-Torres. F., & Gaxiola-Castro. G. 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 Fishery Investigate Report, Atlas 2, 313 pp.

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.

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 p.

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

Kitaka, J. 1994. Culture of Phyllosomas on 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, E. 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. 1997. Abundancia y dispersión de filosomas de *Panulirus* (Decapoda: Palinuridae) en 1989-1992, en la bahía de Mazatlán, Sinaloa. Tesis de Maestría, FACIMAR-UAS. 88p.

Muñoz-García, I., Pérez-González, R., Flores-Campaña, L. M. & Borrego, M. I. 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.

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

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 larva 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.

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

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

Schwing et al 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. 2000 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 Tecnico de Pesca,175p.

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

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.; 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. *En*: Diagnóstico del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Programa México / FAO, SEMARNAP. Gobierno de B.C.S. 227-261 pp.

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.