



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LARVAS
DE LANGOSTA ROJA (*Panulirus interruptus*) EN
LA COSTA OCCIDENTAL DE LA PENÍNSULA
DE BAJA CALIFORNIA DURANTE 2006-2008.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA DE CIENCIAS EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

JOSÉ ALFREDO RUIZ CHAVARRÍA

LA PAZ, B.C.S., JUNIO DE 2013.



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 30 del mes de Mayo del 2013 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 titulada:

**"DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LARVAS DE LANGOSTA ROJA (*Panulirus interruptus*)
EN LA COSTA OCCIDENTAL DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA DURANTE 2006-2008"**

Presentada por el alumno:

RUIZ Apellido paterno	CHAVARRÍA materno	JOSÉ ALFREDO nombre(s)
Con registro:		
A	1	1
0	4	5
3		

Aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis

Rogelio G. A.
DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS
Director de Tesis

REYES FORTES
DR. REYES FORTES RODRÍGUEZ
P. Director de Tesis

GERMAN PONCE DIAZ
DR. GERMAN PONCE DÍAZ

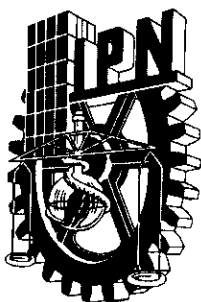
SERGIO ANTONIO GUZMAN DEL PROO
DR. SERGIO ANTONIO GUZMÁN DEL PROO

RDURAZO
DR. REGINALDO DURAZO ARVIZU

MARIA MARGARITA CASAS VALDEZ
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES
DRA. MARIA MARGARITA CASAS VALDEZ



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 2013
el (la) que suscribe BIÓL. JOSÉ ALFREDO RUIZ CHAVARRÍA alumno(a) del
Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS
con número de registro A110453 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:
DR. ROGELIO GOZNÁLEZ ARMAS Y DR. RENÉ FUNES RODRÍGUEZ
y cede los derechos del trabajo titulado:

"DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LARVAS DE LANGOSTA ROJA (*Panulirus interruptus*)
EN LA COSTA OCCIDENTAL DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA DURANTE 2006-2008"

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. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: jarch_06@hotmail.mc - rarmas@ipn.mx - rfunes@ipn.mx

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

BIÓL. JOSÉ ALFREDO RUIZ CHAVARRÍA

nombre y firma

DEDICATORIA

A mis padres

José Alfredo Ruiz Moroyoqui y Lourdes Aidé Chavarría Leyva

*Por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica y personal. Por su incondicional apoyo perfectamente mantenida a través del tiempo.
Muchas gracias papas.*

A mis hermanas

Eli y Lulú

A mis primos (a)

Rodrigo, Uriel, Yeni y Gladis

A mi amor

Karina Alpizar González

Gracias por brindarme su tiempo, comprensión y amor.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional (IPN), al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) por permitirme realizar la presente investigación dentro de sus instalaciones.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), al Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI) y a la Beca Tesis por el apoyo concedido a través de sus becas para llevar a cabo mis estudios de maestría. Así como a la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas del IPN (COFAA) por el apoyo otorgado para la asistencia a congresos. A los proyectos (SIP) apoyado por mi director de tesis.

A mis directores de tesis Dr. Rogelio González Armas y Dr. René Funes Rodríguez por brindarme su confianza y su conocimiento, así como, su amistad.

A mi comité revisor Dr. Sergio Guzmán del Proó, Dr. Reginaldo Durazo Arvizu y Dr. German Ponce Díaz por sus sugerencias y aportaciones referentes a mi tesis.

Al personal administrativo y docente del CICIMAR-IPN por todo su apoyo y comprensión, en especial al departamento de Servicios Escolares y Biblioteca quienes en todo momento mostraron la mejor disposición de ayudar.

A mis amigos María Teresa Peiro Alcantar, Gladys Cota Hernández, Fernando Sánchez Lindoro, Diego Gámez Soto, Juan Agustín Velasco García, Yazmín Vázquez Vega, Francisco Barrón, Francisco Mendoza, Itzel García Kauffman, Martin Hernández Rivas y Ricardo Saldierna Martínez por su amistad, sus consejos en mi estancia en la maestría y sus regaños. Les agradezco por tener confianza en mí.

A mis compañeros y amigos de la maestría.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	II
LISTA DE TABLAS.....	IV
GLOSARIO.....	IV
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3.1 Condiciones oceanográficas.....	9
5. HIPÓTESIS	13
6. OBJETIVOS	13
6.1 Objetivo general.....	13
7. MATERIALES Y MÉTODOS	14
8.1.2 Temperatura, salinidad y masas de agua	20
8.2 Análisis de Correspondencia Canónica (CCA)	21
8.2.1 Periodo frío	22
8.2.2 Periodo cálido	22
8.3 Abundancia temporal (estacional e interanual).....	27
8.4 Abundancia total	28
8.5 Abundancia por estadios (FI-FXI+puerulo)	29
8.6 Distribución espacial de los estadios de desarrollo (FI-FXI+puerulo) en relación a flujos geostróficos y la TSM	34
9. DISCUSIÓN	41
10. CONCLUSIONES.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio y red de estaciones de muestreo del programa IMECOCAL, durante el ENSO 2006-2008. La flecha color azul indica la Corriente de California (CC), la flecha color rojo y rosa representan a la Contra Corriente de California (CCC) (roja, superficial costera y rosa, profunda oceánica), los giros de color amarillo indican un anticiclónico y los verdes un ciclónico.....	8
Figura 2. Anomalías de los eventos El Niño y La Niña.....	10
Figura 3. a) Índice Multivariado del ENSO. Las líneas punteadas indican el periodo 2006-2008, de este estudio. b) indica los valores de anomalía del Índice Multivariado ENSO.....	12
Figura 4. 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).....	17
Figura 5.- Características morfológicas de los diferentes estadios de larvas filosomas (<i>Panulirus interruptus</i>).....	18
Figura 6. División de regiones y zonas. La línea continua indica la región costa-oceano del plan de estaciones de muestreo del programa IMECOCAL. Las líneas punteadas delimitan las zonas norte, centro y sur.....	19
Figura 7. Abundancia de larvas de langosta roja a 10m ² de superficie marina con respecto a la temperatura y salinidad durante 2006-2008. Las burbujas determinan un valor relativo en una escala de 3-931 org./10m ² . Agua Sub Ártica (SAW), Agua Transicional (TrW), Agua Tropical (TSW), Agua Sub Tropical Superficial (StSW) y Agua Ecuatorial Sub Superficial.....	21
Figura 8. Biplot del CCA, para estaciones y variables ambientales y espaciales (temperatura y salinidad superficial, oxígeno, sigma t, "spiciness", altura dinámica, biomasa del zooplancton) (latitud, longitud y profundidad de estación), de los diez cruceros. Los vectores indican las variables ambientales.....	24
Figura 9. Dendrograma de similitud de Bray Curtis 2006-2008.....	25
Figura 10. Biplot del CCA, para los estadios de desarrollo de <i>P. interruptus</i> (FI-FXI+puerulo) y las variables ambientales y espaciales (temperatura y salinidad superficial, oxígeno, sigma t, "spiciness", altura dinámica, biomasa del zooplancton) (latitud, longitud y profundidad de estación), encontradas en los diez cruceros. Los vectores indican las variables ambientales.....	27
Figura 11. Abundancia relativa de larvas filosomas por estadio de desarrollo y la fase de puerulo (FI-FXI+puerulo) para cada temporada del año.....	28

Figura 12. Abundancia total (todos los estadios FI-FXI+puerulo) durante el periodo 2006-2008. a) región océano norte, b) región océano centro, c) región océano sur; d) región costa norte, e) región costa centro, f) región costa sur. La línea continua color rojo indica la temperatura superficial, la franja de color rojo indica la anomalía del evento El Niño y la franja de color azul indica la anomalía del evento La Niña.....29

Figura 13. Abundancia total de estadios iniciales (FI-FIV) durante el periodo 2006-2008. a) región océano norte, b) región océano centro, c) región océano sur; d) región costa norte, e) región costa centro, f) región costa sur. La línea continua color rojo indica la temperatura superficial, la franja de color rojo indica la anomalía del evento El Niño y la franja de color azul indica la anomalía del evento La Niña.....30

Figura 14. Abundancia total de estadios intermedios (FV-FVIII) durante el periodo 2006-2008. a) región océano norte, b) región océano centro, c) región océano sur; d) región costa norte, e) región costa centro, f) región costa sur. La línea continua color rojo indica la temperatura superficial, la franja de color rojo indica la anomalía del evento El Niño y la franja de color azul indica la anomalía del evento La Niña.....31

Figura 15. Abundancia total de estadios finales (FIX-FXI) durante el periodo 2006-2008. a) región océano norte, b) región océano centro, c) región océano sur; d) región costa norte, e) región costa centro, f) región costa sur. La línea continua color rojo indica la temperatura superficial, la franja de color rojo indica la anomalía del evento El Niño y la franja de color azul indica la anomalía del evento La Niña.....32

Figura 16. Abundancia total de puerulos durante el periodo 2006-2008. a) región océano norte, b) región océano centro, c) región océano sur; d) región costa norte, e) región costa centro, f) región costa sur. La línea continua color rojo indica la temperatura superficial, la franja de color rojo indica la anomalía del evento El Niño y la franja de color azul indica la anomalía del evento La Niña.....33

Figura 17. Distribución espacial de los estadios intermedios (V-VIII) durante invierno. a) 2006, b) 2007, c) 2008.....35

Figura 18. Distribución espacial de los estadios finales (IX-XI) durante invierno. a) 2006, b) 2007, c) 2008.....35

Figura 19. Distribución espacial de los estadios intermedios (V-VIII) durante primavera. a) 2006, b) 2007, c) 2008.....37

Figura 20. Distribución espacial de los estadios finales (IX-XI) durante primavera. a) 2006, b) 2007, c) 2008.....37

Figura 21. Distribución espacial de puerulos durante primavera 2008.....	38
Figura 22. Distribución espacial de los estadios iniciales (I-IV) durante verano. a) 2006, b) 2007, c) 2008.....	39
Figura 23. Distribución espacial de los estadios intermedios (V-VIII) durante verano. a) 2006, b) 2007.....	39
Figura 24. Distribución espacial de los estadios finales (IX-XI) durante verano. a) 2006, b) 2007, c) 2008.....	40
Figura 25. Distribución espacial de puerulos durante verano. a) 2007, b) 2008....	40
Figura 26. Distribución espacial de todos los estadios (I-XI+puerulo) durante otoño 2008. a) iniciales (I-IV), b) intermedios(V-VIII), c) finales(IX-XI), d) puerulos.....	42

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.- Relación de los cruceros realizados con fecha, temporadas, y número de estaciones muestreadas.....	15
Tabla 2. Valores de correlación de las variables ambientales con respecto a los ejes. Los eigenvalores y la varianza explicada (%) con un análisis de correspondencia canónica usando la abundancia de larvas filosomas + puerulos y parámetros ambientales (temperatura superficial, salinidad, oxígeno, sigma t, spiciness, altura dinámica y biomasa del zooplancton) así como variables espaciales (latitud, longitud y profundidad de estación) durante el periodo de 2006-2008.....	26

GLOSARIO

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

Abundancia relativa: Relación porcentual de una especie o grupos de especies con respecto al tamaño total de la muestra, puede expresarse numéricamente y/o en peso.

Análisis de Correspondencia Canónica (CCA): Es una técnica de análisis estadístico que identifica la base ambiental para la ordenación de la comunidad mediante la detección de los patrones de variación en la composición de la misma, los cuales pueden ser mejor explicados por las variables ambientales.

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.

Dendrograma: Diagrama que muestra las relaciones jerárquicas producidas por una clasificación jerárquica.

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.

ENSO (El Niño Oscilación del Sur): Es una perturbación del sistema acoplado océano – atmósfera en el Pacífico Tropical que tiene importantes consecuencias en la circulación atmosférica global. Consiste en una interacción compleja entre el Océano Pacífico tropical y la atmósfera. En este fenómeno la componente oceánica es El Niño y la atmosférica es la Oscilación del Sur.

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

Filosoma (larva de langosta): Proviene del griego phyllos = hoja, soma = cuerpo. Primera forma larvaria de las langostas aplanada dorsoventralmente y parecida a una hoja, es transparente y presenta apéndices setosos. Es de hábitos planctónicos, lo que le permite una amplia dispersión.

La Niña: Se refiere a un período con temperatura superficial del mar anómalamente fría en el Océano Pacífico Ecuatorial, en sus porciones occidental y central, asociado a una inusual baja presión atmosférica hacia el oeste de la línea internacional del tiempo y una presión atmosférica alta al este de la misma.

Metamorfosis: El cambio marcado en la forma que se produce entre las fases del ciclo vital durante el desarrollo de la mayoría de los crustáceos.

Puerulo: Segunda fase larvaria de las langostas. Representa el punto de transición entre la fase planctónica (filosoma) y la fase bentónica o juvenil. El cuerpo está deprimido, presenta un caparazón desprovisto de espinas y poco calcificado y presenta pleópodos muy desarrollados. Mide de 2 a 3 cm. aproximadamente.

DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LARVAS DE LANGOSTA ROJA (*Panulirus interruptus*) EN LA COSTA OCCIDENTAL DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA DURANTE 2006-2008.

RESUMEN

La distribución y eventos reproductivos de la langosta roja, *Panulirus interruptus*, están relacionados con cambios en las características hidrodinámicas y ambientales que le confiere la presencia de corrientes oceánicas y sus propiedades físico-químicas particulares en la costa occidental de la Península de Baja California. Durante el presente estudio se analizó la distribución de la abundancia de larvas filosomas, durante el periodo 2006-2008. El material biológico proviene de 666 muestras recolectadas en diez cruceros (IMECOCAL) con periodicidad estacional de febrero de 2006 a octubre de 2008. La variabilidad interanual (2006-2008) mostró un incremento de la abundancia, en 2007, con mayor abundancia de larvas filosomas en verano. Las larvas filosomas fueron más abundantes en la región oceánica de las tres zonas (norte, centro y sur), donde ocurrieron todas las fases de desarrollo, iniciales (I-IV), intermedios (V-VIII), finales (IX-XI), y puerulos, excepto por un incremento de iniciales en la zona sur-costera (frente San Juanico) en 2007. Los estadios iniciales ocurren en verano-otoño en todas las zonas, con la mayor abundancia en la zona del sur. Los resultados del presente estudio muestran que las abundancias de larvas filosomas incrementaron en más del 50%, con respecto a un evento de calentamiento El Niño intenso (1997-1999), y de un 30% si se compara con un evento de enfriamiento La Niña intenso (1999-2001). La mayor densidad de larvas filosomas ocurrió en un agua Transicional (TrW), relativamente cálida (21-25°C), mientras que la ocurrencia fue mayor, aunque en baja abundancia en la masa de agua Subártica (SAW) de menor temperatura (14 a 21°C). El análisis de correspondencia canónica (CCA) permitió determinar dos periodos (cálido y frío): en el periodo cálido, los estadios iniciales e intermedios (FI-FVI) que son más abundantes en un ambiente de mayor TSM y spiciness, y por el contrario, los estadios más avanzados (FIX-FXI) fueron relacionados con agua de mayor concentración de oxígeno disuelto y sigma t . El transporte y retención de larvas filosomas es influenciada por giros de mesoescala, meandros, contracorrientes y corrientes superficiales. En estos giros existió un traslape de diferentes estadios de desarrollo de larvas filosomas, aunque estas fueron escasas dentro de los giros durante el verano. Sin embargo, el flujo geostrófico en dirección al ecuador durante el periodo 2006-2008, permite suponer que el transporte es el principal mecanismo de distribución.

Palabras clave: Langosta roja, Larvas filosomas, Baja California, Distribución, Flujo geostrófico.

DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF SPINY LOBSTER LARVAE (*Panulirus interruptus*) ON THE WEST COAST OF THE PENINSULA OF BAJA CALIFORNIA DURING 2006-2008.

ABSTRACT

Off the west coast of the Baja California Peninsula, the distribution and reproductive events of the spiny red lobster, *Panulirus interruptus*, are related to changes in hydrodynamic and environmental characteristics conferred by the presence of ocean currents and their specific physical-chemical properties. In this study the distribution of phyllosoma larvae abundance is examined during the period 2006-2008. The biological material was obtained from 666 zooplankton samples collected seasonally along ten oceanographic cruises of the IMECOCAL program between February 2006 and October 2008. The interannual variability (2006-2008) showed an increase in abundance in 2007, registering, the high abundance of phyllosoma larvae in summer. Phyllosoma larvae were more abundant in the oceanic region of the three zone (north, center and south), which occurred all phases of development, initial (I-IV), intermediate (V-VIII), end (IX-XI) and puerulus, except for initial increase in the zone south-coastal (versus San Juanico) in 2007. The initial stages occur in summer-autumn in all zone, however, the southern area was more abundant. The results of this study show that the abundance of phyllosomas larvae increased over 50%, with respect to an event El Nino intense heating (1997-1999), and 30% when compared with the cooling event La Niña intense (1999-2001). The highest density of phyllosomas larvae in a water Transitional occurred (TrW), relatively warm (21-25 ° C) while the occurrence was higher, although low abundance in the body of Water Subarctic (SAW) of lower temperature (14 at 21 ° C). The canonical correspondence analysis (CCA) allowed to identify two periods (warm and cold) in the warm period, the initial and intermediate stages (FI-FVI), which are more abundant in an environment of increased SST and spiciness, and conversely, the most advanced stages (FIX-FXI) were related to higher water concentration of dissolved oxygen and sigma *t*. Transport and retention phyllosoma larvae is influenced by mesoscale eddies, meanders, undercurrent and surface currents. In these eddies existed is an overlap of different stages of larval development phyllosomas, although these were few in turns during the summer. However, the geostrophic flow in the direction of Ecuador during the period 2006-2008, suggests that transport is the main distribution mechanism.

Keywords: Red Lobster, phyllosoma larvae, Baja California, Distribution, Geostrophic flow.

1. INTRODUCCIÓN

En el litoral del Pacífico Mexicano existen cuatro especies de langostas que pertenecen a la familia Palinuridae (langosta espinosa), *Panulirus interruptus* (roja) (Randall, 1840), *P. gracilis* (verde) (Streets, 1871), *P. inflatus* (azul) (Bouvier, 1895), y *P. penicillatus* (Olivier, 1791). De estas especies, la langosta roja representa el 95% de la producción total de la pesquería de langosta. La distribución de langostas espinosas ocurre en aguas tropicales y subtropicales de ambos litorales mexicanos (Gracia y Kensler, 1980). *P. interruptus* presenta una distribución restringida desde San Luis Obispo, E.U.A. (35° N), hasta San Gregorio en Baja California Sur, México (26° N) (Johnson, 1971). Estudios recientes han demostrado que también se pueden encontrar en áreas más sureñas (El Conejo, Todos Santos) cercanas a Cabo San Lucas, y en algunas partes de la costa oeste-centro del Golfo de California (Vega Velázquez *et al.*, 2006). Su explotación está considerada como una pesquería estable, con un ligero potencial de desarrollo (Johnson, 1971; Vega-Velázquez *et al.*, 1996, 2010).

El aprovechamiento de la langosta está regulado por una serie de medidas establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-PESC-006-1993 (Diario Oficial de la Federación, 31-12-1993 y 31-04-1995) entre ellas la talla mínima legal de captura de la langosta roja *P. interruptus* (82.5 mm longitud de cefalotórax (LC)) y veda temporal, que tienen como objetivo asegurar la protección del desove y reclutamiento anual a la pesquería (Vega-Velázquez y Espinoza G., 2005).

En México, la explotación comercial de langosta ocupa el cuarto lugar de producción y de importancia económica entre los crustáceos después del camarón, la jaiba y los langostinos (Muñoz-García, 2008). De las cuatro especies que se explotan comercialmente en el Pacífico Mexicano, *P. interruptus* es un recurso de exportación y acreditado como pesquería sustentable y eco certificada. Su primera certificación como un recurso sustentable bajo el estándar de Marine Stewardship Council (MSC) fue obtenido en abril de 2004 (Almendarez, 2006), y su re-certificación en Agosto de 2011. *P. interruptus* es la especie más abundante

y de mayor valor en el mercado, con una producción promedio de 1,415 t, con un máximo histórico de 1,600 t en la temporada 2000-2001 (SAGARPA. 2004; Vega-Velázquez, 2010). Los datos de la temporada 2011-2012 reportan que alcanzó una producción de 2,000 t con un valor cercano a los 65 millones de dólares.

En el caso de las langostas del género *Panulirus*, el comportamiento durante su ciclo de vida presenta diferentes adaptaciones a nichos ecológicos que dificultan su conocimiento (Phillips y Sastry, 1980). La larga vida pelágica y la morfología, característica de la fase larvaria filosoma, le confiere una gran dispersión que generalmente no va más allá de los límites geográficos de la distribución de los adultos. Tal dispersión está en función de la dinámica oceanográfica, como la Corriente de California, la Contra Corriente de California, remolinos y meandros (Phillips y Sastry, 1980; George y Main, 1967; Muñoz-García, 2008).

El ciclo de vida de *P. interruptus* es muy complejo y lo podemos dividir en tres fases para su estudio. La primera fase que corresponde a los adultos es totalmente bentónica. Los huevos de las hembras durante el apareamiento, son fecundados y salen del gonoporo localizado en la base del tercer par de pereiópodos y pasan sobre el espermatóforo dejado por el macho. En ese momento, la hembra rasca el saco espermático con las quelas del quinto par de pereiópodos y libera los espermatozoides que fertilizarán a los óvulos. Los huevos son depositados en los pleópodos de la hembra los cuales se unen por medio de pelos muy finos. Durante el desove, los huevecillos son expulsados en dos o tres paquetes, con un período intermedio de descanso cada uno (Buesa, 1965). El número de huevecillos puede ser variable, entre 50,000 y cerca de dos millones dependiendo del tamaño de la hembra y la especie en cuestión (Lindberg, 1955; Buesa, 1965; Pineda *et al* 1981). El período de incubación de los huevos es de 9 a 10 semanas en *P. interruptus* (Johnson, 1951; Lindberg, 1955), tiempo en el que la langosta carga los huevos en el abdomen. Los huevecillos de la langosta eclosionan en intervalos en un período de 3 a 5 días (Buesa, 1965).

La segunda fase denominada filosoma, es pelágica. Las larvas filosomas son transparentes con cuerpo aplanado dorso-ventralmente, característica que facilita aparentemente su desplazamiento en la columna de agua (Johnson, 1956). Las larvas filosomas permanecen en el plancton entre 8 y 12 meses, tiempo en el que pasan por once estadios larvarios (Johnson, 1960a; Gracia y Kensler, 1980; Hernández-Rivas *et al.*, 2010). En la etapa larvaria, los factores independientes de la densidad de la población son causantes de la alta mortalidad, la cual puede ser hasta de más del 99% (Buesa, 1969). Esto se debe principalmente a la acción de los sistemas de corrientes que arrastran a las larvas a zonas adversas para su desarrollo y consecuentemente mueren (Chittleborough y Thomas, 1969). La tercera fase es el puerulo, que ya tiene la forma típica de una langosta, pero no presenta la coloración característica (sigue siendo un organismo transparente) y se considera como la forma de transición entre el ambiente pelágico y el bentónico (Briones-Fourzán *et al.*, 1997).

Las filosomas no son hábiles para nadar horizontalmente y derivan hacia mar abierto con ayuda de los vientos a velocidades de ~5 km por día. Rimmer y Phillips (1979) señalan que algunas especies como (*P. cygnus*) pueden realizar grandes movimientos verticales hacia la capa superficial durante la noche y que las larvas recién eclosionadas, ocurren dentro de los primeros 60 m de la columna de agua, mientras que los últimos estadios se ubican en las capas más profundas (80-120m). En contraste, las larvas de *P. argus* del Mar Caribe se distribuyen en la capa superficial, independientemente del estadio de desarrollo (Yeung y McGowan, 1991). En caso de *P. interruptus* se presume que ocurre una migración vertical en la Corriente de California, de acuerdo a la comparación entre las capturas diurnas y nocturnas analizadas por Johnson (1960a), sin embargo, hacen falta estudios detallados sobre la distribución y migración vertical.

La fase puerulo tiene una duración de 2 a 3 meses y es capaz de nadar horizontalmente. Se ha observado que los puerulos se dirigen hacia la plataforma

continental para abandonar el ambiente oceánico y establecerse en el fondo, donde pueden realizar movimientos rápidos característicos de los estadios de juvenil y adulto (Serfling y Ford, 1975). En este hábitat, los juveniles alcanzan la madurez sexual para incorporarse a las poblaciones adultas y por tanto a la población sujeta a una pesquería (Phillips y Sastry, 1980; Cruz, 1999).

El proceso de reproducción de *P. interruptus* ha sido relacionado con cambios en la temperatura durante eventos El Niño en Baja California, porque aceleran los eventos reproductivos. Y por el contrario, los retrasan con el enfriamiento del sistema (Vega-Velázquez, 2003). La densidad de los asentamientos de puerulo y juveniles de *P. interruptus* se vio favorecida durante El Niño 1997-1998, con menores asentamientos de marzo a mayo de 1997, meses antes del inicio del evento y máximos en septiembre y octubre de 1997 y febrero de 1998 (Guzmán del Prío *et al.*, 2003). Al igual que un incremento en el asentamiento de esta especie al sur de la cuenca de California se debe a un mayor transporte hacia el norte de la Corriente de Davidson durante eventos El Niño (Pringle, 1986; Koslow *et al.*, 2012).

Estudios previos muestran que las mayores abundancias de larvas filosomas se registran en la parte central y norte de Baja California (Johnson, 1960b; Pringle, 1983; Ortuño-Manzanarez, 2003). Sin embargo, no son claras las causas que determinan su incremento bajo condiciones de calentamiento o enfriamiento, debido a una diferencia en las capturas en eventos El Niño y La Niña (Peñaloza-Mayorazgo, 2008; Garcia-Kauffman, 2009). De esta forma se esperaría que la variabilidad de la abundancia de larvas estuviera relacionada con la presencia de masas de agua de diferentes orígenes.

La topografía y dinámica oceánica como giros de mesoescala, meandros y corrientes, inducidas por el esfuerzo del viento son los responsables en la retención y transporte de larvas (Johnson, 1960b; Pringle, 1983; Ortuño-Manzanarez, 2003). Sin embargo, no son claros los mecanismos que aseguran la

retención de los estadios larvales, si consideramos la variabilidad estacional de las corrientes en la porción sur de la Corriente de California (Hickey, 1979; Lynn y Simpson, 1987; Parés-Sierra, 1997; Durazo *et al.*, 2010; Koslow *et al.*, 2012). Por lo que se espera que la variación espacio-temporal de la distribución de los diferentes estadios de desarrollo larval estén relacionados con el flujo de la Corriente de California, ya que los giros y meandros son temporales (Durazo, 2009; Soto-Mardones *et al.*, 2004).

La propuesta del presente estudio consiste en analizar la distribución y abundancia espacio-temporal de larvas de *P. interruptus* en relación a las características hidrológicas e hidrodinámicas de la costa occidental de Baja California durante 2006-2008.

2. ANTECEDENTES

En la fase larvaria de *P. interruptus* destacan las investigaciones de Johnson (1956) en la Corriente de California, con base en las recolectas mensuales de plancton durante el periodo comprendido entre 1949 a 1955, efectuado por el programa CalCOFI (*California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations*). Este autor fue el primero en describir el desarrollo de los 11 estadios larvarios de langosta roja, e identificó el primer estadio en ejemplares recién eclosionados en laboratorio, mientras que para los diez estadios restantes, examinó las filosomas provenientes de las muestras de plancton de CalCOFI. A su vez, estableció que el desarrollo larval se llevó a cabo entre 7 y 8 meses, en donde los principales centros de concentración de larvas fueron, las Islas Channel, al sur de California, E.U.A. e Isla Cedros en Baja California (BC), México (Johnson, 1960a). Posteriormente, Johnson (1960b) encontró que la distribución de las larvas está relacionada con la topografía y dinámica del mar, el cual propone que los giros de mesoescala, meandros y contracorrientes del sistema de la Corriente de California, son los responsables de retención y dispersión de larvas filosomas en esta área.

Pringle (1986) argumentó que la alta concentración de larvas filosomas capturadas por Johnson (1956) en la parte central de Baja California, México (27° a 28° N y 115° a 116° O) se debe a factores oceanográficos como giros de mesoescala, meandros y corrientes. En particular indicó la presencia de un giro de mesoescala anticiclónico casi permanente frente a Punta Eugenia, en la porción central de la Península de Baja California, que permitió la retención de larvas en la región, y donde se traslapan considerablemente todos los estadios. También indicó que el incremento en la abundancia al sur de California E. U. A. se debió a un cambio de distribución relacionado con eventos oceanográficos anómalos como El Niño.

Ortuño-Manzanarez (2003) realizó muestreos de plancton con dos métodos de captura en la costa occidental de la Península de Baja California en el 2000, el primero con arrastres oblicuos con una red bongo y el segundo con un sistema de bombeo denominado Continuous Underway Fish Egg Sampler (CUFES). La red bongo presentó una mayor eficiencia de captura, con respecto al sistema de bombeo CUFES, presentando en ambos métodos mayores abundancias durante la noche. En la abundancia de larvas filosomas de enero del 2000 se presentaron los estadios III al XI predominando los estadios VI al XI. En abril y julio las abundancias fueron casi nulas. No obstante, en julio únicamente se encontró un individuo del estadio I, mientras que en octubre ocurrieron todos, incluyendo un incremento de la abundancia de los primeros estadios. Lo anterior significa, que hubo un retraso en el desove, puesto que en el verano, cuando era de esperarse la eclosión, esta ocurrió hasta el otoño. Este autor señala que los giros de mesoescala ciclónicos y anticiclónicos, pueden ser considerados como mecanismos de retención y dispersión de larvas de langosta, lo que permitiría explicar las variaciones en su abundancia y distribución.

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-Velázquez *et al.*, 1991). El proceso de reproducción de *P. interruptus* se relaciona con la temperatura, de tal forma que durante eventos de calentamiento El Niño, los eventos reproductivos se aceleran, mientras que durante los eventos fríos La Niña, es probable una reducción o retraso de éstos (Vega-Velázquez, 2003).

Estudios realizados recientemente, en la costa occidental de la Península de Baja California durante el ENOS, 1997-1999. Peñaloza-Mayorazgo (2008) encontró que el ciclo larval de *P. interruptus* es de un año aproximadamente, con tres cohortes. Además, registró que la mayor abundancia de larvas filosomas fueron colectadas en otoño, con un total de 1326/10m² y una baja abundancia en primavera de 91/10m².

Otro estudio realizado, en la misma zona, en un periodo anómalo frío 1999-2001. García-Kauffman (2009) identificó cuatro clases anuales, por la evidencia de los estadios larvales (iniciales, finales y puerulos) en el verano de los tres años (1999, 2000, 2001), lo que permite establecer que el ciclo larval de *P. interruptus* es de aproximadamente de un año. La mayor abundancia ocurrió en otoño, con un total de 2927/10m² filosomas y una baja en primavera de 161/10m² filosomas. Este autor indicó que las abundancias de larvas filosomas se incrementarían el doble en un periodo frío La Niña, con respecto a un evento de calentamiento El Niño.

Hernández-Rivas *et al.* (2010) encontró una dominancia de los primeros estadios de larvas filosomas (I, II, III) de *P. interruptus*, en los muestreos de verano (1997-1999), lo que sugiere que es un periodo de desove/eclosión reciente. En este estudio se argumentó que la duración de la fase pelágica de la langosta roja desde filosoma I hasta puerulo, es de aproximadamente 1 año, mediante 3 cohortes en el periodo de estudio. En términos generales los cruceros realizados durante los otoños de 1997, 1998, 1999 presentaron las mayores abundancias de larvas. Posteriormente este mismo autor estableció que los primeros estadios de

desarrollo (I-III) de langosta roja mostraron dos áreas de concentración separadas en cuanto a su distribución espacial, la primera y más importante entre Punta Canoas y Bahía San Hipólito y la segunda desde Ensenada hasta Punta Baja con menores concentraciones. La zona de mayor concentración de los estadios antes mencionados se situó en una franja entre Bahía Tortugas y Bahía Asunción.

3. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en la costa occidental de la Península de Baja California desde los 25° N, hasta los 31° N, y desde los 112° a 118° W, en la zona marina comprendida frente a Ensenada B. C. y hasta San Juanico B.C.S. (Fig. 1). La distancia entre estaciones es de 36 km (20 mn) y entre las líneas o transectos latitudinales es de 72 Km (40 mn) con una distancia total hacia afuera de la costa de 400 km (118.7 mn) en la zona frente a Bahía Vizcaíno. Cada crucero difirió en la cobertura de estaciones debido a condiciones ambientales adversas. El plan de muestreo fue similar al que ocupó en aguas mexicanas el antiguo programa CalCOFI.

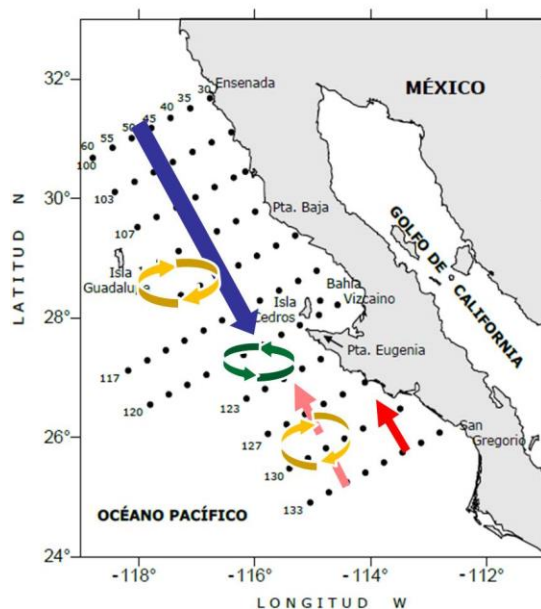


Figura 1. Área de estudio y red de estaciones de muestreo del programa IMECOCAL, durante el ENSO 2006-2008. La flecha color azul indica la Corriente de California (CC), la flecha color rojo y rosa representan a la Contra Corriente de California (CCC) (roja, superficial costera y rosa, profunda oceánica), los giros de color amarillo indican un anticiclónico y los verdes un ciclónico.

3.1 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) (Fig. 2).

El SCC se encuentra limitada al norte por la corriente Subártica y al sur por la Corriente Norecuatorial y está conformado por dos corrientes con propiedades físico-químicas particulares, las cuales presentan variaciones en su intensidad y su extensión a lo largo del año. La Corriente de California (CC) transcurre de norte a sur a lo largo de 3000 Km por la costa occidental de América; el agua de la Corriente de California se caracteriza por tener baja temperatura (14 a 16 °C) y salinidad (33.5 a 33.8), altos valores de oxígeno disuelto y un continuo aporte de nutrientes (Hemingway, 1979; Durazo *et al.*, 2010). La Contracorriente Costera (CCC), es un agua cálida y salada que fluye al norte, superficialmente cerca de la costa (Fig. 2) (Lynn y Simpson, 1987; Parés-Sierra, 1997). Con respecto a la estacionalidad oceanográfica en la costa occidental de la Península de Baja California, el flujo de la (CC) es más intenso en primavera y verano al igual que los vientos dominantes del norte, mismos que impulsan su recorrido hacia el sur y el movimiento de las aguas costeras, originando eventos de surgencia que incorporan aguas ricas en nutrientes hacia la superficie (Lynn y Simpson, 1987). Por lo tanto a finales de verano la (CC) se debilita, presenciando la (CCC) superficial costera, cuyo flujo es más intenso en otoño (Hickey, 1979; Lynn y Simpson, 1987).

La dinámica de las corrientes es a su vez, la encargada de transportar y dispersar las larvas en un área muy amplia (Phillips, 1977). Los eventos oceanográficos de calentamiento o enfriamiento relacionados con El Niño Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés), tienen influencia en los ciclos de vida de las filosomas, puesto que favorecen o afectan la reproducción en la

magnitud del asentamiento, supervivencia y en particular, el reclutamiento de la langosta roja (Guzmán del Prío *et al.*, 2003; Vega-Velázquez, 2003).

El ENSO es un evento climático que ocurre en forma irregular de 3-7 años en donde involucra un evento cálido (El Niño) y uno frío (La Niña). Estos estados están relacionados por la influencia de la interacción dinámica entre la atmósfera y el océano (Philander, 1990). Aunque los efectos del ENSO se perciben a nivel mundial, la señal principal se produce en el Pacífico Ecuatorial con una intensidad que puede variar considerablemente de un año a otro. Las aguas cálidas de la parte superficial en el Pacífico Occidental Ecuatorial (piscina de agua cálida), mantienen una temperatura superior a 28° C durante todo el año, lo cual provoca una convección atmosférica conectada con la parte Oriental del Pacífico Ecuatorial, normalmente más fría durante la circulación atmosférica de Walker. Durante el evento El Niño la piscina de agua caliente se extiende mucho más al este, llegando a las costas del Perú durante los acontecimientos más poderosos. Por el contrario durante la Niña, esta piscina de agua cálida se limita al extremo oeste del Pacífico Ecuatorial (Fig.1). Estos desplazamientos este-oeste de la piscina de agua cálida son acompañados por los cambios en la circulación de las celdas de Walker, que están reflejadas con el SOI, calculado por las diferencias de presión a nivel del mar entre Tahití y Darwin.

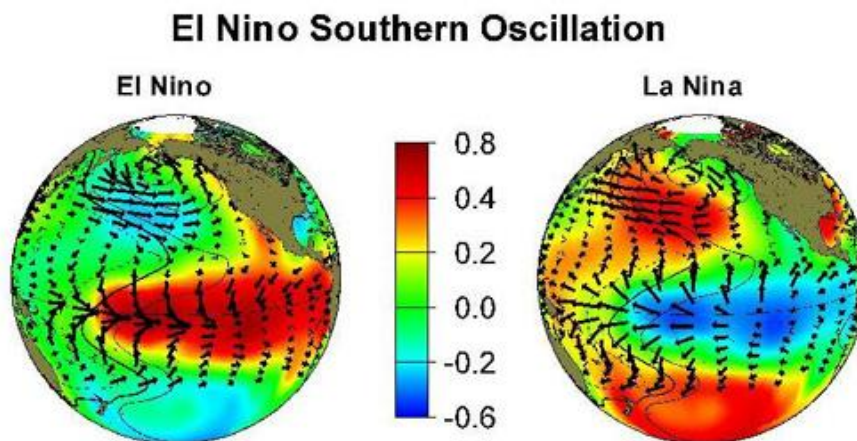
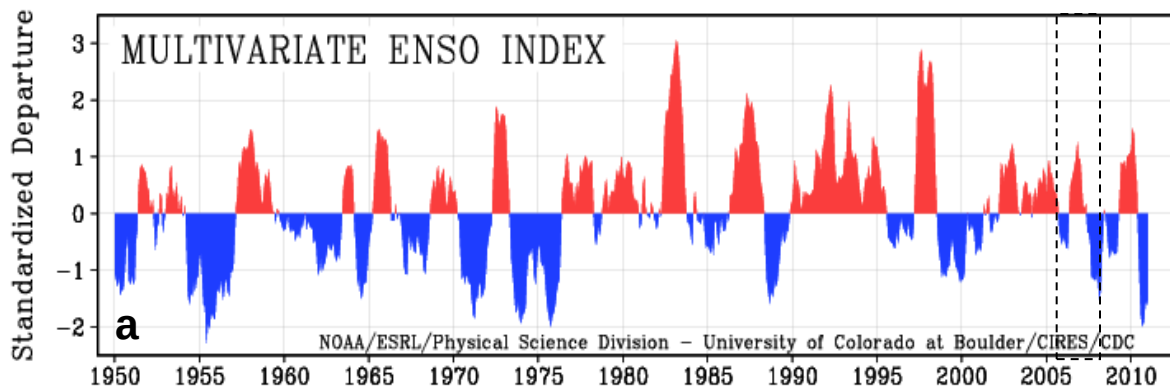


Figura 2. Anomalías de los eventos El Niño y La Niña.

El desarrollo del ENSO en su fase de calentamiento del océano, se propaga del ecuador a los polos, y sus principales manifestaciones físicas son: el incremento de la corriente costera que fluye hacia el norte, el hundimiento de la termoclina, la elevación del nivel del mar y un aumento de la temperatura superficial (Simpson, 1983; Huyer y Smith, 1985; Trenberth, 1997). Las señales del ENSO pueden ser detectadas por el Índice Multivariado del ENSO (MEI por sus siglas en inglés).

Las anomalías mensuales del Índice Multivariado del ENSO (MEI,) durante el periodo (2006-2008) fueron tomadas del *Climate Diagnostic Bulletin*, de la NOAA. En invierno del 2006 (febrero-abril) se presentó un enfriamiento con anomalías negativas (-0.5 a -0.6) seguido de un calentamiento El Niño moderado, con anomalías positivas (0.5-1.3) de junio de 2006 a febrero de 2007, y nuevamente un enfriamiento desde septiembre de 2007 hasta marzo de 2009, con anomalías negativas (-0.8 a -1.5) (Fig. 3a, b). Durazo y Baumgartner (2002) sugirieron que frente a la península de BC la advección hacia los polos de las aguas tropicales y subtropicales podría ser la causa de la presencia de T y S anómalamente alta durante eventos El Niño. En el invierno de 2006-2007, las condiciones más cálidas y saladas semejantes a El Niño, dominaron la región IMECOCAL (Durazo, 2009). Sin embargo, en este periodo El Niño se registró básicamente al sur de Punta Eugenia, con mayor TSM en Cabo San Lucas (CSL) (Durazo, com. pers.). Por otra parte, Goericke *et al* (2007) sugieren que la distribución espacial de la salinidad superficial y el flujo geostrófico en el invierno 2006-2007, indican las corrientes superficiales en dirección a los polos como una lengua de agua relativamente salobre. Asimismo, Durazo (2009) menciona que dicha lengua sólo alcanzó latitudes cercanas a la línea 110 (29° N) y desapareció rápidamente debido a una fuerte surgencia atemporal que dio inicio a principios de 2007, dando lugar a condiciones de La Niña, que continuaron hasta la primavera de 2008.



b

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2006	-0.4	-0.5	-0.6	-0.6	0.0	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.3	1.0
2007	1.0	0.5	0.1	0.1	0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1
2008	-1.0	-1.4	-1.5	-0.8	-0.4	0.1	0.0	-0.2	-0.6	-0.7	-0.5	-0.6
2009	-0.7	-0.7	-0.7	-0.2	0.3	0.9	0.9	1.0	0.8	1.0	1.0	1.1

Figura 3. a) Índice Multivariado del ENSO. Las líneas punteadas indican el periodo 2006-2008, de este estudio. b) indica los valores de anomalía.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proceso de reproducción de *P. interruptus* ha sido relacionado con cambios en la temperatura durante eventos El Niño en Baja California, por que aceleran los eventos reproductivos y por el contrario con el enfriamiento del sistema (Vega-Velázquez, 2003), mientras que el reclutamiento al sur de la cuenca de California se incrementa debido a un mayor transporte hacia el norte de la Corriente de Davidson (Pringle, 1986; Koslow *et al.*, 2012). Sin embargo, aun cuando en la parte central de Baja California las capturas comerciales y abundancia de larvas filosomas son mayores, no son claras las causas que determinan los incrementos en la abundancia larval bajo condiciones de calentamiento o enfriamiento. Una posibilidad, puede ser la presencia de distintas masas de agua en el área de estudio.

5. HIPÓTESIS

El incremento en la abundancia de larvas filosomas está relacionado con la variabilidad de la termohalina que le confiere la distribución de masas de agua.

La distribución de los diferentes estadios de desarrollo hasta el asentamiento está delimitada por el efecto de la variación espacio-temporal de la dinámica oceánica en la porción sur de la Corriente de California.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Determinar la distribución y abundancia espacio-temporal de los diferentes estadios de desarrollo de las larvas de *P. interruptus* en relación a las características hidrológicas e hidrodinámicas de la porción sur de la Corriente de California de 2006 a 2008.

6.2 Objetivos particulares

- Identificar en el tiempo y espacio los diferentes estadios de desarrollo de larvas filosomas y la fase puerulo de *P. interruptus*, en la costa occidental de la Península de Baja California de 2006 a 2008.
- Relacionar los cambios espacio-temporales de la distribución y abundancia de larvas filosomas y puerulos en relación a las características hidrológicas (temperatura y salinidad superficial, oxígeno disuelto, sigma t , spiciness, altura dinámica) y con la biomasa del zooplancton, latitud-longitud y profundidad de estación.
- Identificar el efecto de la hidrodinámica como flujos geostróficos, meandros y giros en la distribución de la abundancia de larvas y puerulos.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

El material biológico y datos oceanográficos utilizados en el presente estudio, provienen de diez cruceros oceanográficos realizados por el Programa IMECOCAL (Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California) a bordo del B/O “Francisco de Ulloa” (<http://imecocal.cicese.mx>) y tiene una periodicidad estacional, de febrero de 2006 a octubre de 2008. Se analizaron un total de 666 muestras de zooplancton en la costa occidental de la Península de Baja California, México (Tabla 1). En las sucesivas secciones del presente trabajo, los cruceros serán denominados por temporada del año: enero-febrero = invierno, abril = primavera, julio-agosto = verano, octubre = otoño. Cabe mencionar que dos cruceros de otoño no se realizaron por problemas técnicos del B/O “Francisco de Ulloa”. Las muestras de plancton se obtuvieron siguiendo la metodología estándar de muestreo de acuerdo con Smith y Richardson (1979), que consiste en arrastres oblicuos desde la superficie hasta 200 m de profundidad máxima, aproximadamente, y a una velocidad de 2 nudos. Se utilizó una red “BONGO” de 0.71 m de diámetro en la boca, provista de redes cilindro-cónicas con apertura de malla de 505 μm , copos flexibles de la misma luz de malla y flujómetros digitales colocados al centro de la boca de cada red, para medir el volumen de agua filtrada. Las muestras fueron preservadas con formaldehído al 10% neutralizado con borato de sodio.

Tabla 1.- Relación de los cruceros realizados con fecha, temporadas, y número de estaciones muestreadas.

Cruceros IMECOCAL	Fecha	Temporada	N° de Estaciones
*0602	8 al 25 febrero 2006	Invierno	70
0604	19 abril al 1 mayo 2006	Primavera	38
0607	7 al 25 julio 2006	Verano	82
0701	23 enero al 10 de febrero 2007	Invierno	90
0704	26 abril al 6 de mayo 2007	Primavera	25
0708	25 agosto al 13 septiembre 2007	Verano	90
0801	23 enero al 11 febrero 2008	Invierno	69
0804	16 abril al 1 mayo 2008	Primavera	51
0807	14 julio al 2 agosto 2008	Verano	91
0810	14 al 26 octubre 2008	Otoño	60

*En las secciones subsecuentes, los cruceros son denominados con cuatro números, los dos primeros corresponden al año y los dos siguientes al mes de muestreo (Por ejemplo, el crucero IMECOCAL realizado en febrero de 2006 se denomina 0602).

En cada estación se registraron datos de temperatura del mar y salinidad, utilizando un CTD Seabird equipado con sensores de conductividad y temperatura. 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 el laboratorio se determinó la biomasa zooplanctónica de cada una de las muestras por medio del método de volumen desplazado (Beers, 1976), en una probeta graduada, excluyendo los organismos considerados no planctónicos, como calamares, pulpos grandes, peces juveniles y adultos. Los datos de biomasa zooplanctónica fueron estandarizados a 1000 m³ de agua filtrada de acuerdo a la

metodología de Smith y Richardson (1979). Todas las larvas filosomas y puerulos (FI-FXI+puerulo), se separaron de las muestras originales sin fraccionar. Se utilizó un microscopio estereoscopio para identificar y asignar el estadio de desarrollo larval siguiendo los criterios descritos por Johnson (1956).

Para estandarizar el número de filosomas y puerulos a 10 m² de superficie marina se siguió la metodología propuesta por Smith y Richardson (1979), utilizando la ecuación básica de estandarización:

$$\text{Dónde: } C = \left(\frac{c \cdot d}{a \cdot b} \right) 10$$

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

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 asignación de los estadios larvarios (EL) se basó en las características del cuerpo de los filosomas, descritas por Johnson (1956), 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 (Fig. 3), divididos en endopodito y exopodito. Este último presenta un número variable de setas nadadoras, y tres pares de maxilípedos.

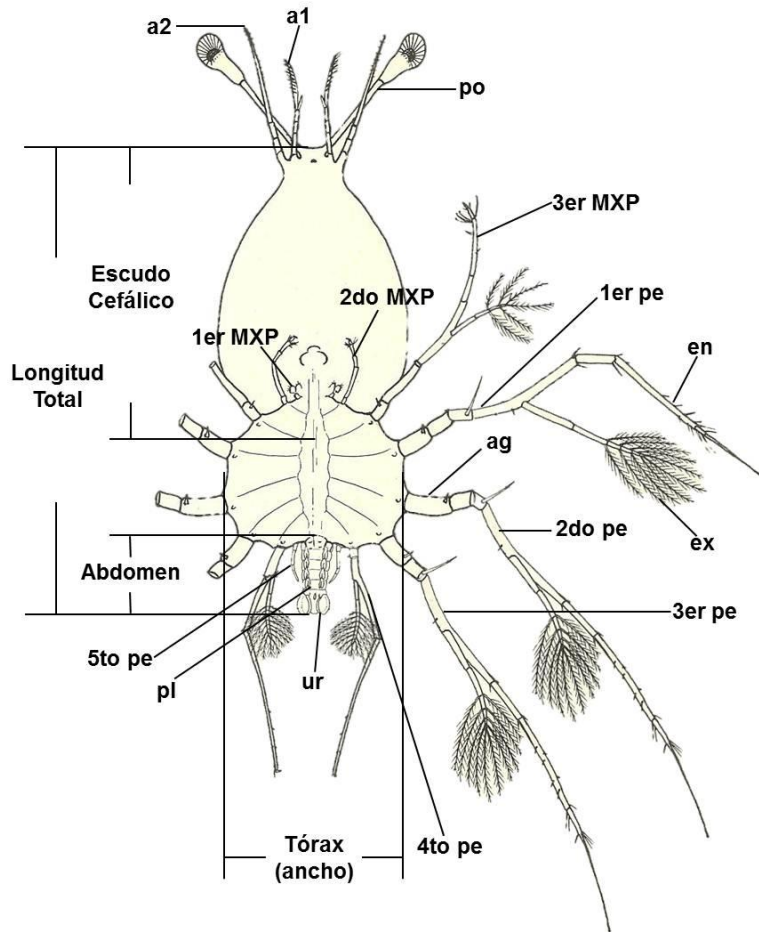


Figura 4. Características morfológicas de una larva filosoma (a1, anténulas; a2, antenas; po, pedúnculo ocular; en, endopodito; pe, pereiópodo; ex; exopodito; ur, urópodos; pl, pleópodos; MXP, maxilípedo) (Johnson, 1956).

En el (AB) se desarrollan los pleópodos o patas nadadoras, los urópodos y el telson (Fig. 3). El cambio en tamaño y forma de las estructuras contenidas en cada una de las regiones son determinantes para establecer los diferentes estadios de filosomas ya que todos estos componentes varían a través de su desarrollo ontogénico (Phillips y Sastry, 1980).

Los once estadios larvales (EL) de filosomas en el desarrollo de *P. interruptus*, se agruparon e integraron de la siguiente manera: Iniciales del I-IV, Intermedios del V-VIII, Finales del IX-XI, y puerulos de acuerdo a Johnson y Knight (1966) y Pringle (1986) (Fig. 4).

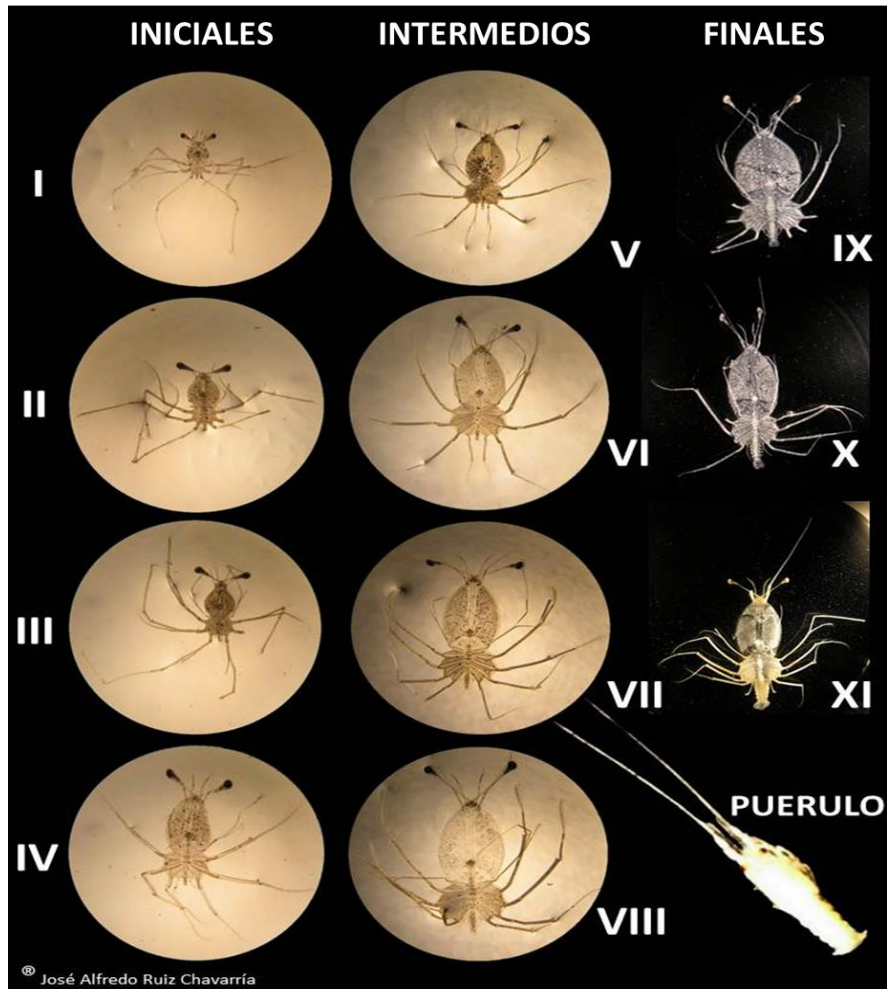


Figura 5.- Características morfológicas de los diferentes estadios de larvas filosomas (*Panulirus interruptus*).

Para los fines de esta investigación se estableció un transecto paralelo a la costa occidental de la península, localizado a 130 km entre las estaciones IMECOCAL 45 y 50 (Fig. 5). Usualmente en este sitio se encuentra el centro de la corriente de california (CC) y también divide las aguas costeras más productivas biológicamente de las oceánicas que tienen poca productividad, adicionalmente en estas estaciones se cuenta con datos colectados por (CalCOFI e IMECOCAL) (Henson & Thomas, 2007a, 2007b; Espinosa-Carreón *et al.*, 2012). Con el objeto de visualizar la distribución de los estadios larvales en las denominadas regiones "costera" y "oceánica", así como de tres transectos para describir la distribución de

las filosomas en sentido latitudinal (zonas Norte, Centro y Sur), propuesto anteriormente por Moser *et al.* (1993) (Fig. 5).

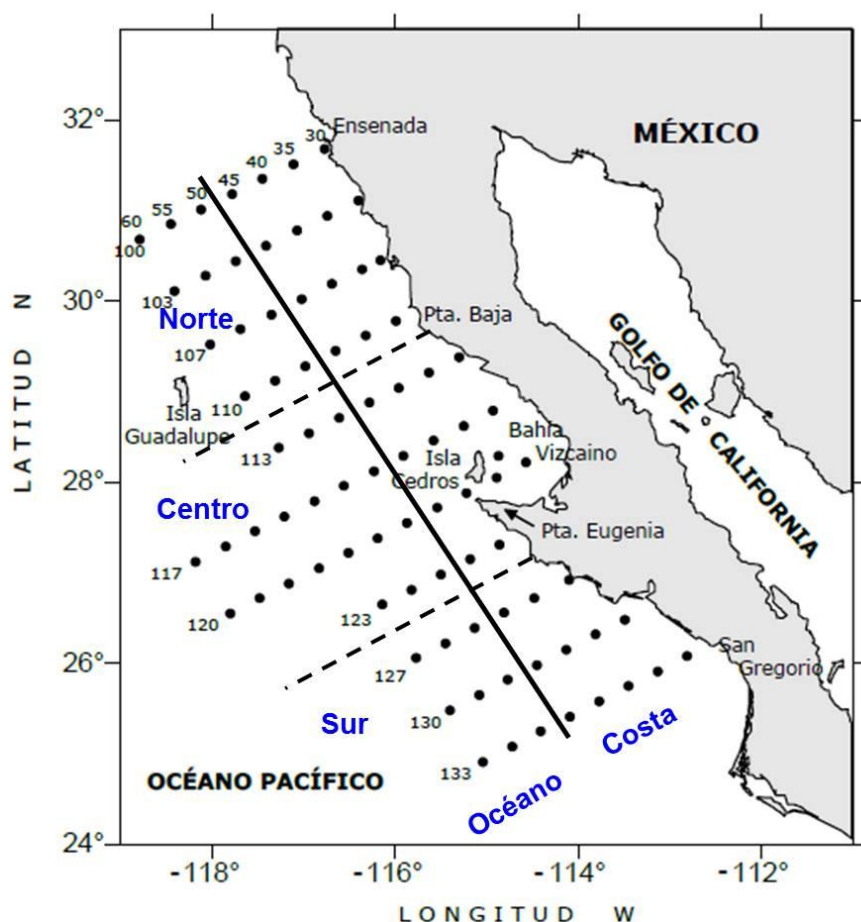


Figura 6. División de regiones y zonas. La línea continua indica la región costa-océano del plan de estaciones de muestreo del programa IMECOCAL. Las líneas punteadas delimitan las zonas norte, centro y sur.

Se elaboraron diagramas T-S para identificar las masas de agua, donde se utilizó el número total de datos (666) de temperatura y salinidad superficial de cada muestreo.

En este estudio se realizaron análisis de varianza (ANOVAS) para probar las diferencias en la abundancia de los diferentes estadios de desarrollo de larvas filosomas (iniciales, intermedios, finales y puerulo), durante el periodo de estudio (2006 a 2008). El análisis se realizó mediante el programa Statistica Versión 8.0.

Se utilizó un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA, por sus siglas en ingles), que es un método de gradiente directo en el que los ejes canónicos, que

son combinaciones lineales de variables explicativas, se utilizan para explicar la variación de los promedios ponderados de las variables de respuesta multivariada (Garrison *et al.*, 2002). Para esto se tomaron como variables ambientales la temperatura superficial ($^{\circ}$ C), salinidad superficial, oxígeno disuelto (ml/l), sigma t (ΔT), spiciness, altura dinámica (0/500 dbar), biomasa del zooplancton (ml/1000m³) y variables espaciales, latitud ($^{\circ}$ N), longitud ($^{\circ}$ W) y profundidad de estación (m). El CCA se aplicó a la matriz de abundancia de los diferentes estadios de desarrollo (666 estaciones por 12 estadios de desarrollo). Adicionalmente, se realizó el análisis de similitud de Sorensen (Bray-Curtis) y como técnica de agrupamiento o cluster, la media aritmética no ponderada (UPGMA) para la ordenación de estaciones (Q). Previo al análisis los organismos fueron transformados a log (x+1), para ello se utilizó el software PC-ORD ver. 4.25 (McCune y Mefford, 1999).

La distribución de larvas filosoma y puerulos se sobrepusieron con los flujos geostróficos superficiales (0/500 dbar) (Peterson *et al.*, 2006; Goericke *et al.*, 2007; McClatchie *et al.*, 2008; McClatchie *et al.*, 2009), para analizar la influencia de corrientes, giros y meandros, en la distribución de larvas de filosomas durante los periodos de muestreo. Adicionalmente a la distribución de las larvas se añadieron contornos de la temperatura superficial del mar, ambos procedimientos se elaboraron mediante la paquetería de Surfer 10 (Golden Software Ing., 10).

8. RESULTADOS

8.1.2 Temperatura, salinidad y masas de agua

Durante los cruceros de invierno-primavera de 2006, 2007 y 2008 (periodo frio) se observó un intervalo de temperatura de 14 $^{\circ}$ C a 20.5 $^{\circ}$ C, y en general una baja abundancia de larvas. Por el contrario, durante el periodo cálido relacionado con los muestreos de verano (2006, 2007 y 2008) y otoño (2008) la abundancia larval fue mayor, en un intervalo de temperatura relativamente cálido (17.8 $^{\circ}$ C a 27

°C). La mayor concentración de larvas se presentó en el crucero de verano de 2006 (Fig. 7).

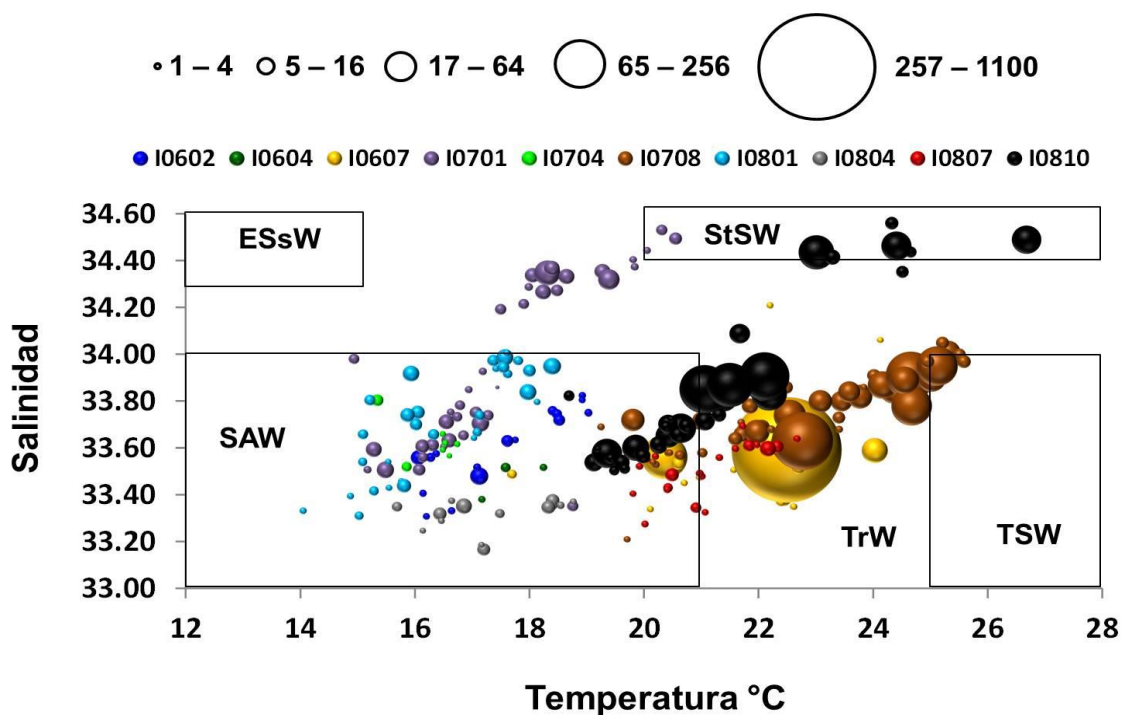


Figura 7. Abundancia de larvas de langosta roja a 10 m² de superficie marina con respecto a la temperatura y salinidad durante 2006-2008. Las burbujas determinan un valor relativo en una escala de 1-1100 org./10m². Agua Sub Ártica (SAW), Agua Transicional (TrW), Agua Tropical (TSW), Agua Sub Tropical Superficial (StSW) y Agua Ecuatorial Sub Superficial.

La mayor densidad de larvas filosomas se registró en una masa de agua transicional (TrW), aunque, en menor número de estaciones ocupadas por larvas, respecto a la masa de agua subártica (SAW), donde ocurrieron las larvas en un mayor número de puntos de muestreo, pero con baja densidad. En las masas de agua subtropical superficial (StSW; cruceros 0701 y 0810) y agua tropical superficial (TSW; crucero 0708) determinadas en estaciones al sur de Punta Eugenia, la ocurrencia y densidad de larvas fue baja (fig. 7).

8.2 Análisis de Correspondencia Canónica (CCA)

La exploración de los datos mediante el CCA y Clúster fue aplicado en primer lugar al conjunto de datos de los diez cruceros. El análisis exploratorio

indicó la presencia de dos periodos que se denominaron en este estudio como frío, para los cruceros de invierno-primavera y uno cálido, para los de verano-otoño. Sin embargo, la dispersión de los datos en el diagrama y el Clúster no mostraron la existencia de un gradiente entre las regiones Costa-Océano y entre las tres zonas de estudio (Norte, Centro y Sur) (Fig. 8 y 9). La mayor varianza explicada se presentó en los ejes 1 y 2 (9.5 y 2.9). En el eje 1, los valores de temperatura superficial del mar (-0.921) y spiciness (-0.799) son opuestos a la relación de sigma t (0.970) y la concentración de oxígeno disuelto (0.646). Esto significa que al aumentar la temperatura superficial y spiciness, la sigma t y el oxígeno disminuyen en sentido opuesto. Por otro lado, la altura dinámica mostró una mayor correlación en el eje 2, mientras que, la latitud, longitud, profundidad de estación y biomasa del zooplancton, no fueron correlacionadas en ninguno de los ejes (Fig. 8; Tabla 2). Esto explica que no haya una relación entre la distribución de las larvas en sentido costa-océano y entre zonas, porque las larvas de todos los estadios son localizadas en todas partes.

8.2.1 Periodo frío

El diagrama de dispersión muestra un periodo frío relacionado con los cruceros de invierno y primavera a la derecha del CCA (Fig. 8), donde los estadios de desarrollo intermedios y finales (FVII, FVIII, FIX, FX y FXI) presentaron una mayor relación con sigma t y con la concentración de oxígeno disuelto que corresponde a un hábitat con aguas más frías y menores concentraciones de spiciness (Fig. 10; Tabla 2). El estadio FIX presentó mayor relación con sigma t , mientras que el estadio FXI con el oxígeno disuelto, ambos en el eje 1 (Fig. 10).

8.2.2 Periodo cálido

El diagrama de dispersión mostró un periodo cálido en las temporadas de verano y otoño a la izquierda del diagrama de dispersión del CCA (Fig. 8). Los estadios de desarrollo iniciales e intermedios (FI, FII, FIII, FIV, FV y FVI) tuvieron una mayor relación con la temperatura superficial del mar y spiciness que

corresponde a un hábitat con aguas más cálidas y saladas (Fig. 10; Tabla 2). El estadio FV presentó mayor relación con la temperatura superficial y spiciness en el eje 1 (Fig. 10). La altura dinámica presentó una correlación positiva únicamente con estaciones de los cruceros de verano-otoño, mientras que los puerulos y estadio XI se relacionaron inversamente en el eje 2 (Fig. 8). La relación inversa entre los puerulos y el estadio XI con las alturas dinámicas, pudiera indicar una relación con giros ciclónicos. El clúster presentó un grupo aislado en los cruceros de verano-otoño (0708 y 0810), cuando son más abundantes los estadios iniciales (FII, FIII y FIV; Fig. 9).

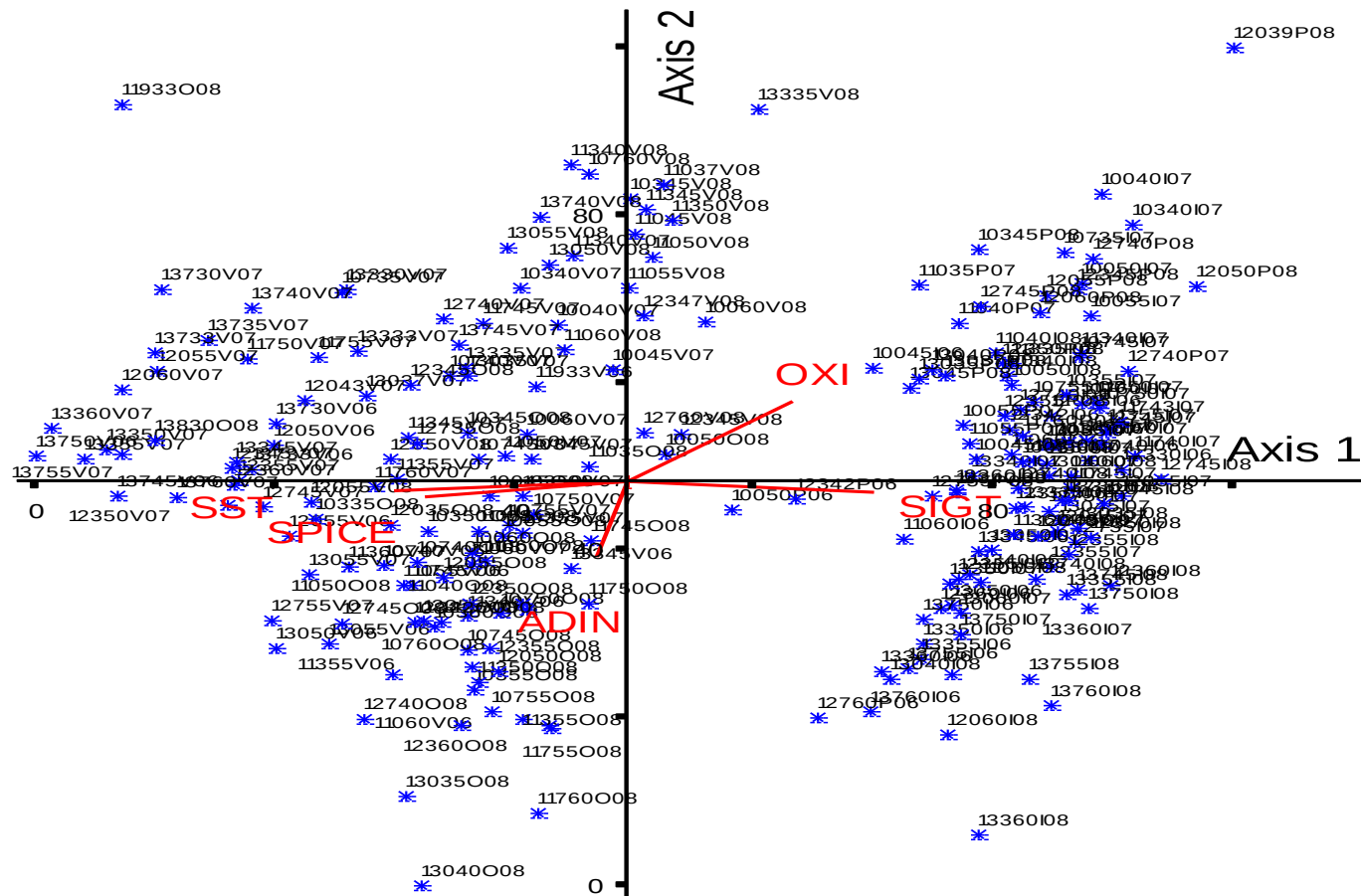


Figura 8. Biplot del CCA, para estaciones y variables ambientales y espaciales (temperatura y salinidad superficial, oxígeno, sigma t , "spiciness", altura dinámica, biomasa del zooplancton) (latitud, longitud y profundidad de estación), de los diez cruceros. Los vectores indican las variables ambientales.

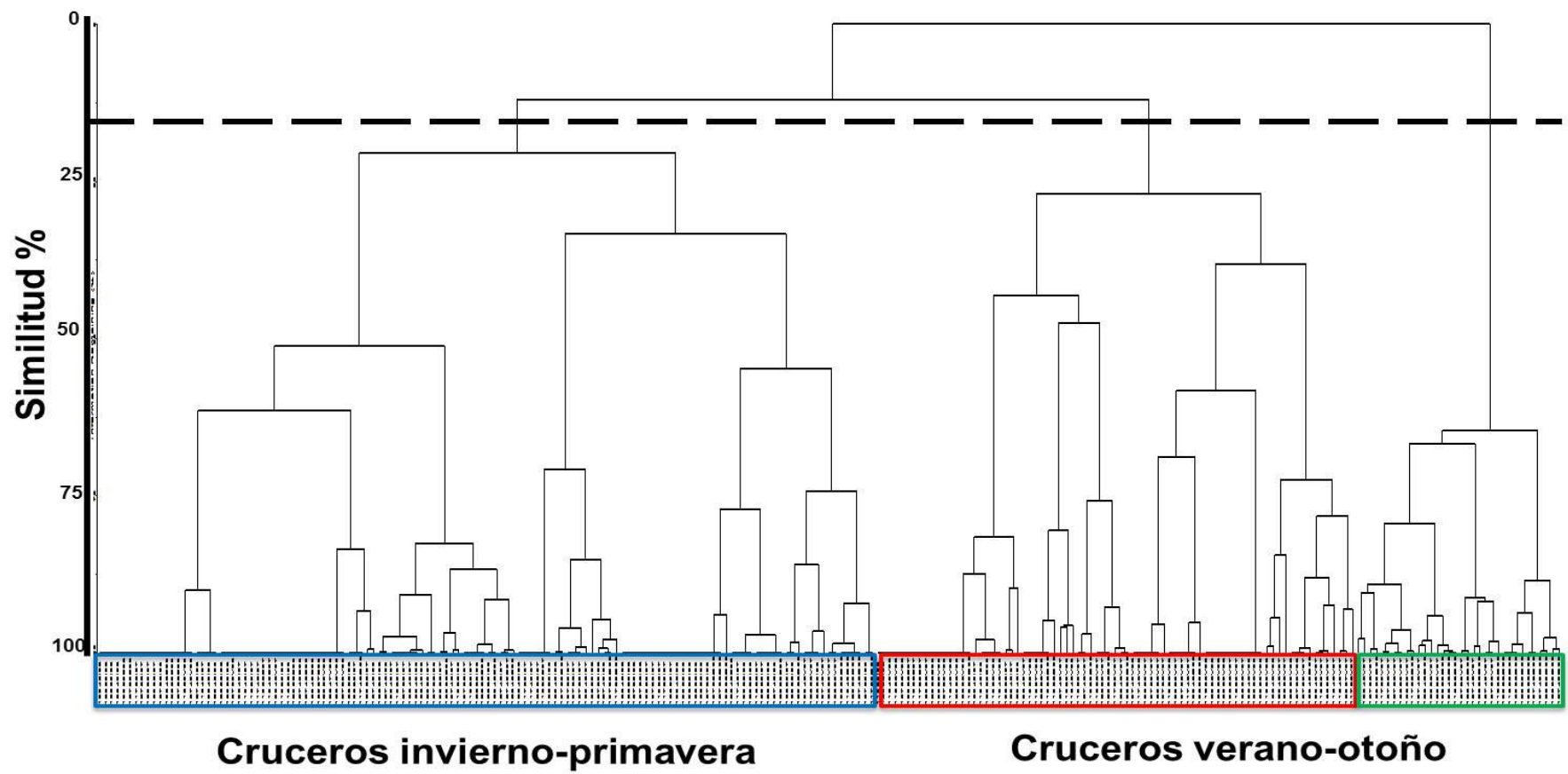


Figura 9. Dendrograma de similitud de Bray Curtis 2006-2008.

Tabla 2. Valores de correlación de las variables ambientales con respecto a los ejes. Los eigenvalores y la varianza explicada (%) con un análisis de correspondencia canónica usando la abundancia de larvas filosomas + puerulos y parámetros ambientales (temperatura superficial, salinidad, oxígeno, sigma t, spiciness, altura dinámica y biomasa del zooplancton) así como variables espaciales (latitud, longitud y profundidad de estación) durante el periodo de 2006-2008.

	<u>Eje 1</u>	<u>Eje 2</u>	<u>Eje 3</u>
Eigenvalor	0.248	0.077	0.024
Varianza explicada %	9.5	2.9	0.9
Varianza acumulada %	9.5	12.4	13.3
	<u>Valores de Correlación</u>		
Latitud	0.160	0.151	0.430
Longitud	0.167	-0.071	0.406
Temperatura superficial	-0.921	-0.068	0.034
Salinidad	-0.035	-0.257	-0.137
Oxígeno	0.646	0.604	0.212
Sigma T	0.970	-0.073	0.022
Spiciness	-0.799	-0.107	-0.091
Altura dinámica	-0.126	-0.554	0.491
Biomasa del zooplancton	-0.071	0.283	-0.290
Profundidad de estación	0.062	-0.282	0.105

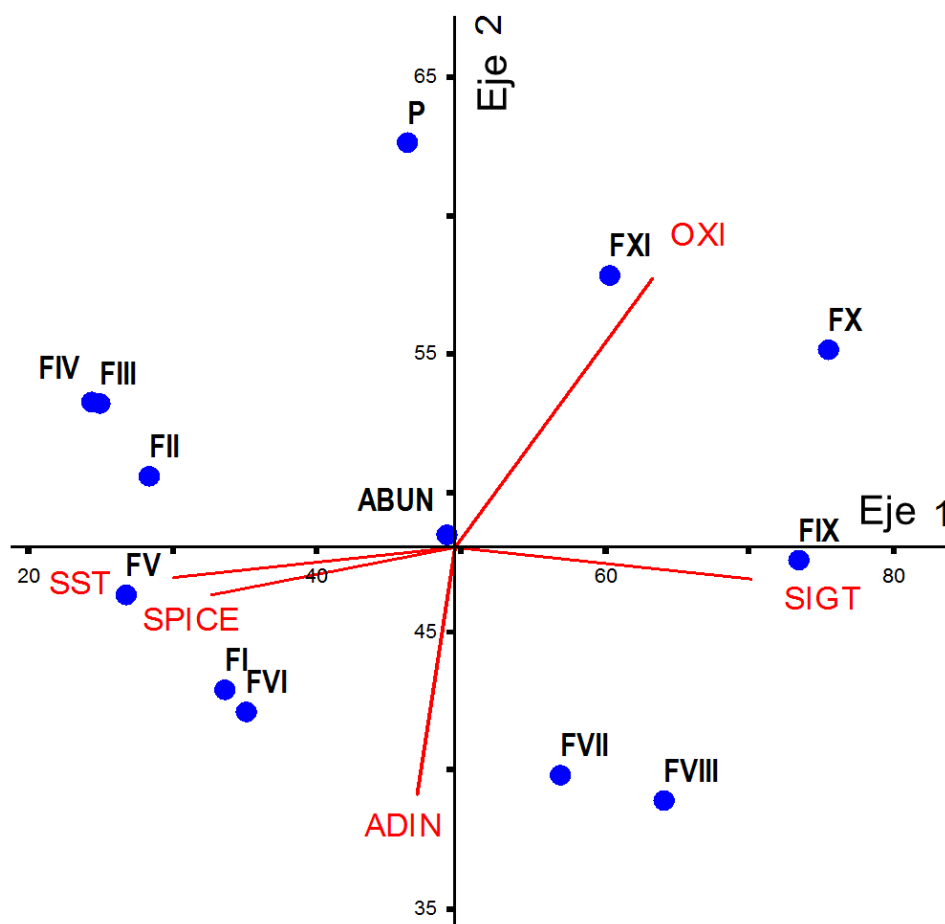


Figura 10. Biplot del CCA, para los estadios de desarrollo de *P. interruptus* (FI-FXI+puerulo) y las variables ambientales y espaciales (temperatura y salinidad superficial, oxígeno, sigma t , "spiciness", altura dinámica, biomasa del zooplancton) (latitud, longitud y profundidad de estación), encontradas en los diez cruceros. Los vectores indican las variables ambientales.

8.3 Abundancia temporal (estacional e interanual)

Se analizó la variabilidad de la abundancia relativa de larvas filosomas, *Panulirus interruptus*, durante tres inviernos, tres primaveras, tres veranos y un otoño de febrero de 2006 a octubre del 2008. En verano fue notable la presencia de todos los estadios de desarrollo (FI-FXI + puerulo), con la abundancia máxima de los estadios iniciales (FI-FIV), donde es evidente la mayor abundancia del FI (Fig. 11). En otoño fue notable el incremento en la abundancia relativa de los estadios intermedios (FVI y FVII), encontrando la presencia del puerulo, y la ocurrencia de los estadios iniciales, excepto que el estadio FI no fue recolectado

(Fig. 11). En invierno la abundancia relativa disminuyó y fue comparativamente menor en primavera. En ambos periodos (invierno y primavera) ocurrieron los estadios intermedios y finales, además del puerulo en primavera, pero no ocurrieron estadios iniciales. En invierno destaca el incremento en la abundancia de los estadios FVII y FIX (Fig. 11).

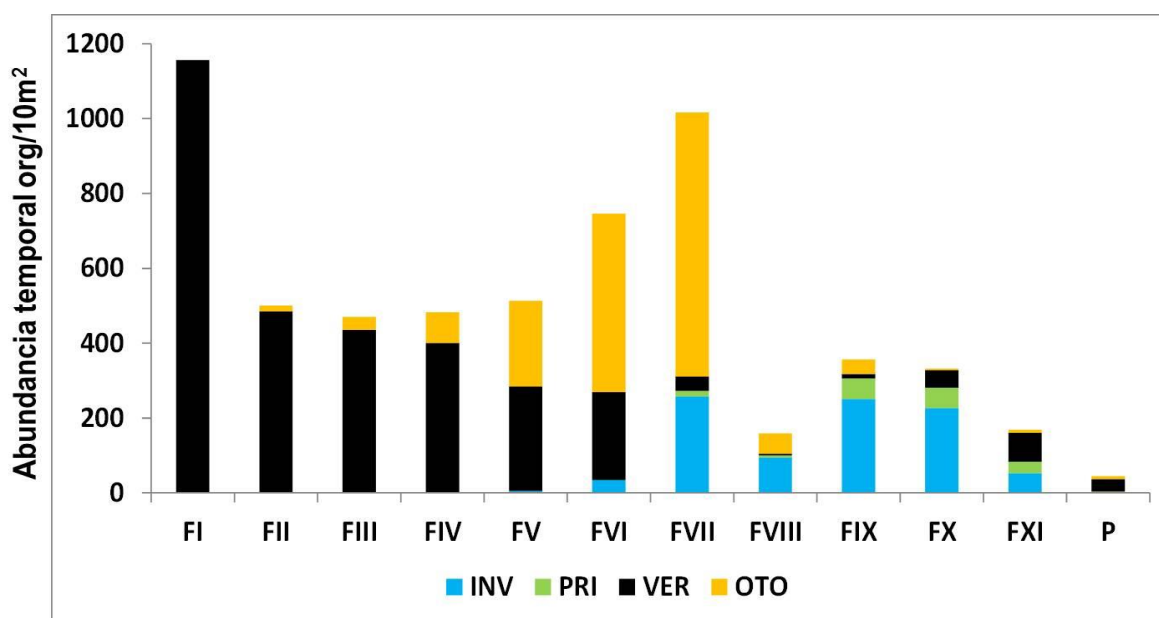


Figura 11. Abundancia relativa de larvas filosomas por estadio de desarrollo y la fase de puerulo (FI-FXI+puerulo) para cada temporada del año.

8.4 Abundancia total

El área de estudio se regionalizó de la siguiente manera: latitudinal (Zona norte, centro y sur); y longitudinal (costa-océano) (Fig. 12). Con el objeto de probar las diferencias en la abundancia, se realizó un análisis de ANOVA a la variabilidad estacional del total de larvas de *P. interruptus* (todos los estadios de desarrollo) y por estadios de desarrollo (iniciales, intermedios, finales y puerulo). La variabilidad interanual (2006-2008) indicó un incremento de la abundancia total de larvas en verano-otoño y la menor en invierno-primavera, sin que hubiera un patrón similar de incremento, debido a la escasa abundancia de larvas durante el verano de 2006, así como, un incremento significativo en el 2007 con un evento normal, pero

que disminuye nuevamente en verano del 2008, con un notable incremento en otoño del 2008 durante un evento de enfriamiento La Niña. Sugiriendo un desfaseamiento de la reproducción, desafortunadamente no se tiene registros de otoño de 2006 y 2007, para establecer una comparación. En general, la región oceánica presentó la mayor abundancia del total de larvas filosomas con un intervalo de temperatura superficial promedio (18.50 a 22.87 °C) en las zonas norte y centro. Sin embargo en la zona sur la temperatura promedio alcanzó los 24.39 °C en los muestreos de verano y otoño (Fig. 12a, b, c).

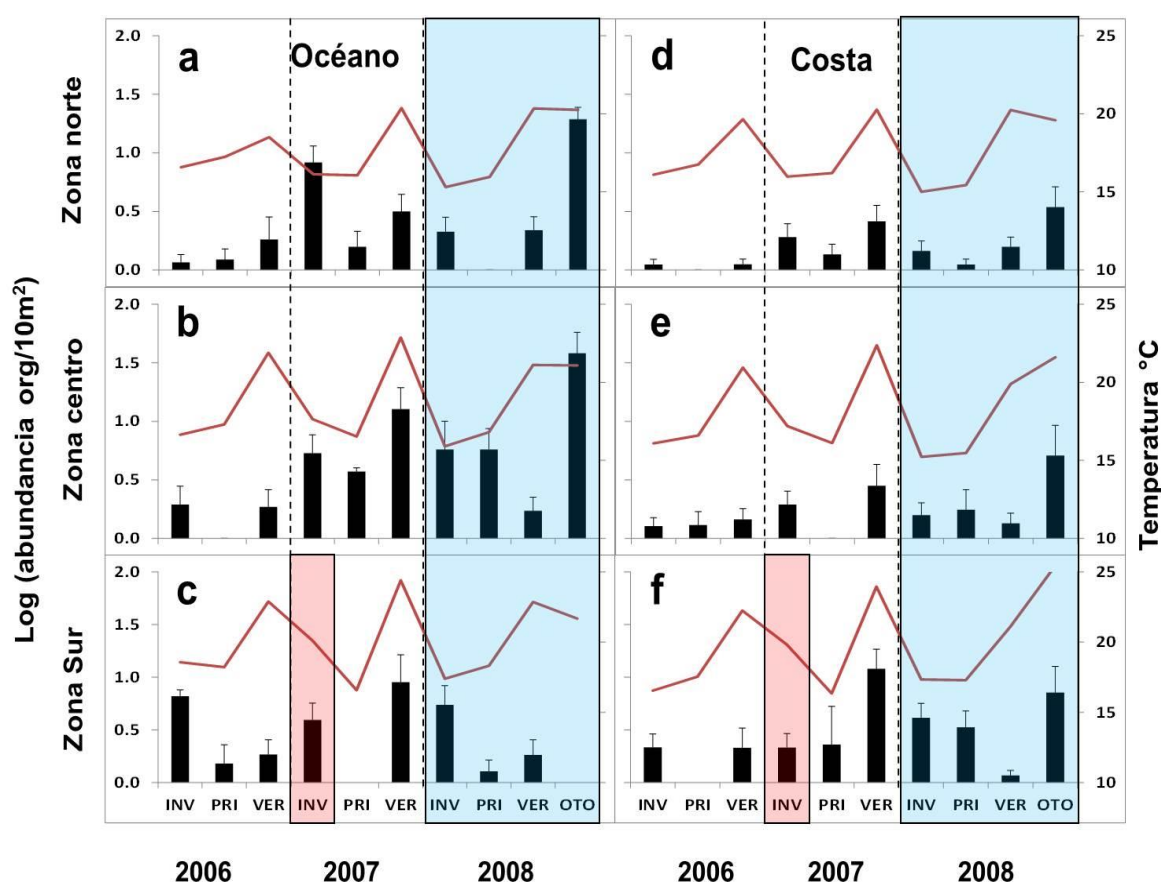


Figura 12. Abundancia total (todos los estadios FI-FXI+puerulo) durante el periodo 2006-2008. a) región océano norte, b) región océano centro, c) región océano sur; d) región costa norte, e) región costa centro, f) región costa sur. La línea continua color rojo indica la temperatura superficial, la franja de color rojo indica la anomalía del evento El Niño y la franja de color azul indica la anomalía del evento La Niña.

8.5 Abundancia por estadios (FI-FXI+puerulo)

Estadios iniciales

Los estadios iniciales (FI-FIV) ocurrieron en verano (2006-2008) y otoño (2008) en las dos regiones (costa-océano) y todas las zonas (norte, centro y sur) (Fig. 13). Además se encontró con un ligero incremento en la abundancia de 0.72 a 0.82 (log organismos por 10 m²) en la región costera y oceánica en verano 2007 (Fig. 13; c y f), asociado a un intervalo de TSM con valores promedio de 23.95 a 24.39 °C. En general, la región oceánica presentó una abundancia ligeramente mayor de los estadios iniciales, respecto a la zona costera (Fig. 13a, b, c) excepto por un incremento en la zona costera (frente San Juanico) en 2007 (Fig. 13f). En verano de 2008, los estadios iniciales (FI-FIV) fueron escasos (zonas norte y sur), con valores de 0.03 a 0.20 (log organismos por 10 m²) (Fig. 13c, d), mientras que en otoño de 2008 presentaron un ligero incremento (0.05 a 0.44 log organismos por 10 m²) (Fig. 13a, b, d, e, f), durante un evento (La Niña moderada), asociado a un intervalo de TSM de 19.59 a 25.44 °C.

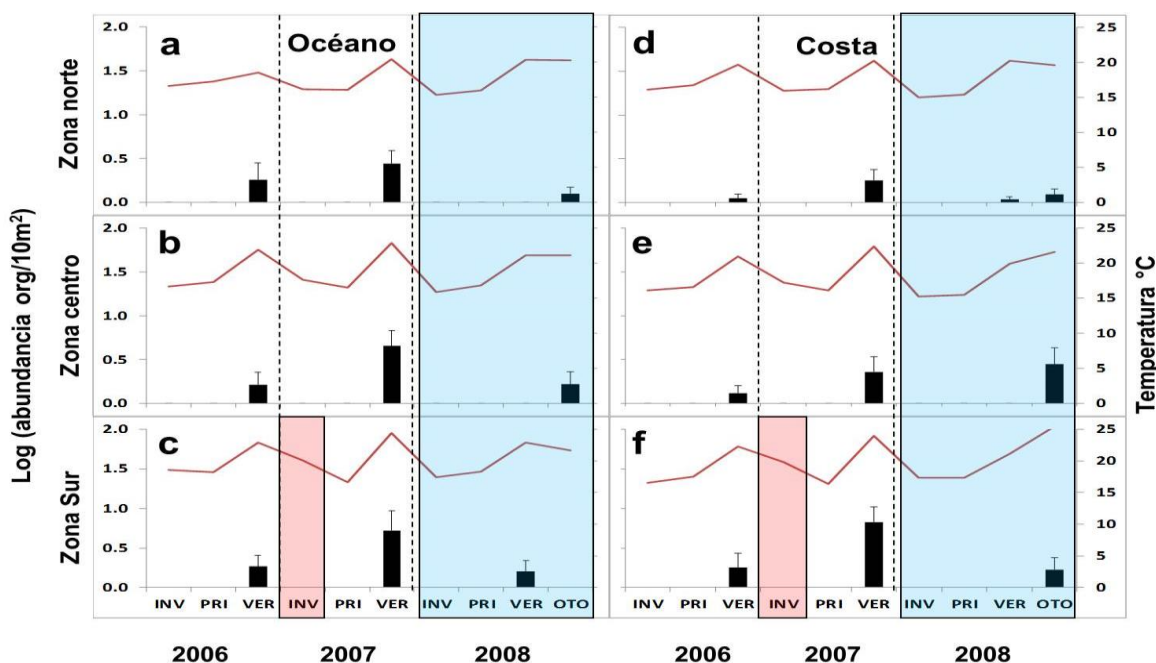


Figura 13. Abundancia total de estadios iniciales (FI-FIV) durante el periodo 2006-2008. a) región océano norte, b) región océano centro, c) región océano sur; d) región costa norte, e) región costa centro, f) región costa sur. La línea continua color rojo indica la temperatura superficial, la franja de color rojo indica la anomalía del evento El Niño y la franja de color azul indica la anomalía del evento La Niña.

Estadios intermedios

En general, los estadios intermedios (FV-FVIII) mostraron una mayor abundancia en la región oceánica (2006-2008; Fig. 14a, b, c), con valores comparativamente mayores en otoño de 2008 con 1.13-1.53 (log organismos por 10 m²), en las zonas norte y centro (Fig. 14a, b), asociados a un intervalo de TSM promedio de 21.0 °C (Fig. 14a, b). Mientras que en la región costera es notable la disminución de la abundancia de los estadios intermedios (Fig. 14d, e, f), excepto para la zona sur en otoño de 2008, con un ligero incremento en la abundancia (0.42-0.61-0.77 log organismos por 10 m²) (Fig. 14f), relacionado con un intervalo de TSM de 19.59 a 25.44 °C. Ambas regiones estuvieron influenciadas por un evento (La Niña moderada).

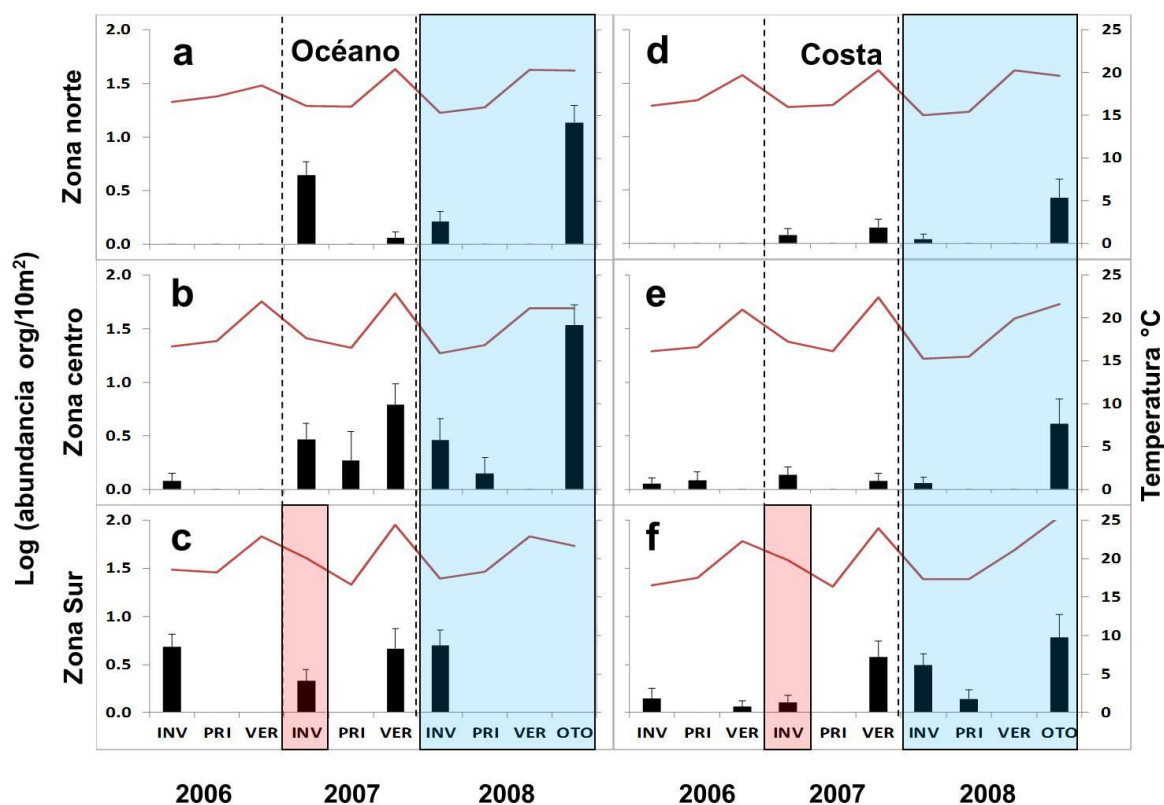


Figura 14. Abundancia total de estadios intermedios (FV-FVIII) durante el periodo 2006-2008. a) región océano norte, b) región océano centro, c) región océano sur; d) región costa norte, e) región costa centro, f) región costa sur. La línea continua color rojo indica la temperatura superficial, la franja de color rojo indica la anomalía del evento El Niño y la franja de color azul indica la anomalía del evento La Niña.

Estadios finales

Los estadios finales (FIX-FXI) fueron ligeramente más abundantes en la región oceánica de 2006 a 2008 (Fig. 15 a, b, c), en particular en la zona centro, con mayores abundancias en invierno y primavera de 2008, que oscilaron entre 0.57 y 0.71 (log organismos por 10 m²) (Fig. 15b), al igual que un incremento en la región costera de la zona sur en invierno y primavera, con valores de 0.34 y 0.48 (log organismos por 10 m²) (Fig. 16f), mediante un evento (La Niña moderada). Durante invierno de 2007, en la región oceánica la abundancia de los estadios finales osciló entre 0.45 y 0.56 (log organismos por 10 m²), donde en la zona norte presentó la mayor abundancia, asociada a un intervalo de TSM para las tres zonas que osciló entre 16.13 a 20.11 °C (Fig. 15a, b, c).

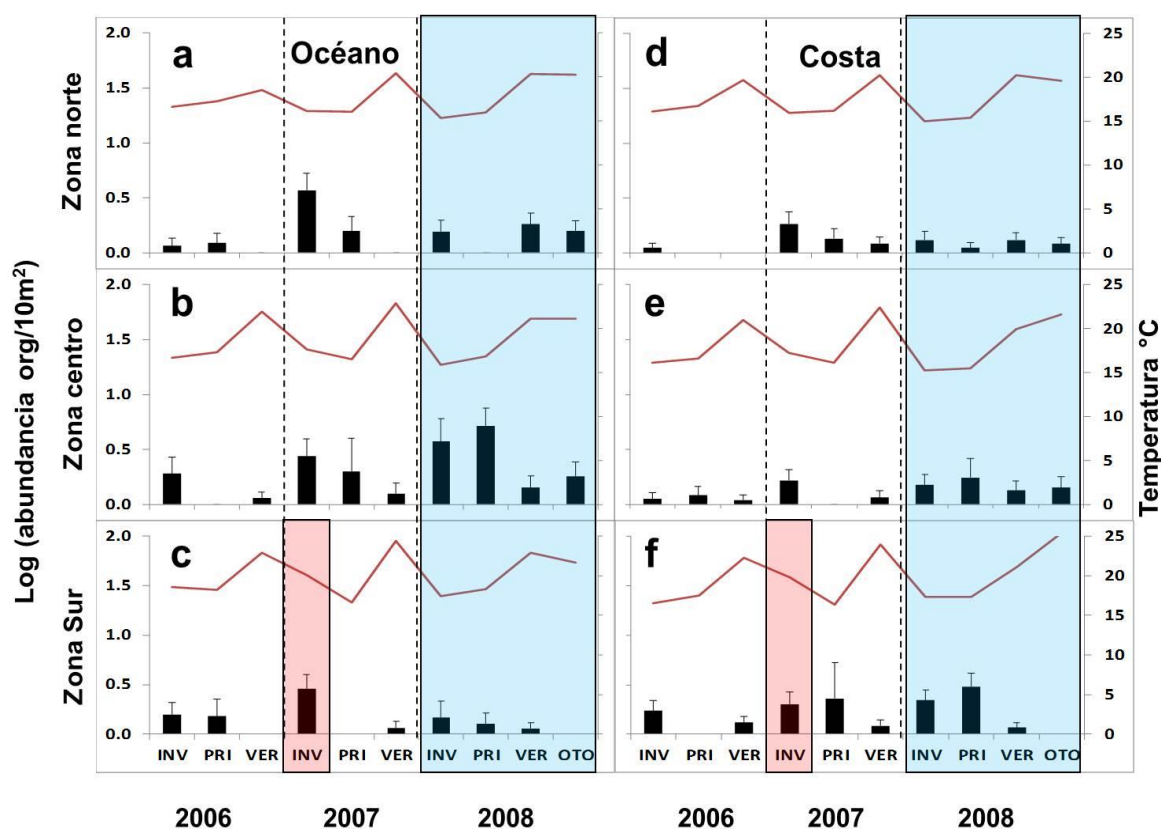


Figura 15. Abundancia total de estadios finales (FIX-FXI) durante el periodo 2006-2008. a) región océano norte, b) región océano centro, c) región océano sur; d) región costa norte, e) región costa centro, f) región costa sur. La línea continua color rojo indica la temperatura superficial, la franja de color rojo indica la anomalía del evento El Niño y la franja de color azul indica la anomalía del evento La Niña.

Puerulos

La ocurrencia de puerulos fue escasa, y estos ocurrieron en la región costera y oceánica de la zona norte (verano de 2007 y verano-otoño 2008), con abundancias entre 0.04 y 0.11 (log organismos por 10 m²) (Fig.16a, d), en la región oceánica de la zona centro, con abundancias de 0.07 (log organismos por 10 m²) (Fig. 16b) y en la región costera de la zona sur en verano 2007 y primavera 2008, con abundancias entre 0.03 y 0.06 (log organismos por 10 m²) (Fig. 16f). En general la mayor abundancia de puerulos ocurrió durante un evento La Niña moderada, asociados a un intervalo de TSM donde osciló entre 17.29 a 23.95 °C.

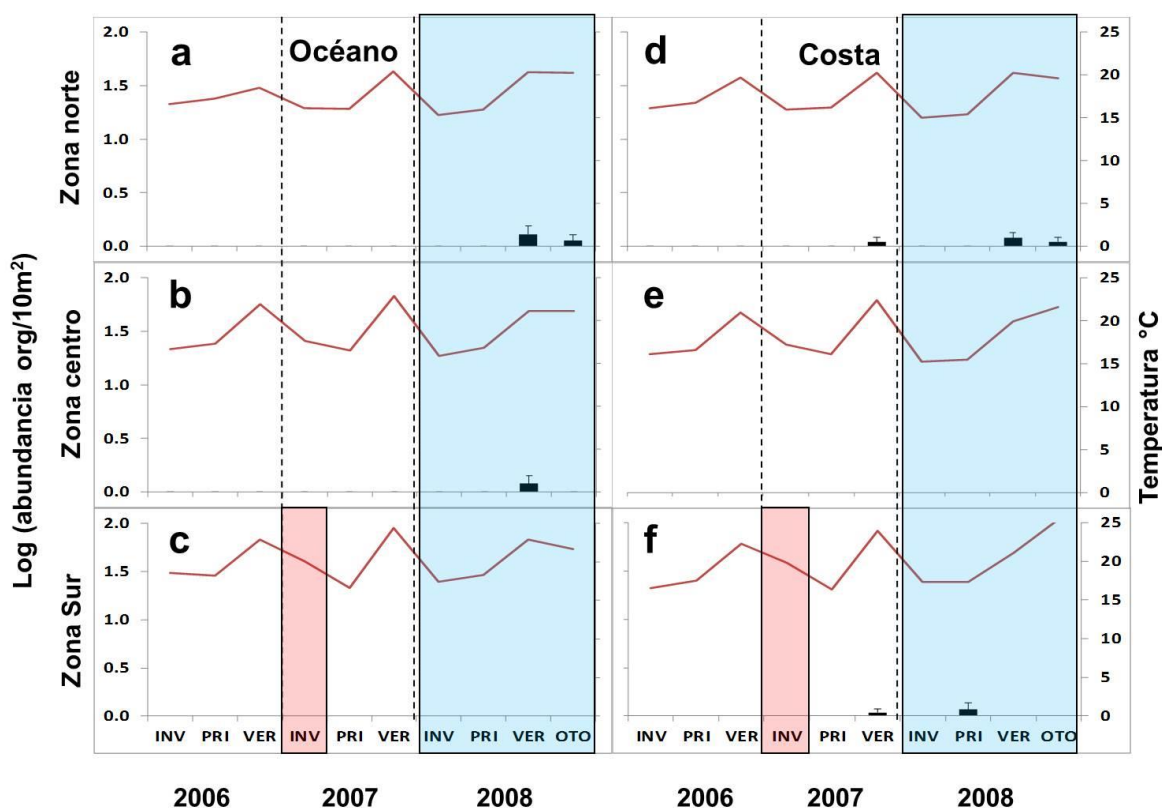


Figura 16. Abundancia total de puerulos durante el periodo 2006-2008. a) región océano norte, b) región océano centro, c) región océano sur; d) región costa norte, e) región costa centro, f) región costa sur. La línea continua color rojo indica la temperatura superficial, la franja de color rojo indica la anomalía del evento El Niño y la franja de color azul indica la anomalía del evento La Niña.

8.6 Distribución espacial de los estadios de desarrollo (FI-FXI+puerulo) en relación a flujos geostróficos y la TSM

Se analizó la influencia de corrientes y estructuras de meso escala (giros y meandros) como posibles precursores de la retención o dispersión de las larvas filosomas y puerulos de *P. interruptus*, así como, de establecer una relación entre la distribución de la abundancia y la TSM. Lo antes mencionado se georeferenció en mapas de distribución junto con los flujos geostróficos superficiales (0/500 dbar).

Invierno

Durante el invierno de 2006 y 2008 la mayor ocurrencia de estadios intermedios y finales se registraron en las zonas centro y sur (1-16 organismos por 10 m²), probablemente relacionados con el transporte del flujo geostrófico. Adicionalmente se observan estructuras de mesoescala como giros ciclónicos y anticiclónicos frente a Punta Baja, sin que estos sean los responsables de la retención de larvas en invierno de 2006 y 2008. (Figs. 17 y 18a, c).

En invierno de 2007, el flujo hacia el ecuador es débil, lo que probablemente permite que las larvas no sean transportadas y estén distribuidas en toda el área de estudio (Figs. 17 y 18b). En este crucero la abundancia de los estadios intermedios y finales vario entre 1-16 organismos por 10 m² (Figs. 17 y 18b), en un intervalo de TSM de 15 a 18 °C, excepto por una estación alejada a la costa frente a Punta Eugenia donde ocurre un flujo hacia mar abierto con valores de 17 a 64 organismos.

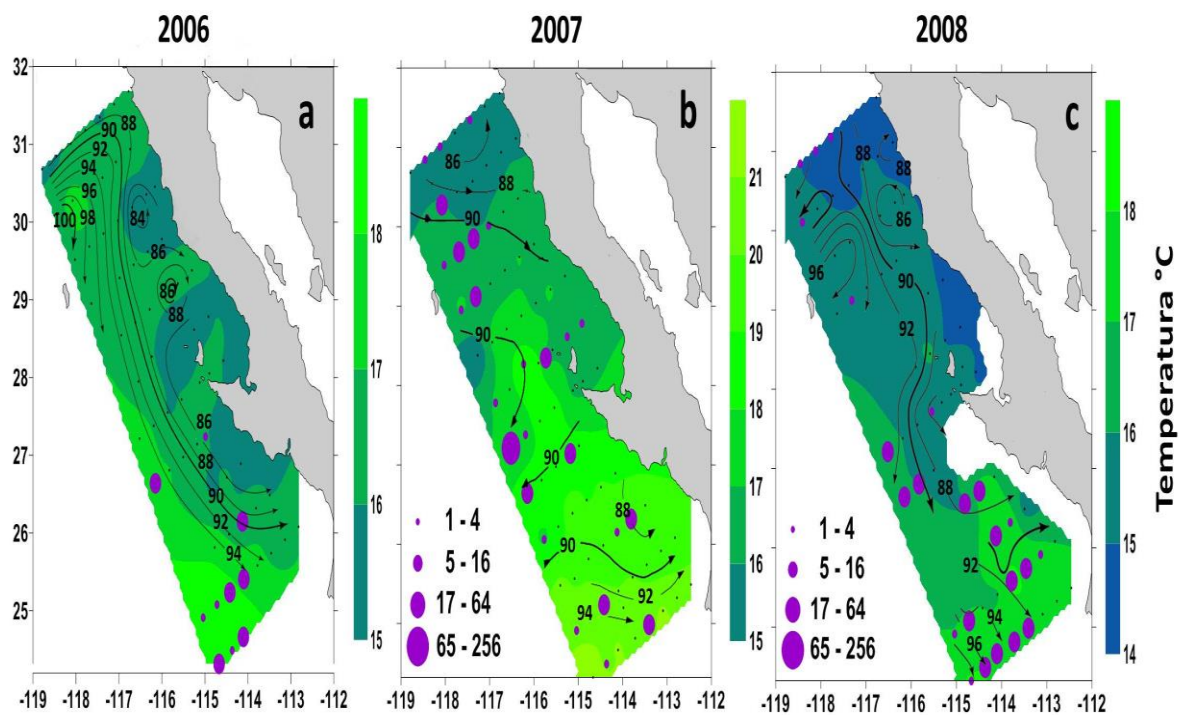


Figura 17. Distribución espacial de los estadios intermedios (V-VIII) durante invierno. a) 2006, b) 2007, c) 2008.

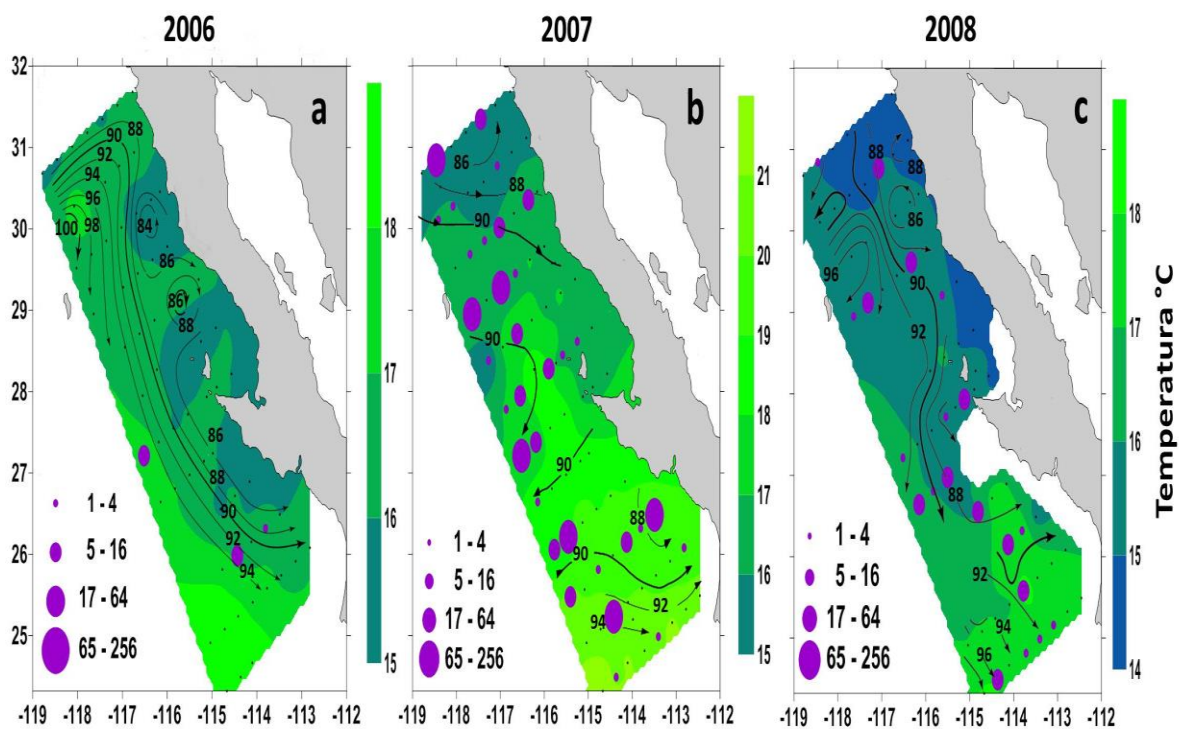


Figura 18. Distribución espacial de los estadios finales (IX-XI) durante invierno. a) 2006, b) 2007, c) 2008.

Primavera

En este periodo, el flujo geostrófico presenta la formación de meandros al norte del área (2006-2008) (Figs. 19 y 20, a, b, c; 21a) y la zona sur (2006 y 2008) (Figs. 19 y 20a, c; 21a). Además de un componente del flujo geostrófico en dirección al ecuador. En general, la abundancia de larvas fue escasa en primavera de 2006 a 2008. Durante 2006, los únicos registros de larvas se encontraron en la zona centro, frente a Punta Eugenia (Figs. 19 y 20a) y durante 2007, las larvas están relacionadas con flujos en dirección a la costa (Fig. 20b). El área de muestreo no fue cubierta completamente en 2007 y 2008 (Figs. 19 y 20b y c). Sin embargo es notable una agregación de estadios finales al sur del área de estudio en 2008 relacionada con un flujo hacia la costa en un intervalo de TSM de 15 a 18 °C (Fig. 20c).

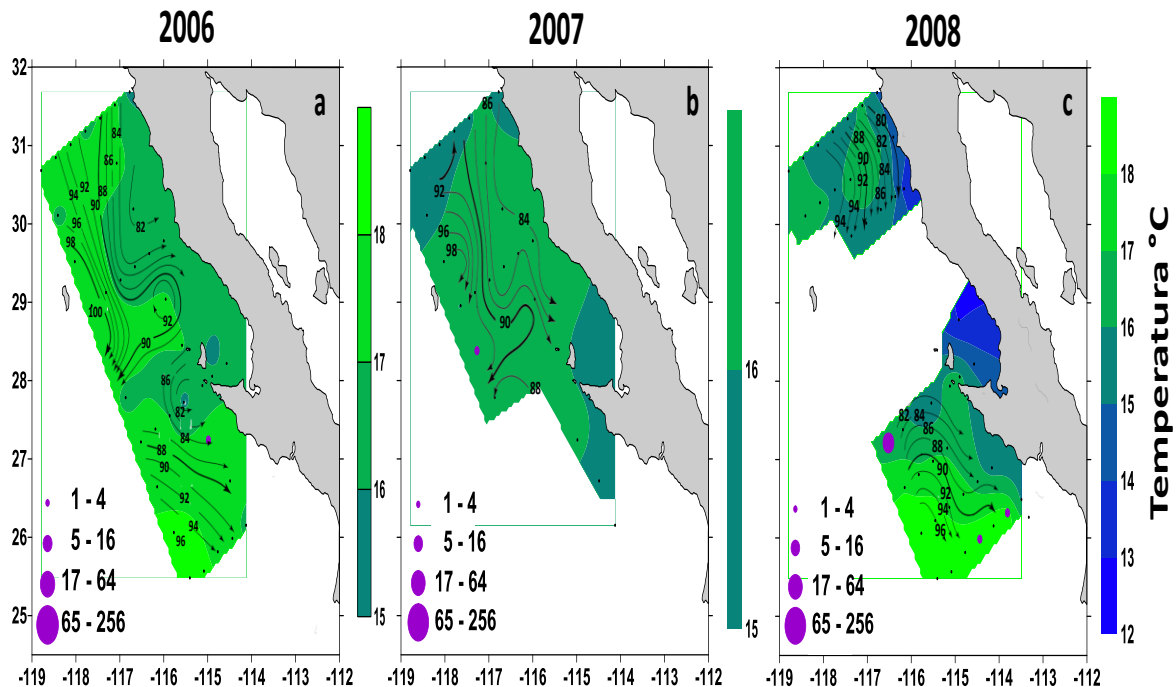


Figura 19. Distribución espacial de los estadios intermedios (V-VIII) durante primavera. a) 2006, b) 2007, c) 2008.

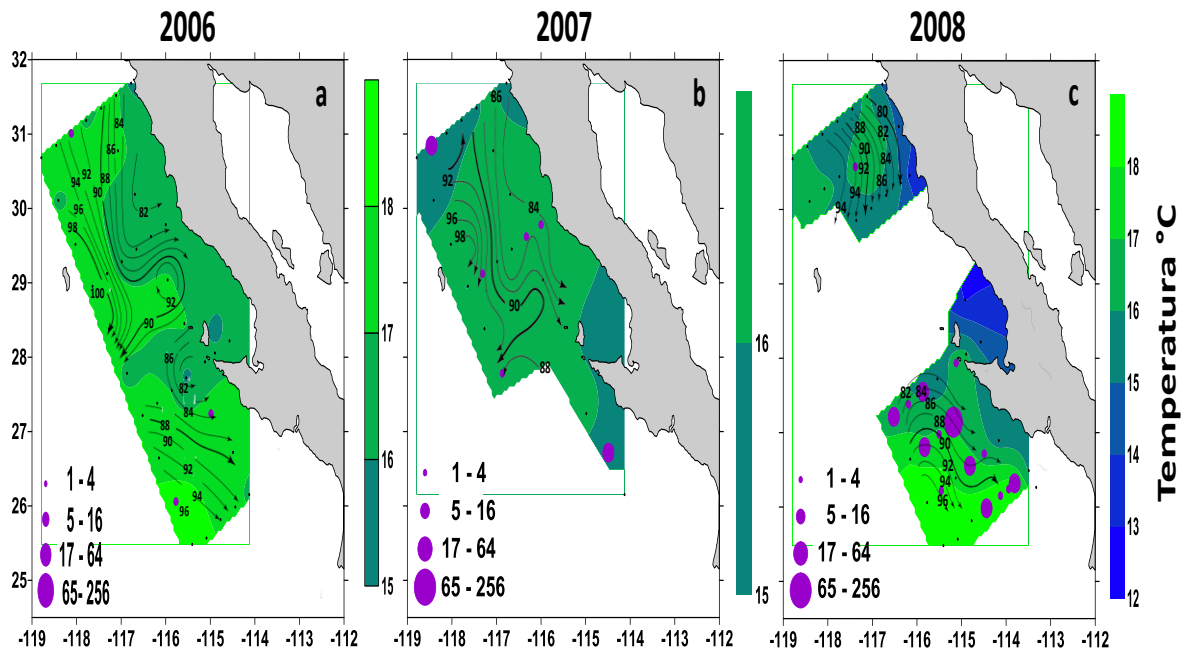


Figura 20. Distribución espacial de los estadios finales (IX-XI) durante primavera. a) 2006, b) 2007, c) 2008.

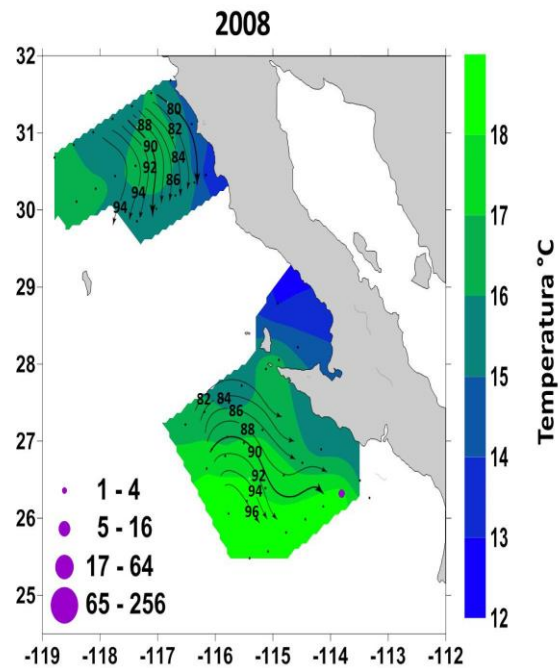


Figura 21. Distribución espacial de puerulos durante primavera 2008.

Verano

Durante los cruceros de verano (2006-2008) fue característica la formación de un giro ciclónico frente a Punta Eugenia y anticiclónicos, uno al suroeste de Isla Guadalupe y frente al Golfo de Ulloa (Figs. 22, 23, 24 y 25). Durante 2007, la presencia de larvas filosomas fue comparativamente mayor con respecto de 2006 y 2008, así como la presencia de todos los estadios larvales (FI-FXI+puerulo), relacionados con la formación de giros de mesoescala en 2007 (Figs. 22, 23 y 24b) y los estadios iniciales en verano de 2006 (Figs. 22a). En 2006 y 2007, las larvas estuvieron principalmente distribuidas en la zona sur (Figs. 22a, b; 23a, b y 24a). Durante 2008 fue notable la escases de estadios iniciales a lo largo del área de estudio y estos ocurrieron principalmente al sur relacionados con un giro ciclónico alejado de la costa (Fig. 22c). Los estadios finales y puerulos ocurrieron hacia las zonas norte y centro (Figs. 24c y 25b), probablemente relacionado con el debilitamiento del flujo geostrófico hacia el ecuador (Figs. 22, 23, 24 y 25).

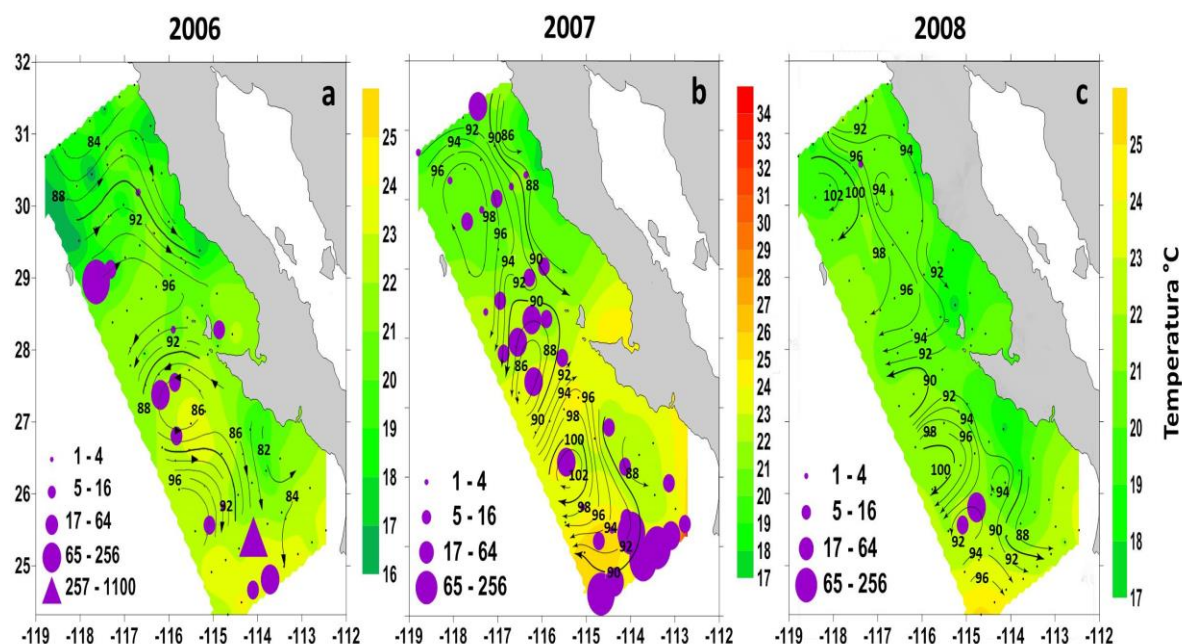


Figura 22. Distribución espacial de los estadios iniciales (I-IV) durante verano. a) 2006, b) 2007, c) 2008.

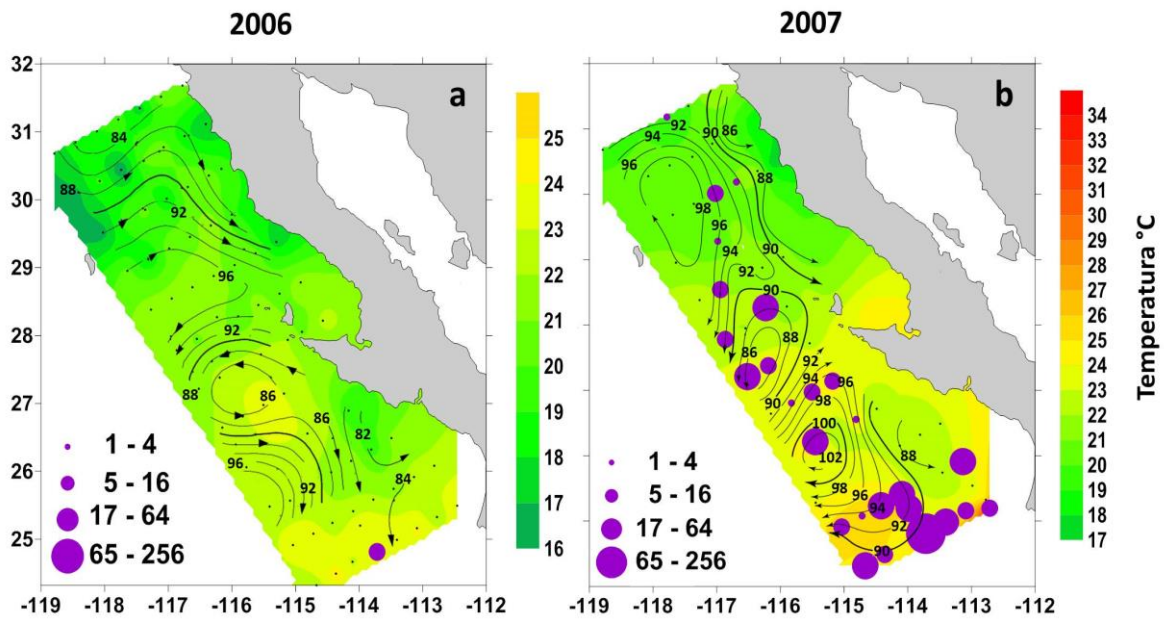


Figura 23. Distribución espacial de los estadios intermedios (V-VIII) durante verano. a) 2006, b) 2007.

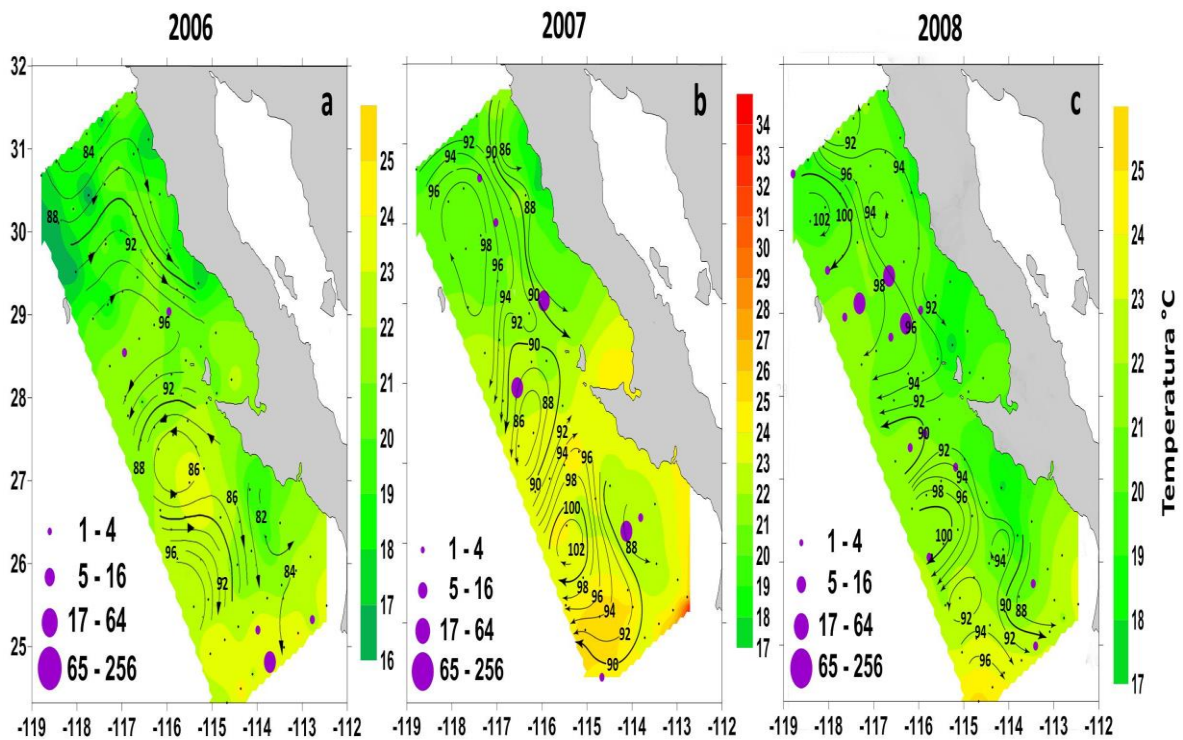


Figura 24. Distribución espacial de los estadios finales (IX-XI) durante verano. a) 2006, b) 2007, c) 2008.

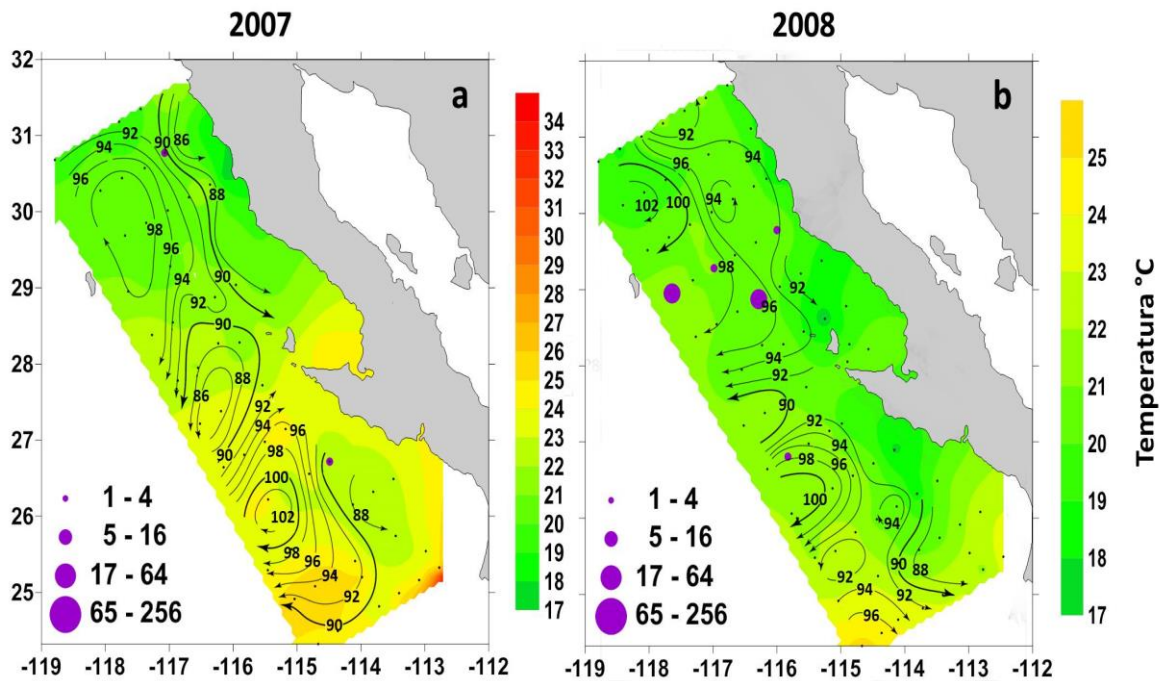


Figura 25. Distribución espacial de puerulos durante verano. a) 2007, b) 2008.

Otoño

En otoño de 2008, se observa un meandro que incursiona hacia la costa alrededor de Isla Guadalupe y el flujo geostrófico en dirección hacia el ecuador que corre paralelo a la línea de costa, al igual que en otros cruceros, se nota el efecto topográfico de Punta Eugenia en la desviación del flujo. En este crucero es notable una discontinuidad en la distribución de los estadios iniciales que ocurrieron en las tres zonas, como si éstos provinieran de diferentes centros de reproducción (Fig. 26a). Los estadios intermedios estuvieron ampliamente distribuidos en toda el área de estudio, con mayores abundancias frente a Punta Eugenia, relacionados por el flujo en dirección al ecuador. Similar a la distribución de los estadios iniciales se observó una distribución discontinua de los estadios finales que ocurrieron en la zona norte y centro, probablemente relacionado con un proceso de reclutamiento (Fig. 26c). Sin embargo, la ocurrencia de los puerulos únicamente se registró al norte del área de estudio, frente a Isla Guadalupe y

Punta Baja. En general la mayor abundancia de larvas filosomas ocurrió en un intervalo de TSM de 21 a 26 °C (Fig. 26).

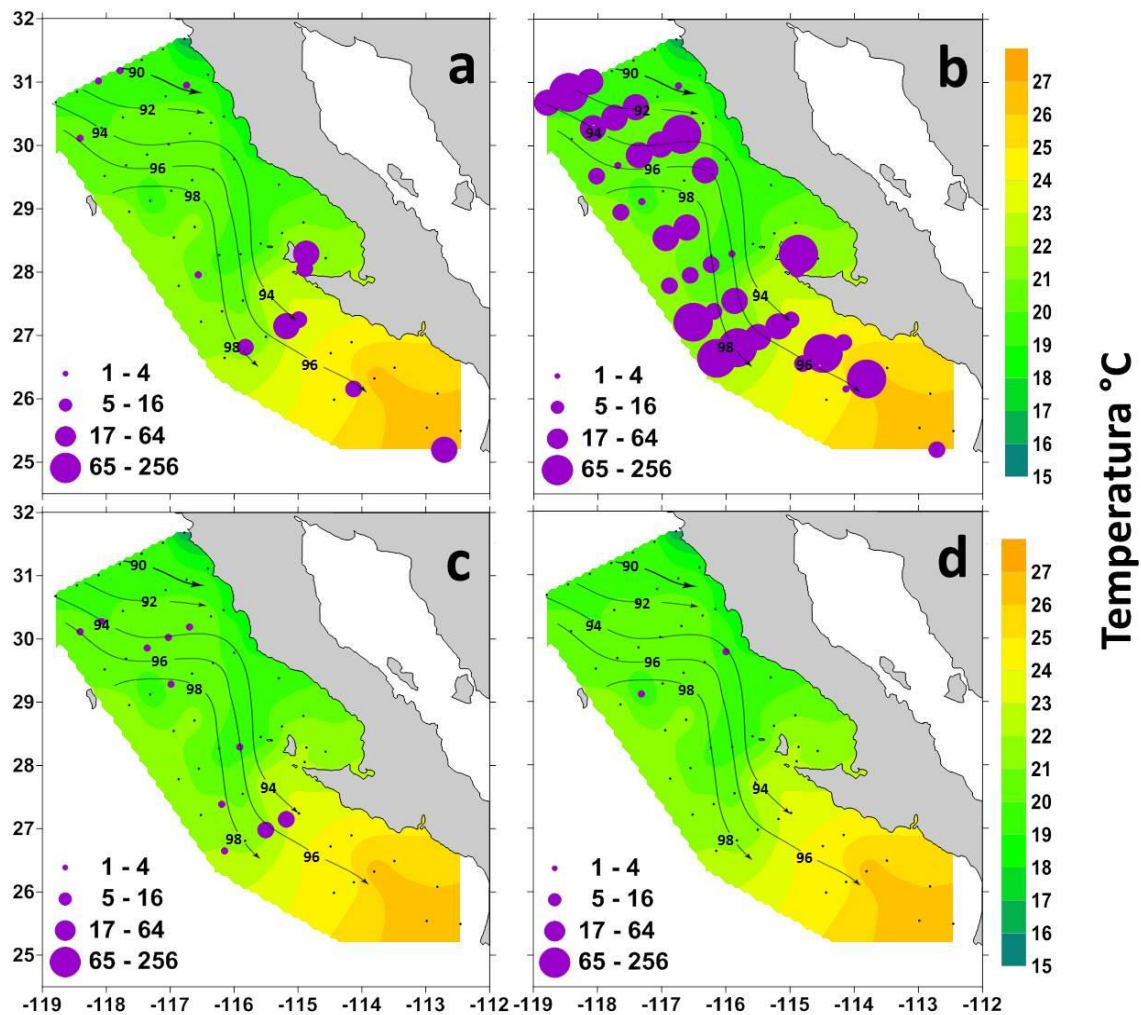


Figura 26. Distribución espacial de todos los estadios (I-XI+puerulo) durante otoño 2008. a) iniciales (I-IV), b) intermedios(V-VIII), c) finales(IX-XI), d) puerulos.

9. DISCUSIÓN

Las anomalías positivas del Índice Multivariado del ENSO (MEI,) indican un calentamiento El Niño moderado de junio de 2006 a febrero de 2007. Sin embargo, en el invierno de 2006-2007, las condiciones más cálidas y saladas semejantes a El Niño, dominaron la región IMECOCAL (Durazo, 2009), pero las anomalías cálidas de la TSM, únicamente se registraron al sur de Punta Eugenia y mayores en Cabo San Lucas (CSL) (Durazo, com. pers.). Condiciones La Niña

dieron inicio a principios de 2007 debido a una condición anómala de surgencia, que continuaron hasta la primavera de 2008 (Durazo, 2009).

La temperatura influye de manera decisiva en la distribución, procesos fisiológicos, metabolismo y reproducción de la langosta, como en otros organismos marinos (Lindberg, 1955; Chapa, 1964; Ayala *et al.*, 1973; Vega-Velázquez *et al.*, 1991). Por ejemplo, los eventos El Niño favorecen el reclutamiento de algunos invertebrados bentónicos como puerulos y juveniles de *P. interruptus* (Guzmán del Prío *et al.*, 2003). Al igual que el ENSO influye en los eventos reproductivos, porque anticipan (El Niño) o retrasan (La Niña) el periodo de reproducción de la langosta (Vega-Velázquez, 2003; Ortuño-Manzanarez, 2003).

En general, los estadios iniciales ocurren preferentemente en verano como ha sido detectado en diferentes periodos (1958-1969; 1999-2001; 1982-2008) (Johnson, 1960a; García-Kauffman, 2009; Koslow *et al.*, 2012). Sin embargo, la disminución de su abundancia en verano del 2008, con un incremento en la abundancia de los estadios iniciales en otoño del 2008, indica un desfase del periodo reproductivo, relacionado con el enfriamiento del sistema (Ortuño-Manzanarez, 2003; Vega-Velázquez, 2003). A su vez, el resultado de la comparación de la abundancia de larvas filosomas fue 50% mayor en este estudio, si se compara con un evento de calentamiento intenso (1997-1999; Peñaloza-Mayorazgo, 2008) y un 30% mayor, con respecto a un evento de enfriamiento La Niña (1999-2001; García-Kauffman, 2009). Esto pudiera significar que el incremento en la abundancia y probablemente la supervivencia larval no es mayor durante el calentamiento El Niño, ni tampoco con anomalías intensas de enfriamiento La Niña (MEI), pues lo que se identifica en este trabajo es una preferencia y mayor abundancia larval en la masa de agua Transicional (TrW), en un ambiente con incrementos moderados de la TSM durante el periodo 2006-2008.

La mayor densidad de larvas filosomas ocurrió en agua Transicional relativamente cálida (21-25°C), mientras que la ocurrencia fue mayor, aunque con baja abundancia en la masa de agua Subártica (SAW) de menor temperatura (14 a 21°C). Esto tiene una estrecha relación con el periodo de nacimiento de las larvas en la masa de agua transicional y posteriormente los supervivientes, que son menos numerosos, se desarrollan en la masa de agua subártica. No obstante, los nacimientos y distribución de los estadios intermedios pueden ocurrir en la masa de agua tropical (TSW) y subtropical superficial (StSW), de mayor temperatura (20 a 27 °C) al sur de Punta Eugenia (0701, 0807, 0810). Todo esto, en coincidencia con tres zonas de eclosión de langosta roja, entre Ensenada y Punta Baja, zona centro alrededor de Punta Eugenia y cerca de Bahía Magdalena (Pérez *et al.*, 2001; Peñaloza-Mayorazgo, 2008).

La exploración realizada mediante el análisis de CCA, identifica un periodo cálido (verano-otoño) con estadios iniciales e intermedios (I-VI) que son más abundantes en un ambiente de mayor TSM y spiceness y por el contrario, los estadios más avanzados (IX-XI) se relacionaron con agua de mayor concentración de oxígeno disuelto y sigma t . Esta dispersión no es posible de observar con el valor de la abundancia total, dada la amplia distribución de las larvas filosomas en diferentes masas de agua, como era de esperar por el tiempo de permanencia en el plancton. Al igual que no se establece una relación con las variables geográficas (profundidad de estación, latitud y longitud). Por otro lado, la presencia de puerulos en verano de 2007 y verano-otoño de 2008, pudieran corresponder a las larvas eclosionadas un año anterior, respectivamente.

Diversos autores mencionan que el transporte y retención de larvas filosomas es influenciada por giros de mesoescala, meandros, contracorrientes y corrientes superficiales que aseguran el reclutamiento de la población (Johnson, 1960b; George y Main, 1967; Phillips, 1977; Phillips y Sastry, 1980; Pringle, 1986; Muñoz-García, 2008). La presencia de dos giros anticiclónicos en verano es señalada en diferentes estudios, al sur oeste de Isla Guadalupe y frente al Golfo

de Ulloa, mientras que un giro ciclónico es asociado a Punta Eugenia (Lynn y Simpson, 1987; Pares Sierra, 1997; Ortuño-Manzanarez, 2003; Durazo, 2009). En estos giros existió un traslape de diferentes estadios de desarrollo de larvas de langosta, aunque estas fueran escasas dentro de los giros durante el verano. Sin embargo, el flujo geostrófico en dirección al ecuador durante el periodo 2006-2008, permite suponer que es el principal mecanismo de distribución y transporte, como se observa en el gradiente de la abundancia de larvas filosomas que aumenta hacia la zona central y sur del área de estudio. A su vez, la baja abundancia de larvas en primavera pudiera ser relacionada con eventos de surgencia costera, porque existe un transporte de larvas hacia mar abierto, originado por el patrón de vientos en combinación con el transporte de Ekman (Pringle, 1986; Rycaczewski y Checkley, 2008).

La distribución de los diferentes estadios de desarrollo ocurrió tanto en estaciones costeras como oceánicas. Sin embargo, el reclutamiento de los puerulos hacia los centros de asentamiento costero pudiera ser desfavorable, si éstos se encuentran en aguas oceánicas. A pesar de ello, se ha reportado que los puerulos son capaces de nadar horizontalmente hacia la plataforma continental desde 40-60 km, a velocidades de 30 cm/s^{-1} (Cobb *et al.*, 1989; Phillips y Sastry, 1980) e incorporarse al fondo donde crecerán hasta adultos (Serfling y Ford, 1975). Por otro lado, la incorporación de los estadios finales y puerulos hacia los centros costeros de reclutamiento ubicados al norte y centro de la península, pudiera ser mediante corrientes subsuperficiales, ya que aun cuando no se observan corrientes de retorno, el asentamiento al sur de la cuenca de California, se debe a un mayor transporte hacia el norte de la Corriente de Davidson, sobre todo en eventos El Niño (Pringle, 1986; Koslow *et al.*, 2012).

10. CONCLUSIONES

La mayor densidad de larvas filosomas estuvo asociada a la masa de Agua Transicional (TrW), mientras que la ocurrencia de larvas puede ser mayor en Agua Subártica, aunque en baja abundancia.

Las larvas filosomas se encontraron en un amplio intervalo de temperatura desde 14° hasta 27 °C, con mayor ocurrencia en el intervalo de 20° a 25 °C. Los estadios iniciales fueron relacionados con el incremento de la temperatura y “spiciness”, que es consistente con el periodo reproductivo de la langosta en verano.

Los estadios intermedios y finales estuvieron relacionados con aguas de mayor concentración de oxígeno disuelto, menor temperatura y salinidad. Los puerulos no presentaron ninguna relación positiva con éstas variables, porque se encontraron en aguas intermedias de TSM, salinidad y oxígeno disuelto.

Las condiciones de calentamiento de El Niño no influyeron en la zona de estudio, ni se presentaron anomalías intensas de La Niña, lo cual contribuyó a un notable incremento de la abundancia larval total (2006-2008), con anomalías moderadas en comparación a otros periodos con calentamiento y enfriamiento El Niño y La Niña intensos (1997-1999; 1999-2001).

En el área de estudio se corrobora la existencia de tres zonas de eclosión de acuerdo con la abundancia de larvas iniciales y tres de reclutamiento por la cercanía de puerulos en estaciones cercanas a la costa, que sugiere su proximidad al asentamiento en la zona costera (zona norte, Ensenada a Punta Baja; zona central, frente a la isla Cedros; y zona sur, frente al Golfo de Ulloa).

La mayor abundancia de larvas se registró en la zona sur del área de estudio, probablemente relacionado con el desarrollo del flujo de corrientes en dirección al ecuador, a diferencia de otros estudios que indican una mayor abundancia en la parte central de la península.

El traslape de diferentes estadios de desarrollo de larvas de langosta fue evidente durante la formación de dos giros anticiclónicos y uno ciclónico que

pudiera sugerir la retención de larvas durante el verano. No obstante, la mayor abundancia no se presenta dentro de los giros.

11. LITERATURA CITADA

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

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

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.

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

Buesa, R. J. 1965. Biología de langosta *Panulirus argus* (Latreille 1804), (Crustacea, Decapoda, Reptantia) en Cuba. *Inst. Nal. Pesca*. 230.

Buesa, R. J. 1969. Langosta común *Panulirus argus* (Latreille), hacia nuevos objetivos en su investigación. Mar y Pesca. *Inst. Nal. Pesca. Cuba*. 46: 4-11.

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

Cobb, J. S., D. B. Wang, D. B. Campbell and P. Rooney. 1989. Speed and direction of swimming by postlarvae of the American lobster. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 118: 82–86.

Chittleborough, R. G & L. R. Thomas. 1969. Larval ecology of the Western Australian marine crayfish, with notes upon other palinurid larvae from the eastern Indian Ocean. *Australian J. Mar. Freshw. Res.*, 20: 199-223.

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.

Durazo, R. 2009. Climate and upper ocean variability off Baja California, Mexico: 1997-2008. *Progress in Oceanography* 53 361-368.

Durazo, R., A. M. Ramírez-Manguilar, L. E. Miranda & L. A. Soto-Mardones. 2010. Climatología de Variables Hidrográficas. In: G. Gaxiola-Castro y R. Durazo-Arvizu (eds). *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California, 1997-2007*. SEMARNAT-INE-CICESE-UABC, México. 25-57.

Espinosa-Carreón, T. L., G. Gaxiola-Castro, E. Beier, P. Ted Strub & J. A. Kurczyn. 2012. Effects of mesoscale processes on phytoplankton chlorophyll off Baja California. *Journal of Geophysical Research*. 117: 1-12.

García-Kauffman, I. 2009. *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)*. Tesis de

Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 92.

García-Rodríguez, F. J & R. Pérez-Enríquez. 2006. Genetic differentiation of the California spiny lobster *Panulirus interruptus* (Randall, 1840) along the west coast of the Baja California Peninsula, Mexico. *Mar. Biol.*, 148: 621-629.

Garrison, L. P., W. Michaels, J. S. Link & M. J. Fogarty. 2002. Spatial distribution and overlap between ichthyoplankton and pelagic fish and squids on the southern flank of Georges Bank. *Fisheries Oceanography*, 11(5): 267–285.

George, R. W & A. R. Main. 1967. The evolution of spiny lobsters (Palinuridae): a study of evolution in the marine environment. *Evolution*. 21: 803-820.

Goericke, R., E. Venrick, T. Koslow, W. Sydeman, F. B. Schwing, S. J. Bograd, W. T. Peterson, R. Emmett, J. R. Lara Lara, G. Gaxiola Castro, J. Gomez Valdez, K. D. Hyrenbach, R. W. Bradley, M. J. Weise, J. T. Harvey, C. Collins & N. C. H. Lo. 2007. The state of the California current, 2006–2007: Regional and local processes dominate. *Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest. Rep.* 48:33–66.

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): 111–128.

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. Durazo, 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 California Current in 1998-1999: Transition to cool-water conditions. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigation Report*. 40: 29-61.

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

Henson, S. A & A. C. Thomas. (2007a). Phytoplankton scales of variability in the California Current System: 2. Latitudinal variability. *J. Geophys. Res.*, 112, C07018, doi:10.1029/2006JC004040.

Henson, S. A & A. C. Thomas (2007b). Interannual variability in timing of bloom initiation in the California Current System. *J. Geophys. Res.*, 112, C08007, doi:10.1029/2006JC003960.

Hernández-Rivas, M. E., M. del C. Peñaloza-Mayorazgo & R. González-Armas. 2010. *Fase larval de langosta roja durante 1997-1999*. 382-396. En: G. Gaxiola-Castro & R. Durazo (Ed.) *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. 505.

Hickey, B. M. 1979. The California Current System-hypothesis and facts. *Progress in Oceanography*. 8: 191-279.

Johnson, M. W. 1951. A giant phyllosoma larvae of a loricate crustacean from the tropical pacific. *Trans. Am. Microsc Soc.*, 70:274-278.

Johnson, M. W. 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.

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

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

Johnson, M. W. & E. Brinton, 1963. Biological Species, Water Masses, and Currents. 381-414. In M. W. Hill (Ed) *The Sea: ideas and Observations on Progress in the Study of the seas*. John Wiley & Sons. New York: 554.

Johnson, M. W., 1971. The Palinurid and Scyllarid lobster larvae of the Tropical Eastern Pacific and their distribution as related to the prevailing hydrography. *Bulletin Scripps Institution of Oceanography*. 19:1-36.

Koslow, J. A., L. R. Bennett & D. J. Neilson. 2012. A time series of California spiny lobster (*Panulirus interruptus*) phyllosoma from 1951 to 2008 links abundance to warm oceanographic conditions in Southern California. *CalCOFI Rep*. Vol. 53:132-139.

Lindberg, R. G. 1955. Growth, population dynamics, and field behaviour in the spiny lobster, *Panulirus interruptus* (Randall). University of California. *Publication Zoological*. 59: 157-248.

Lynn, R. J & J. Simpson. 1987. The California Current System: The seasonal variability of its physical characteristics. *Journal of Geophysical Research*. 92 (C12): 12947 – 12966.

McClatchie, S., R. Goericke, J. A. Koslow, F. B. Schwing, S. J. Bograd, R. Charter, W. Watson, N. Lo, K. Hill, J. Gottschalck, M. L'heureux, Y. Xue, W. T. Petterson, R.

Emmett, C. Collins, G. Gaxiola-Castro, R. Durazo, M. Kahru, B. G. Mitchell, K. D. Hyrenbach, W. J. Sydeman, R. W. Bradley, P. Warzybok & E. Bjorkstedt. 2008. The State of the California Current, 2007–2008: La Niña conditions and their effects on the ecosystem. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 49:39–76.

McClatchie, S., R. Goericke, F. B. Schwing, S. J. Bograd, W. T. Petterson, R. Emmett, R. Charter, W. Watson, N. Lo, K. Hill, C. Collins, M. Kahru, B. G. Mitchell, J. A. Koslow, J. Gomez Valdez, B. E. Lavaniegos, G. Gaxiola Castro, J. Gottschalck, M. L'Heureux, Y. Xue, M. Manzano Sarabia, E. Bjorkstedt, S. Ralston, J. Field, L. Rogers Bennet, L. Munger, G. Campbell, K. Merkens, D. Camacho, A. Havron, A. Douglas & J. Hildebrand. 2009. The state of the California Current, spring 2008–2009 : cold conditions drive regional differences in coastal production. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 50: 43-68.

McCune, B. & M. J. Mefford. 1999. Multivariate Analysis of Ecology Data PC-ORD. Version 4.0. MjM Software. Gleneden Beach. Oregon. USA.

Moser, H.G., R. L. Charter, P.E. Smith, D. A. Ambrose, S. R. Charter, C. A. Meyer, E. M. Sandknop & W. Watson. 1993. Distributional atlas of fish larvae and eggs in the California Current Region: Taxa with 1000 or more total larvae, 1951through 1984. CALCOFI ATLAS No.31. 233.

Muñoz-García, I. R. 2008. *Modelo conceptual del transporte de larvas filosomas de Panulirus interruptus (Bouvier) y Panulirus gracilis streets en el Pacifico Este Tropical*. Tesis Doctoral. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 198.

Ortuño-Manzanarez, G. 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.

Parés-Sierra, A., M. López & E. G. Pavía 1997. Oceanografía Física del Océano Pacífico Nororiental. en: M.F. Lavín. Editor. Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía No. 3. *Unión Geofísica Mexicana*. 1-24.

Peñaloza-Mayorazgo, M. del C. 2008. *Dinámica larval de langosta roja (Panulirus interruptus) en la costa occidental de la península de Baja California, México, durante el ENOS, 1997-1999*. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 87.

Peterson, W. T., R. Emmett, R. Goericke, E. Venrick, A. Mantyla, S. J. Bograd, F. B. Schwing, R. Hewitt, N. C. H. Lo, W. Watson, J. Barlow, M. Lowry, S. Ralston, K. A. Forney, B. E. Lavaniegos, W. J. Sydeman, D. Hyrenbach, R. W. Bradley, P. Warzybok, F. Chavez, K. Hunter, S. Benson, M. Weise, J. Harvey, G. Gaxiola Castro & R. Durazo. 2006. The State of the California Current, 2005–2006: warm in the north, cool in the south. Calif. Coop. *Oceanic Fish.* Invest. Rep. 47:30–74.

Philander, S. G. 1990. El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation. ix + 293. San Diego, New York, Berkeley, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto: Academic Press (Harcourt Brace Jovanovich). Price £42.50 (hard covers). ISBN 0 12 553235 0. *International Geophysics Series* Vol. 46.

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

Phillips, B. F & A. N. Sastry. 1980. Larval ecology. 11-57. En: The biology and management of lobsters. Vol. II Ecology and management (Ed). Cobb J. S & B. F. Phillips. *Academic Press, New York*. USA. 390.

Pineda, B. J., A. S. Díaz de León & T. F. López. 1976. Principales áreas de pesca de langosta en la costa occidental de la Península de Baja California. *Mem. Simp. Recursos Pesqueros Masivos de México*. Vol. Especial Abulón/Langosta I: 1-35.

Pineda, B. J., A. J. Díaz de León & F. U. Osorio. 1981. Fecundidad de langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall, 1842) en Baja California. *Ciencia Pesquera. Inst. Nal. Pesca*. Depto. Pesca. México. I (1): 99-118.

Pringle, J. D. 1986. California Spiny lobster (*Panulirus interruptus*) larval retention and recruitment: a review and synthesis. *Canadian Journal Aquatic Science*. 43: 2142-52.

Rimmer, D. W & B. F. Phillips. 1979. "Diurnal migration and vertical distribution of phyllosoma larvae of the western rock lobster, *Panulirus cygnus* George". *Mar. Biol.* 54:109-124.

Rykaczewski, R. R & D. M. Checkley. 2008. Influence of ocean winds on the pelagic ecosystem in upwelling regions. *The National Academy of Sciences of the USA*. Vol. 105. No. 6: 1965-1970.

SAGARPA. 2004. Carta Nacional Pesquera 2004. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación: México. 112.

Serfling, S. A & R. F. Ford. 1975. Ecological studies of the puerulos larval stage of the California spiny lobster *Panulirus interruptus*. *Fishery Bulletin*. 73. 361-68.

Smith, P. E & S. L. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospección de huevos y larvas de peces pelágicos. *FAO. Doc. Tec. Pesca*. 175.

Soto-Mardones, L., A. Parés-Sierra, J. Garcia, R. Durazo & S. Hormazabal. 2004. Analysis of the mesoscale structure in the IMECOCAL region (off Baja California) from hydrographic, ADCP and altimetry data. *Deep-Sea Research*. II 51: 785-798.

Ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*. 67(5): 1167-1179.

Vega-Velázquez, 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 74 & 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.

Vega-Velázquez, A., C. G. Espinoza & C. Gómez-Rojo. 1996. Pesquería de la langosta (*Panulirus spp.*). En: Casas-Valdéz, M. & G. Ponce-Díaz (eds.). Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Gobierno del Estado de Baja California Sur. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. *Centro Regional de Investigaciones Pesqueras y Centro de Estudios Tecnológicos del Mar*. 227–261.

Vega-Velázquez, A. 2003. Reproductive strategies of the spiny lobster *Panulirus interruptus* related to the marine environmental variability off central Baja California, Mexico: Management Implications. *Fisheries Research*. 65: 123-135.

Vega-Velázquez, A., y G. Espinoza C. 2005. Evaluación de la eficiencia de la veda temporal del recurso langosta (*Panulirus sp.*) en la costa sudoccidental de B. C. S.

y propuesta de ajuste a la veda en las zonas II y IV. CRIP-La Paz/*Instituto Nacional de la Pesca*. Informe de investigación.

Vega-Velázquez, A., G. Espinoza C, E. Treviño Gracia, A. Del Valle Manríquez, R. Ayala Murillo & C. E. Castro Aguirre. 2007. Resultados de las investigaciones biológico-pesqueras sobre langosta (*Panulirus* sp.) en las costas de Baja California Sur, durante 2006. Informe de investigación, CRIP-La Paz/ *Instituto Nacional de la Pesca*. 26.

Vega-Velázquez, A., G. E. Treviño, C. G. Espinoza & L. C. Zuñiga P. 2010. Evaluación de la pesquería de langosta roja (*Panulirus interruptus*) en la región centro occidental de la península de Baja California, mediante modelos dinámicos de biomasa: puntos de referencia y recomendaciones de manejo. *Instituto Nacional de la Pesca/SAGARPA*. México. 21.

Yeung, C & M. F. McGowan. 1991. "Differences in inshore-offshore and vertical distribution of Phyllosoma larvae of *Panulirus*, *Scyllarus* and *Scyllarides* in the Florida Keys in May-June, 1989". *Marine Science*. 49(3):699-714.

Wirtky, K. 1965. Surface currents of the eastern tropical Pacific ocean. *Inter American Tropical Tuna Comm. Bulletin*. 9 (5): 269-504.