



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS
MARINAS**



**TAXONOMÍA DE LARVAS DE
ESTOMATÓPODOS Y SU DISTRIBUCIÓN
GEOGRÁFICA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA
Y PACÍFICO CENTRAL MEXICANO**

TESIS

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

**PRESENTA
BRENDA PATRICIA SANTIAGO UGARTE**

LA PAZ, B.C.S., DICIEMBRE DE 2018



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA 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 28 del mes de Noviembre del 2018 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:

**"TAXONOMÍA DE LARVAS DE ESTOMATÓPODOS Y SU DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA
EN EL GOLFO DE CALIFORNIA Y PACÍFICO CENTRAL MEXICANO"**

Presentada por el alumno:

SANTIAGO

Apellido paterno

UGARTE

materno

BRENDA PATRICIA

nombre(s)

Con registro:

A	1	7	0	6	1	8
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRIA 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

DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO
Director de Tesis

DRA. ROXANA DE SILVA DÁVILA
2ª. Directora de Tesis

DR. JAIME GÓMEZ GUTIÉRREZ

M. en C. JOSÉ RICARDO PALOMARES GARCÍA

DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO



I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 29 del mes de Noviembre del año 2018

El (la) que suscribe BIÓL. BRENDA PATRICIA SANTIAGO UGARTE Alumno (a) del Programa
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A170618 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO y DRA. ROXANA DE SILVA DÁVILA

y cede los derechos del trabajo titulado:

"TAXONOMÍA DE LARVAS DE ESTOMATÓPODOS Y SU DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA
EN EL GOLFO DE CALIFORNIA Y PACÍFICO CENTRAL MEXICANO"

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: brendasantiagoug@gmail.com - strujil@ipn.mx - rdesilvadavila@gmail.mx

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


BIÓL. BRENDA PATRICIA SANTIAGO UGARTE

Nombre y firma del alumno

Este estudio se realizó gracias a los fondos obtenidos a partir de la colaboración del Instituto Politécnico Nacional (IPN) con el Instituto Nacional de Pesca del Gobierno de México (INAPESCA) a través del proyecto de investigación 2014-RE/107 “Prospección acústica, biología pesquera básica y censos de huevos y larvas de peces, larvas de langosta y paralarvas de calamar, de especies de importancia comercial en el noroeste de México”. Asimismo, gracias a los proyectos aprobados por la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN realizados en el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (SIP 20141384, 20150609, 20151175, 20161524, 20160813, 20171521, 20171805, 20180809, 20181119 y 20181164) a partir de los cuales se generaron las muestras y los datos involucrados en el desarrollo de esta tesis. Datos y muestras también fueron obtenidos del proyecto “Fitoplancton nocivo del Pacífico Tropical mexicano: caracterización de especies y comunidades, y variables ambientales asociadas a los eventos tóxicos y nocivos” del ICMyL-UNAM. También, se agradece el apoyo económico recibido por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y del Instituto Politécnico Nacional a través del programa de Beca de Estímulo Institucional de Formación de Investigadores (BEIFI) en los proyectos SIP 20161524 y SIP 20171521, así como a la beca tesis institucional de posgrado.

Agradecimientos

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional por todas las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de mis estudios de posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI-IPN) por las becas otorgadas durante la realización de esta investigación.

Quiero expresar mi especial agradecimiento a mis directores de tesis el Dr. Sergio Hernández Trujillo y la Dra. Roxana de Silva Dávila, por brindarme su constante apoyo, conocimiento y dedicación; por el tiempo, la ayuda y el aprendizaje brindado en la elaboración de la presente tesis. Gracias por siempre creer en mi trabajo.

A mi comité revisor de tesis: Dr. Jaime Gómez Gutiérrez, Dr. Rogelio González Armas y M.C. Ricardo Palomares García, por sus comentarios, aportaciones y tiempo dedicado a la presente tesis.

A la Dra. Roxana de Silva Dávila por siempre estar pendiente de mí, no solo en lo académico sino también en lo personal, por haber aceptado el reto que implicaba este trabajo, por aceptar aprender conmigo, por siempre brindarme las herramientas necesarias, pero sobre todo por ayudarme a crecer como persona y creer en mí.

Al Dr. Sergio Hernández Trujillo por haberme guiado desde el momento en que tuve la oportunidad de trabajar con zooplancton, por siempre motivarme, por aceptar aprender conmigo sobre larvas de estomatópodo e impulsarme a trabajar con estos organismos que son muy geniales, pero sobre todo gracias por haberme acogido como parte de su familia académica.

Al M.C. Alfonso Esquivel Herrera por haberme introducido al mundo del plancton, por contactarme con esta honorable institución, por motivarme a realizar una maestría, por enseñarme que la vida es más bella si todos los días aprendes cosas nuevas y por el afecto siempre brindado hacia mi persona. Un honor haber sido su alumna.

Al Dr. Rodrigo Moncayo Estrada por ayúdame a despejar mis dudas, por siempre estar pendiente de mi aprendizaje tanto dentro como fuera del aula.

Al M.C. Gustavo De La Cruz Agüero por siempre tener tiempo para ayudarme a analizar, aprender y mejorar mi trabajo.

A todos mis compañeros y amigos de la maestría. Siempre es bueno conocer gente que te ayuda a crecer.

Dedicatoria

ÍNDICE

ÍNDICE.....	vi
RELACIÓN DE FIGURAS.....	vii
RELACIÓN DE TABLAS.....	vii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
GLOSARIO.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	6
HIPÓTESIS.....	7
OBJETIVOS.....	7
Objetivo general.....	7
Objetivos particulares.....	8
ÁREA DE ESTUDIO.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
Identificación de larvas de estomatópodos.....	11
Identificación larval.....	11
Análisis morfométrico.....	13
Descripción morfológica.....	14
Distribución geográfica y análisis ecológico.....	17
RESULTADOS.....	17
Análisis morfológico.....	17
Análisis morfométrico.....	18
Descripciones morfológicas:.....	24
Análisis ecológico.....	52
DISCUSIÓN.....	55
Descripciones morfológicas.....	55
Análisis morfométrico.....	58
Análisis ecológico.....	60
CONCLUSIONES.....	66
REFERENCIAS.....	67

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio y estaciones de muestreo en el Golfo de California y el Pacífico central mexicano.....	9
Figura 2. A) Tagmosis lateral de una larva de estomatópodo. Modificado de Ahyong et al. (2014). B) Estadios de desarrollo larval del grupo Stomatopoda. Modificado de Díaz (1998) y Ahyong et al. (2014).....	12
Figura 3. Diagrama de las estructuras medidas y los conteos incluidos en el análisis morfométrico. A: Longitud total (LT), longitud patrón (LP), longitud del rostrum (LR), B: longitud de la anténula (LAN), longitud del tallo ocular (LTO), longitud del ojo (LO), longitud del dactilo (LD), longitud del pleon (LPL), longitud del mero (LM), longitud del tórax (LTorx), longitud del abdomen (LAbd), ancho del abdomen en su parte más angosta y ancho del abdomen en el área más amplia (AA1 y AA2 respectivamente), longitud del telson (LTel), ancho del telson (AT), C: longitud de la antena (LA), longitud del caparazón (LC), ancho del caparazón (AC), longitud de la espina anterior (LEA), longitud de la espina media (LEM), longitud de la espina posterior (LEP), longitud del urópodo (LU) longitud de la espina lateral (LEL), longitud de la espina submedia (LESM), longitud de la espina intermedia (LEI) y longitud de la abertura del telson (LAT), C: Número de denticulos intermedios, número de denticulos submedianos (NDS), las espinas ventrolaterales (EVL) y el número de espinas presentes en el pleon (EP). Modificado de Tang (2009) y Ahyong et al. (2014).....	16
Figura 4. Análisis discriminante de los siete morfotipos en estadios temprano de desarrollo: SQM1, SQM4, SQM13, NAM2, LYM5, LYM6 y NCM3 utilizando las siete variables mejor correlacionadas en los dos primeros ejes.....	20
Figura 5. Análisis discriminante de los siete morfotipos en estadios tardío de desarrollo: SQM1, SQM4, SQM13, NAM2 y LYM8 utilizando las siete variables mejor correlacionadas en los dos primeros ejes.....	22
Fig. 6. Diagrama de la vista dorsal de una larva de estomatópodo. Modificado de Ahyong et al. (2014).....	24
Figura 7. SQM1. A) Vista dorsal y B) telson de pseudozoea; C) vista ventral y D) telson de alima.....	27
Figura 8. SQM1. Distribución y abundancia de pseudozoeas relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a. Distribución de alimas sobre C) temperatura superficial del mar y D) concentración de clorofila-a.....	28
Figura 9. SQM4. A) Vista dorsal y B) telson de pseudozoea; C) vista ventral y D) telson de alima.....	30

Figura 10. SQM4. Distribución y abundancia de pseudozoeas relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a. Distribución de alimas sobre C) temperatura superficial del mar y D) concentración de clorofila-a.....	31
Figura 11. SQM13. A) Vista dorsal y B) telson de pseudozoea; C) vista ventral y D) telson de alima.....	33
Figura 12. SQM13. Distribución y abundancia de pseudozoeas relacionada con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a. Distribución de alimas sobre C) temperatura superficial del mar y D) concentración de clorofila-a.....	34
Figura 13. NAM2. A) Vista ventral, B) vista dorsal y C) telson de pseudozoea; D) vista ventral y E) telson de erichthus.....	36
Figura 14. NAM2. Distribución y abundancia de pseudozoeas relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a. Distribución de erichthus sobre C) temperatura superficial del mar y D) concentración de clorofila-a.....	37
Figura 15. NAM7. A) Vista ventral, B) y telson de erichthus.....	39
Figura 16. NAM7. Distribución y abundancia de erichthus relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a.....	39
Figura 17. LYM5. A)Vista lateral y B) telson de antizoea.....	41
Figura 18. LYM5. Distribución y abundancia de antizoeas relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a.....	41
Figura 19. LYM6. A)Vista dorsal y B) telson de antizoea.....	43
Figura 20. LYM6. Distribución y abundancia de antizoeas relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a.....	43
Figura 21. LYM8. A) Vista ventral y B) telson de erichthus.....	45
Figura 22. LYM8 Distribución y abundancia de erichthus relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a.....	45
Figura 23. NCM3. A) Vista ventral y B) telson de antizoea.....	47
Figura 24. NCM3. Distribución y abundancia de antizoeas relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a.....	47
Figura 25. NCM12. A) Vista ventral y B) telson de antizoea.....	49
Figura 26. NCM12 Distribución y abundancia de antizoeas relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a.....	49

Figura 27. NCM11. A) Vista dorsal y B) telson de erichthus.....	51
Figura 28. NCM11. Distribución y abundancia de erichthus relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a.....	51
Figura 29. Abundancia total de larvas de estomatópodos sobre la distribución de: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a.....	52
Figura 30. Gráfica resultante del ACC entre abundancia-ambiente. Variables. Tem: Temperatura, Chla: clorofila-a, VZ: volumen de zooplancton y DC: distancia a la costa. Estaciones +: Golfo de California, ▲: Pacífico central mexicano.....	54
Figura 31. Gráfica de las estaciones-abundancias-ambiente. Variables. Tem: Temperatura, Chla: clorofila-a, VZ: volumen de zooplancton y DC: distancia a la costa. Estaciones: +: Golfo de California, ▲: Pacífico central mexicano.....	55

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1. Especies de estomatópodos adultos presentes en el área del Pacífico mexicano reportadas por Salgado-Barragan & Hendrickx (1986).....	4
Tabla 2. Número de muestras de zooplancton recolectadas por campaña oceanográfica, el tipo de arrastre utilizado y variables ambientales registradas cada estación de muestreo, donde T = Temperatura, Chl-a = Clorofila-a, VZ = Volumen de zooplancton.....	10
Tabla 3. Medidas tomadas a los organismos del orden Stomatopoda recolectados en el mes de junio de 2014.....	13
Tabla 4. Listado sistemático de morfotipos de larvas del Orden Stomatopoda identificadas en el Pacífico central mexicano. Estadios registrados: An=Antizoea, Er=Erichthus, Ps= Pseudozoea, Al=Alima y clave nominal.....	18
Tabla 5. Correlación de las variables morfológicas y morfométricas más útiles para identificar estadios iniciales de desarrollo de estomatópodos del Pacífico Central Tropical con los ejes canónicos 1-2. El sombreado muestra las variables con mayor contribución.....	19
Tabla 6. Matriz de clasificación de los morfotipos en estadios tempranos de desarrollo. SQM1 (Squillidae), SQM13 (Squillidae), NAM2 (Nanosquillidae), NCM3 (No clasificado), SQM4 (Squillidae), LYM5 (Lysiosquillidae) y LYM6 (Lysiosquillidae). %= porcentaje de clasificación correcto. Sombreado= porcentajes de clasificación >80%.....	20
Tabla 7. Correlación de las variables morfológicas y morfométricas más útiles para identificar estadios tardíos de desarrollo de estomatópodos del Pacífico central	

mexicano con los ejes canónicos 1-2. El sombreado muestra las variables con mayor contribución.....22

Tabla 8. Matriz de clasificación de los morfotipos en estadios tardíos de desarrollo. SQM1 (Squillidae), SQM13 (Squillidae), NAM2 (Nanosquillidae), SQM4 (Squillidae) y LYM8 (Lysiosquillidae). %= porcentaje de clasificación correcto. Sombreado= porcentajes de clasificación >88.3%.....23

Tabla 9. Análisis de correspondencia canónica aplicado a las variables ambientales y de abundancia de morfotipos en estadios temprano de desarrollo. Correlaciones de las variables. Tem: Temperatura, Chl-a: clorofila-a, VZ: volumen de zooplancton y DC: distancia a la costa. Sombreado indica valores de correlación más altos.....53

Tabla 10. Análisis de correspondencia canónica aplicado a las variables ambientales y de abundancia de morfotipos en estadio tardío de desarrollo. Correlaciones de las variables. Tem: Temperatura, Chal: clorofila-a, VZ: volumen de zooplancton y DC: distancia a la costa. Sombreado indica valores de correlación más altos.....54

RESUMEN

Los estomatópodos son crustáceos bentónicos depredadores, comercialmente importantes en algunos países. Globalmente se reconocen 634 especies y 29 para el Pacífico mexicano. Aunque existen claves de identificación taxonómica para los adultos, no existen claves para la identificación de las larvas en el Pacífico mexicano. Este estudio tiene como objetivo establecer la identidad taxonómica de larvas de estomatópodos, su distribución geográfica y su relación con el ambiente. Se obtuvieron 88 muestras en dos cruceros oceanográficos realizados en junio de 2014 en el Golfo de California (GC) y Pacífico central mexicano (PCM). Las larvas se procesaron en laboratorio por estadio de desarrollo y morfotipo. Se utilizaron 29 variables morfométricas en dos análisis discriminantes (AD) para validar la clasificación de los morfotipos. Se elaboraron mapas de distribución y se utilizó un análisis de componentes principales (ACP) para determinar la relación abundancia-ambiente. Se identificaron, describieron y fotografiaron 11 morfotipos de estomatópodos en estadios pseudozoea-alima y antizoea-erichthus incluidos en tres familias, Squillidae (SQ), Nanosquillidae (NA) y Lysiosquillidae (LY). La familia Squillidae predominó en toda el área. La mayor abundancia y número de morfotipos se registró en el GC distribuidos cerca de la costa. Los AD mostraron que las longitudes del telson, de la espina media, patrón de espinación y ancho del telson, fueron las variables determinantes para la identificación de los morfotipos, con un porcentaje de agrupación correcta entre el 82-88% (λ de Wilks = 0.052, $p = 2.2-16$). El ACP explicó el 80% y 67% de la varianza para los estadios tempranos y tardíos respectivamente. Las variables que explicaron mejor la distribución de los organismos en relación con el ambiente, fueron la distancia de la costa y la temperatura. Se establecieron dos grupos de ambiente para las antizoeas y pseudozoeas, uno conformado por los morfotipos LYM6 (Lysiosquillidae-morfotipo 6), SQM1 (Squillidae-morfotipo 1), NCM12 (No clasificado-morfotipo 12) y NAM2 (Nanosquillidae-morfotipo 2) presentes en estaciones cercanas a la costa, altas concentraciones de clorofila-a y temperaturas templadas y otro por LYM5 (Lysiosquillidae-morfotipo 5), SQM13 (Squillidae-morfotipo 13), SQM4 (Squillidae-morfotipo 4) y NCM3 (No clasificado-morfotipo 3) asociado a un ambiente oceánico, mayores temperaturas y bajas concentraciones de clorofila-a. Para las alimas y erichthus se conformó un grupo asociado a un ambiente costero y temperaturas altas (SQM1, NCM11, NAM2) y otro a temperaturas templadas y lejos de la costa conformado por SQM13, SQM4 y LYM8. Este estudio establece por primera vez las características morfológicas, morfométricas y merísticas significativas para la identificación de larvas de estomatópodos, útiles para futuras investigaciones en nuestro país.

ABSTRACT

Stomatopods are predatory, benthic crustaceans, commercially important in some countries. Globally, 634 species are recognized and 29 for the Mexican Pacific. Although adults are easily identified, there are no identification keys for larvae in the Mexican Pacific. The objective of this study is to establish the taxonomic identity of stomatopod larvae, their geographic distribution and their relationship with the environment. The samples (88) were obtained in two oceanographic cruises carried out in June 2014 in the Gulf of California (GC) and the Mexican Central Pacific (PCM). The larvae were processed in the laboratory by stage of development and morphotype. Twenty-nine morphometric variables were used in two discriminant analyzes (AD) to validate the classification of the morphotypes. Distribution maps were prepared and a principal component analysis (CCA) was used to determine the abundance-environment relationships. We identified, described, and photographed 11 morphotypes in pseudozoea-alima and antizoea-erichthus stages included in three families. The Squillidae family predominated throughout the area. The greatest abundance and number of morphotypes was recorded in the GC distributed near the coast. The AD showed that the telson, middle spine, spine pattern, and telson width, were the determining variables for the identification of the morphotypes, with a percentage of correct grouping between 82-88% (Wilks' $\lambda = 0.052$, $p = 2.2-16$). The CCA explained 80% and 67% of the variance for the early and late stages, respectively. The variables that best explained the distribution of the organisms in relation to the environment were the distance between the coast and temperature. Two environmental groups were established for the antizoeae and pseudozoe, one formed by the morphotypes LYM6, SQM1, NCM12, and NAM2 present in stations near the coast, high concentrations of chlorophyll-a and lower temperatures and one by LYM5, SQM13, SQM4, and NCM3 associated with an oceanic environment, higher temperatures and lower concentrations of chlorophyll-a. A group associated with a coastal environment and high temperatures (SQM1, NCM11, NAM2) and another at temperate temperatures and far from the coast formed by SQM13, SQM4, LYM8 and PLM9 were formed for alimas and erichthus. This study establishes for the first time significant morphological, morphometric, and meristic characteristics for the identification of stomatopod larvae, useful for future research in our country.

GLOSARIO

Abundancia: Número total de individuos de una especie o especies que existen en un área, volumen, población o comunidad determinada.

Ambiente: Todos los factores bióticos y abióticos que de hecho afectan a un organismo en cualquier punto de su ciclo de vida.

Análisis Discriminante (AD): Técnica estadística que se utiliza para clasificar a distintos individuos en grupos, o poblaciones a partir de los valores de un conjunto de variables que hipotéticamente influyen sobre los individuos a los que se pretende clasificar.

Bentónico: Pertenece o relativo al bentos. Dícese del animal o planta, que vive en contacto o en dependencia directa con el piso marino o de los lagos continentales.

Carácter taxonómico: Estructura observable de un organismo, utilizada para distinguirlo de otros. Los caracteres pueden referirse a la forma, estructura, función y comportamiento de los seres. Deben ser constantes, simples y objetivos.

Depredación: Tipo de interacción biológica en la que un individuo de una especie (depredador) mata y se alimenta de otro individuo (la presa) para subsistir.

Distribución geográfica: Fracción del espacio geográfico donde una especie está presente e interactúa de manera no efímera con el ecosistema.

Especie: Unidad básica de clasificación biológica.

Estadio: Etapa o fase de un proceso, desarrollo o transformación.

Familia: Nivel taxonómico que comprende varios géneros con características comunes, entre el orden o suborden y el género.

Larva: Etapa post-embionaria del ciclo de vida que difiere morfológicamente del adulto y es capaz de una locomoción independiente.

Merístico: Dividido en segmentos o relativo a estos segmentos o partes. Un análisis merístico en peces consiste en; la cuenta de radios de las aletas dorsales, anales y pectorales. Además del recuento de las branquias del primer arco branquial completo de cada localidad en estudio.

Meroplancton: Organismos zooplanctónicos que pasan parte de su ciclo de vida en la columna de agua como parte de la comunidad planctónica y posteriormente pasan a formar parte de otras comunidades en el bentos o el medio pelágico.

Morfología: Disciplina encargada del estudio de la estructura de un organismo o sistema, en un contexto comparativo.

Morfometría: Análisis cuantitativo de la forma y/o estructura de los organismos.

Pro-pelágico: Larvas iniciales, lecitotróficas y que viven bajo cuidado materno en madrigueras.

Tagmosis: La división del cuerpo en regiones funcionales.

Taxonomía: Teoría y práctica de clasificar organismos, permite la descripción y ordenamiento de la biodiversidad en un esquema jerárquico.

Telson: Pieza o somita que se encuentra al final del abdomen de muchos artrópodos

INTRODUCCIÓN

En el Subphylum Crustacea, el orden Estomatopoda incluye aproximadamente 634 especies y son el único orden viviente de la subclase Hoplocarida (Salgado-Barragán & Hendrickx, 2010; Ahyong, 2013), que hizo su primera aparición en el Devónico y el Carbonífero, lo que incluye algunos grupos estrictamente fósiles y los estomatópodos actuales (Lange & Schram, 1999). Son depredadores marinos que se distribuyen en ambientes estuarinos y marinos tropicales, subtropicales y en algunas regiones templadas. Durante la fase juvenil y adulta habitan en el fondo marino a profundidades que van desde la zona intermareal hasta los 1,000 m (Muller, 1994; Manning, 1995). Debido a sus estructuras raptorales y ojos altamente especializados cumplen una función importante en el ecosistema bentónico como depredadores de peces, moluscos, anélidos, crustáceos y otros invertebrados (Caldwell & Dingle 1976, en Ahyong, 2012).

Los estomatópodos adultos, también llamados camarón mantis, frecuentemente son capturados incidentalmente en la pesca de camarón. Debido a su fuerte caparazón y su capacidad de resistir fuera del agua, frecuentemente sobreviven al arrastre de las redes y son regresados vivos al mar con el resto de la fauna acompañante de desecho. Esta situación, favorece el crecimiento de sus poblaciones en áreas de pesca del camarón por la abundancia de alimento resultante del descarte de la fauna de acompañamiento (Hendrickx & Sánchez-Vargas, 2005). Esto a su vez promueve un comportamiento carroñero/depredador que provocaría un efecto de "limpieza" en los fondos de pesca, al permitir la recuperación de los mismos luego de la actividad pesquera (Roux & Piñero, 2006). Sin embargo, no existe evidencia concreta de esta situación.

Los estomatópodos son un recurso pesquero altamente explotado en países de la cuenca del Mediterráneo donde se capturan durante todo el año (Abelló & Martín, 1993). En Hong Kong el precio de los individuos varía según el tamaño, entre \$ 25 y \$ 340 pesos (Tang, 2009). En nuestro país no se comercializa la venta de estomatópodos a pesar de que éstos se distribuyen en ambos litorales con una

captura incidental promedio de 7.5 kg/ha (Manning, 1961; Hendrickx, 1985; Salgado-Barragán & Hendrickx, 1986; Hendrickx, 1990; Hendrickx & Sánchez-Vargas, 2005). La llamativa coloración de su cola (urópodos) y sabor de su carne posicionan a los estomatópodos como un recurso potencial en México ya que son explotados en otros países (Hendrickx, 1986).

Los estomatópodos en su etapa meroplanctónica, pueden estar en la columna de agua por tres semanas a cinco meses, su distribución puede verse atribuida al transporte por corrientes o remolinos que favorecen su retorno a la costa (López & Jaimes, 2014). Dependiendo de la superfamilia, pueden tener de dos a nueve estadios larvarios antes de la metamorfosis al estadio de postlarva y se asientan en el fondo del mar (Ahyong, 2004; Tang, 2009). Debido a la gran variedad de estadios de desarrollo, los autores han descrito dos tipos de morfología en las primeras etapas de desarrollo: antizoea y pseudozoea y dos para las etapas posteriores: alima y erichthus de las cuales se han descrito tres secuencias de desarrollo larval identificadas. La primera: antizoea a erichthus y pseudozoea a erichthus están descritas para las superfamilias Lysiosquilloidea, Gonodactyloidea, Parasquilloidea y Eurysquilloidea (Manning, 1969) y la segunda: pseudozoea a alima descritas en la superfamilia Squilloidea (Giesbrecht, 1910; Pyne, 1972; Ahyong, 2004; Ahyong *et al.*, 2014).

Las larvas de estomatópodo son de tamaño relativamente grande (hasta 50 mm de longitud) y se reconocen de inmediato en las muestras de zooplancton, principalmente por la presencia apéndices torácicos en forma de pinzas (Abelló & Guerao, 2015; Ahyong *et al.*, 2014) denominados maxilípedos que están ubicados alrededor de la boca, de ahí el nombre del grupo (stomatos: boca; podos: pies) (Salgado-Barragán & Hendrickx, 2010). Los maxilípedos tienen la función de sujeción de la presa y defensa ante depredadores. Su naturaleza carnívora y carroñera les confiere una función influyente en la trama trófica marina (Reaka, 1979; Tang, 2009), en la que forman parte de la dieta de algunas especies de elasmobranquios como el tiburón *Mustelus lunulatus* y la raya *Dasyatis longa* en el Pacífico Colombiano (Navia *et al.*, 2007) aunque también son presas de algunas especies de peces (Saucedo-Lozano & Chiappa-Carrara, 2000).

A diferencia de los adultos cuyas características básicas para su identificación se basa en la morfología del segundo maxilípodo que sobresale en tamaño, desarrollo y capacidad de movimiento comúnmente denominado “garra”, el cuerpo deprimido dorsoventralmente con un caparazón corto y un telson aplanado (Salgado-Barragán & Hendrickx, 2010), la identificación de las larvas al nivel de especie es complicada debido a la carencia de herramientas taxonómicas (Antonio-Bueno *et al.*, 2016). Contados estudios destacan la identificación de estas al menos a nivel de familia clasificándolas en morfotipos con base en sus características morfológicas básicas (Díaz, 1998; Tang *et al.*, 2009).

La estimación más reciente de la riqueza de estomatópodos establece la existencia de siete Superfamilias, 17 familias, 116 géneros y 634 especies en todo el mundo (Ahyong, 2013). Aunque se reconoce la presencia de adultos de 29 especies de estomatópodos en el Pacífico Oriental Tropical (Tabla 1), no existe información sobre la identidad de sus larvas ni sobre las características morfológicas que permitan su identificación a nivel especie. Su importancia como recurso pesquero potencial hace que la constante aparición de sus larvas en muestras de zooplancton costero, nerítico y oceánico planteen la necesidad tanto de su reconocimiento, como de la detección de las áreas de mayor abundancia en el Pacífico mexicano. Esta investigación tiene como finalidad cubrir ambas carencias: ampliar el conocimiento de las características morfológicas básicas para reconocer larvas de estomatópodos a nivel específico, presentes en el Pacífico Tropical Oriental Mexicano, así como inferir su distribución y abundancia, en zonas particulares del litoral mexicano.

Tabla 1. Especies de estomatópodos adultos presentes en el área del Pacífico mexicano reportadas por Salgado-Barragan & Hendrickx (1986).

Especie	Familia
<i>Parasquilla similis</i>	Parasquillidae
<i>Pseudosquillopsis marmorata</i>	
<i>Eurysquilla pumae</i>	Eurysquillidae
<i>Eurysquilla veleronis</i>	
<i>Pseudosquillisma adialtata</i>	Pseudosquillidae
<i>Neogonodactylus stanschi</i>	Gonodactylidae
<i>Neogonodactylus zaca</i>	
<i>Coronida schmitti</i>	Coronididae
<i>Alachosquilla digueti</i>	Nannosquillidae
<i>Nannosquilla californiensis</i>	
<i>Nannosquilla canica</i>	
<i>Nannosquilla raymanningi</i>	
<i>Lysiosquilla manningi</i>	Lysiosquillidae
<i>Lysiosquilla panamica</i>	
<i>Tetrasquilla mccullochae</i>	Tetrasquillidae
<i>Cloridopsis dubia</i>	Squillidae
<i>Crenatosquilla oculinova</i>	
<i>Meiosquilla dawsoni</i>	
<i>Meiosquilla swetti</i>	
<i>Pontiosquilla mauiana</i>	
<i>Schmittius politus</i>	
<i>Squilla bigelowi</i>	
<i>Squilla hancocki</i>	
<i>Squilla aculeata</i>	
<i>Squilla mantoidea</i>	
<i>Squilla panamensis</i>	
<i>Michalisquilla parva</i>	
<i>Squilla tiburonensis</i>	
<i>Squilla biformis</i>	

ANTECEDENTES

Las 29 especies de adultos que han sido reportadas para el Pacífico Mexicano, están distribuidas en el Golfo de California, costas de Jalisco, Michoacán y Guerrero (Salgado-Barragán & Hendrickx, 1986; Salgado-Barragán & Hendrickx, 2010).

Manning (1961) realizó una descripción de *Nannosquilla californiensis* anteriormente conocida como *Lysiosquilla californiensis* en el Golfo de California. Salgado-Barragán & Hendrickx (1986), encontraron tres de las cuatro Superfamilias reconocidas (Gonodactyloidea, Lysiosquilloidea y Squilloidea), que a su vez incluyen a ocho familias (Eurysquillidae, Gonodactylidae, Hemisquillidae,

Pseudosquillidae, Coronididae, Lysiosquillidae, Nannosquillidae y Squillidae), 17 géneros (*Eurysquilla*, *Gonodactylus*, *Hemisquilla*, *Parasquilla*, *Pseudosquilla*, *Pseudosquillopsis*, *Coronida*, *Heterosquilloides*, *Lysiosquilla*, *Acantthosquilla*, *Nannosquilla*, *Clorida*, *Cloridopsis*, *Crenastosquilla*, *Meiosquilla*, *Schmittius* y *Squilla*) y 29 especies.

La familia Squillidae es la de mayor diversidad específica. Contiene seis géneros y 14 especies, de las cuales, ocho, se encuentran incluidas en el género *Squilla*. Los géneros *Eurysquilla*, *Gonodactylus*, *Lysiosquilla*, *Nannosquilla* y *Meiosquilla* están representados en el Pacífico mexicano por 10 especies (dos en cada género). Hendrickx (1990) menciona que *Squilla tiburonensis* se distribuye hacia el sur del Golfo de California, mientras que a *Squilla bigelowi* y *Schmittius politus* se distribuyen más al norte. Las especies que se encontraron distribuidas en la costa este del Golfo de California, fueron *Squilla mantoidea* y *Squilla parva*. *Squilla panamensis* también estuvo distribuida principalmente en la costa continental desde Guaymas hacia el sur del Golfo de California. Hendrickx & Sánchez-Vargas (2005) encontraron *Squilla hancocki*, *Squilla panamensis*, *Squilla mantoidea* y *Squilla parva* distribuidas ampliamente en la plataforma continental de la costa de Sinaloa considerándolas como un componente ecológicamente importante en este ecosistema.

En cuanto a la identificación específica de las larvas, existe muy poca información publicada a nivel internacional. Tang (2009) encontró 16 morfotipos en Hong Kong clasificados de acuerdo a sus características morfológicas externas e identificó siete especies, siendo las más abundantes *Oratosquilla oratoria* y *Oratosquillina interrupta*. López & Jaimes (2014) estimaron la abundancia de larvas de estomatópodos en el Pacífico colombiano y determinaron una correlación positiva de la temperatura y la salinidad con la abundancia larval.

En condiciones de laboratorio se consiguió un seguimiento de la secuencia de los estadios larvarios (reconociendo a los primeros estadios larvarios como antizoea y pseudozoea) desde la eclosión hasta su metamorfosis (Giesbrecht, 1910). Pyne (1972) mediante la colecta de masas ovígeras de la especie *Squilla armata* describió etapas pro-pelágicas y pelágicas de dicha especie. Shanbhogue

(1978) realizó una descripción del huevo hasta las cuatro etapas de desarrollo larval sin ser clasificadas como antizoea/erichthus de *Gonodactylaceus falcatus* anteriormente nombrada *Gonodactylus falcatus*.

En México, el primer estudio taxonómico de las larvas de estomatópodos se remonta al trabajo de Díaz (1998) en el Golfo de México, quien las identificó y agrupó en distintos morfotipos describiendo siete etapas larvarias pelágicas de especies distribuidas en los Cayos de Florida, E.U.A., y solo pudo identificar algunas de estas larvas a nivel de género *Squilla*. Más recientemente, Cházaro-Olvera *et al.* (2014) describieron morfológicamente larvas de estomatópodos en el parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, Yucatán; obtuvieron 122 larvas pertenecientes al estomatópodo *Neogonodactylus oerstedii* y describieron la morfología de los tres primeros estadios de desarrollo de la especie. Por otra parte, Antonio-Bueno *et al.* (2016) contaron 1,088 especímenes capturados sobre el talud continental del sur del Golfo de México. Las mayor densidad y frecuencia de larvas fueron: *Squilla empusa*, *Neogonodactylus* sp., *Pseudosquilla* sp. y el morfotipo 32 de la Superfamilia Squilloidea y un morfotipo de la Superfamilia Lysiosquilloidea.

Lavaniegos *et al.* (2010) encontraron en la Costa Occidental de Baja California que las larvas de los estomatópodos, tuvieron un máximo de abundancia al sur del área de estudio y disminuyendo hacia latitudes septentrionales. En esta misma costa, pero hacia la región sur, Meza-Zamora (2016) encontró que las larvas de estomatópodos regularmente se presentan en temperaturas que van de 27°C a 29 °C y se distribuyen con la mayor abundancia cerca de la costa.

Dentro del Golfo de California, Lavaniegos & González-Navarro (1999) registraron estomatópodos en el Canal de San Lorenzo en la Bahía de La Paz. Jerónimo-Balcázar (2011) encontró larvas de estomatópodos en el Golfo de California infiriendo que su distribución se concentra hacia la parte central debido a la presencia de aguas más productivas en comparación con las del sur.

JUSTIFICACIÓN

Las larvas de estomatópodo rara vez son observadas en la naturaleza. Estas presentan algunas características de los adultos, pero los caracteres definitivos para

su identificación precisa, aparecen hasta después de su metamorfosis a la etapa bentónica (Pyne, 1972). Además, al presentar diferente morfología en sus diferentes estadios de desarrollo durante su etapa planctónica, la complejidad para identificar las larvas es mayor. El nivel de identificación taxonómica de las larvas de estomatópodos es altamente heterogéneo y para El Golfo de California y el Pacífico Tropical Oriental en particular, se carece de herramientas para identificar morfológicamente hasta nivel de especie a las larvas de este grupo taxonómico. Por ello, tanto la descripción como las medidas de los organismos ayudarán a ampliar la gama de conocimiento acerca de su morfología, para así proponer herramientas útiles para la identificación de las larvas presentes en el área de estudio

Al ser un grupo poco estudiado a nivel específico en su etapa meroplanctónica, conocer su distribución geográfica, permitirá dar más información sobre la abundancia de las larvas y su relación con las condiciones ambientales imperantes en junio de 2014 en el Golfo de California y Pacífico central mexicano. Con esto se espera generar información importante que enriquezca el conocimiento que se tiene hasta ahora sobre las larvas de estomatópodos.

HIPÓTESIS

Se espera reconocer en el zooplancton a los estadios larvarios de las especies de estomatópodos, más frecuentemente observados como adultos en el área de estudio

OBJETIVOS

Objetivo general

Establecer la identidad taxonómica al nivel mínimo posible de las larvas de estomatópodos presentes en la zona costero-oceánica del Golfo de California y Pacífico central mexicano durante junio del 2014.

Objetivos particulares

Identificar las larvas de estomatópodos al nivel taxonómico mínimo posible y estimar su abundancia.

Representar geográficamente la abundancia de las larvas en sus diferentes estadios de desarrollo.

Relacionar la abundancia, distribución y riqueza de las larvas, con las características ambientales.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio abarca dos regiones, la norte correspondiente al Golfo de California (GC) y la sur en el Pacífico central mexicano (PCM) desde Cabo Corrientes, Jalisco hasta la Bahía de Acapulco, Guerrero, ubicadas entre los 17° N - 29° N y de los 99° O - 113° O (Fig. 1).

El Golfo de California es considerado un mar marginal de interés particular, debido a que es el mayor del Pacífico americano y por su localización geográfica en la zona de transición entre dos provincias zoogeográficas: la Californiana y la Panámica. Tiene una longitud de 1400 km y 150-200 km en su parte más ancha. Cuenta con una dinámica estacional y termodinámica dominada por el Pacífico Oriental. El GC presenta procesos importantes, como son las corrientes de marea, frentes y surgencias. La circulación de mesoescala en alta mar consiste en una serie de giros geostroficados de toda la cuenca que alcanzan menos de 1000 km (Briggs, 1974, Esquivel, 1990; Lavín & Marinone, 2003). Durante los meses de verano es más evidente la presencia de agua más cálida del lado continental y más fría del lado peninsular, que se explica por el avance de la masa de Agua Tropical Superficial al interior del golfo y al efecto del viento estacional que sopla desde el sur-sureste y genera surgencias costeras en el margen peninsular. Además, el mes de junio es señalado como un periodo de transición frío a cálido (Álvarez-Borrego & Lara-Lara, 1991; Soto-Mardones *et al.*, 1999).

Kessler (2006) menciona que el Océano Pacífico Oriental Tropical, del cual forma parte el PCM, es una región entre los giros subtropicales del Pacífico Norte y Pacífico del Sur y que la corriente que actúa en la costa occidental mexicana es la

Corriente Costera Mexicana (CCM) abarcando desde el Golfo de Tehuantepec hasta la entrada al Golfo de California. La CCM se intensifica por la influencia de ondas ecuatoriales y costeras de Kelvin intensificándose del mes de junio a diciembre y propiciando la formación de remolinos en la zona (Lavín *et al.*, 2006; Zamudio *et al.*, 2007; Marinone *et al.* 2012). Los vientos en el PCM son principalmente del noroeste durante gran parte del año, y llegan a esa zona por el direccionamiento topográfico del continente, cuenta con un patrón de temperatura superficial media ($> 27.5^{\circ} \text{C}$) influenciado por la presencia de una alberca de agua cálida, cuyo núcleo se encuentra ubicado frente a las costas de Michoacán y Guerrero (Trasviña & Andrade 2002; Fiedler & Talley, 2006).

En la capa superficial de Pacífico Oriental Tropical en los primeros 100 m de profundidad, predomina Agua Superficial Tropical, Agua del Golfo de California, Agua Subsuperficial Subtropical y Agua de la Corriente de California (Portela *et al.*, 2016).



Figura 1. Área de estudio y estaciones de muestreo en el Golfo de California y el Pacífico central mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de zooplancton (88) fueron obtenidas durante dos campañas oceanográficas, la primera abordó del *B/O BIPO-INAPESCA* del Instituto Nacional de Pesca y la segunda, abordó de *B/O El Puma-UNAM*, ambas realizadas durante el verano de 2014.

El número de muestras por campaña oceanográfica, el tipo de arrastre, red utilizada, y las variables ambientales registradas en cada muestreo se presenta en la Tabla 2. Las muestras se fijaron con formol al 4% neutralizado con borato de sodio en ambos cruceros.

En cada estación también se realizaron lances de CTD (SeaBird 19 Plus), para registrar los datos ambientales de la columna de agua. Las concentraciones de clorofila-a se obtuvieron de imágenes del satélite AquaMODIS (<http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/index.html>), mientras que los volúmenes de zooplancton se determinaron mediante el método del volumen desplazado (Beers, 1976).

Tabla 2. Número de muestras de zooplancton recolectadas por campaña oceanográfica, el tipo de arrastre utilizado y variables ambientales registradas cada estación de muestreo, donde T = Temperatura, Chl-a = Clorofila-a, VZ =Volumen de zooplancton.

Crucero	Región	Número de muestras	Tipo de Arrastre	Tipo de red	Variables registradas		
					T	Chl-a	VZ
BIPOGN (junio 2014)	Golfo de California	58	Oblicuo (216-0 m)	Bongo (500µm)	X	X	X
MR VI (junio 2014)	Cabo Corrientes- Acapulco	30	Vertical (100-0 m)	Cónica (300µm)	X	X	X

Para el mes de junio se obtuvieron imágenes de satélite de color del mar (Modis Aqua NOAA Giovanni http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/G3/gui.cgi?instance_id=ocean_month) para obtener una imagen sinóptica de las condiciones ambientales, durante la fecha en que se llevó a cabo el muestreo a fin de detectar eventos de mesoescala.

El trabajo de Laboratorio y gabinete se dividió en dos partes: la identificación de las larvas de estomatópodos y el análisis ecológico.

Identificación de larvas de estomatópodos

En el laboratorio las larvas de estomatópodos se separaron de las muestras originales, se contabilizaron y se realizó el análisis morfológico, morfométrico y merístico de cada espécimen con ayuda de microscopios estereoscópicos Carl Zeiss DV4 y Stemi SV11. Para la clasificación inicial de las larvas, se utilizaron los esquemas y descripciones de Díaz (1998), Ahyong *et al.* (2014) y Haug *et al.* (2016) que permitieron clasificar a los ejemplares en las etapas que enseguida se mencionarán.

Identificación larval

Antizoea: Ojos sésiles, anténulas uniflageladas, cinco pares de apéndices torácicos (pereiópodos) no especializados, ausencia de apéndices abdominales (pleópodos) y una mínima segmentación. El caparazón tiene la espina del rostrum fija, la espina portero-lateral delgada y muy agrandada, dorsalmente cubre la mayor parte del abdomen, excepto los dos o tres somitas posteriores y el telson.

Pseudozoea: Ojos pedunculados, antena biflagelada, y solo dos pares de thoracópodos están desarrollados, el primer par parece fuertemente alargado, aunque no totalmente funcional ya que todavía es muy corto para alcanzar los ojos. Thoracópodos 3-5 aún no están presentes en las primeras etapas y aparecen en etapas posteriores como pequeños brotes; pleópodos se muestran bien desarrollados, capaces de dar propulsión al organismo. El caparazón tiene una espinación similar a la antizoea, pero cubre solo los somitas torácicos anteriores, tal vez reflejando su etapa posterior de desarrollo en la eclosión.

Erichthus: Cuenta con uno o dos (raramente tres) dentículos intermedios en el telson. El tallo ocular es corto, la anténula robusta. El segundo maxilípedo es una garra raptorial funcional, aunque los dientes adicionales en el margen oclusal del dácilo no suelen aparecer hasta las últimas etapas pelágicas o incluso las primeras etapas juveniles. El caparazón es abombado.

Alima: Exclusivo de Squilloidea y difiere de *Erichthus* en cuatro o más denticulos intermedios en el telson. El tallo ocular es generalmente más largo, casi como el tallo de la antena. La división antenular generalmente tiene una espina ventral. El caparazón es abombado, pero a menudo parece plano y usualmente alargado. Las estructuras sensoriales (ojos, antenas y anténulas) se encuentran mucho más hacia adelante que las piezas bucales (Fig. 2).

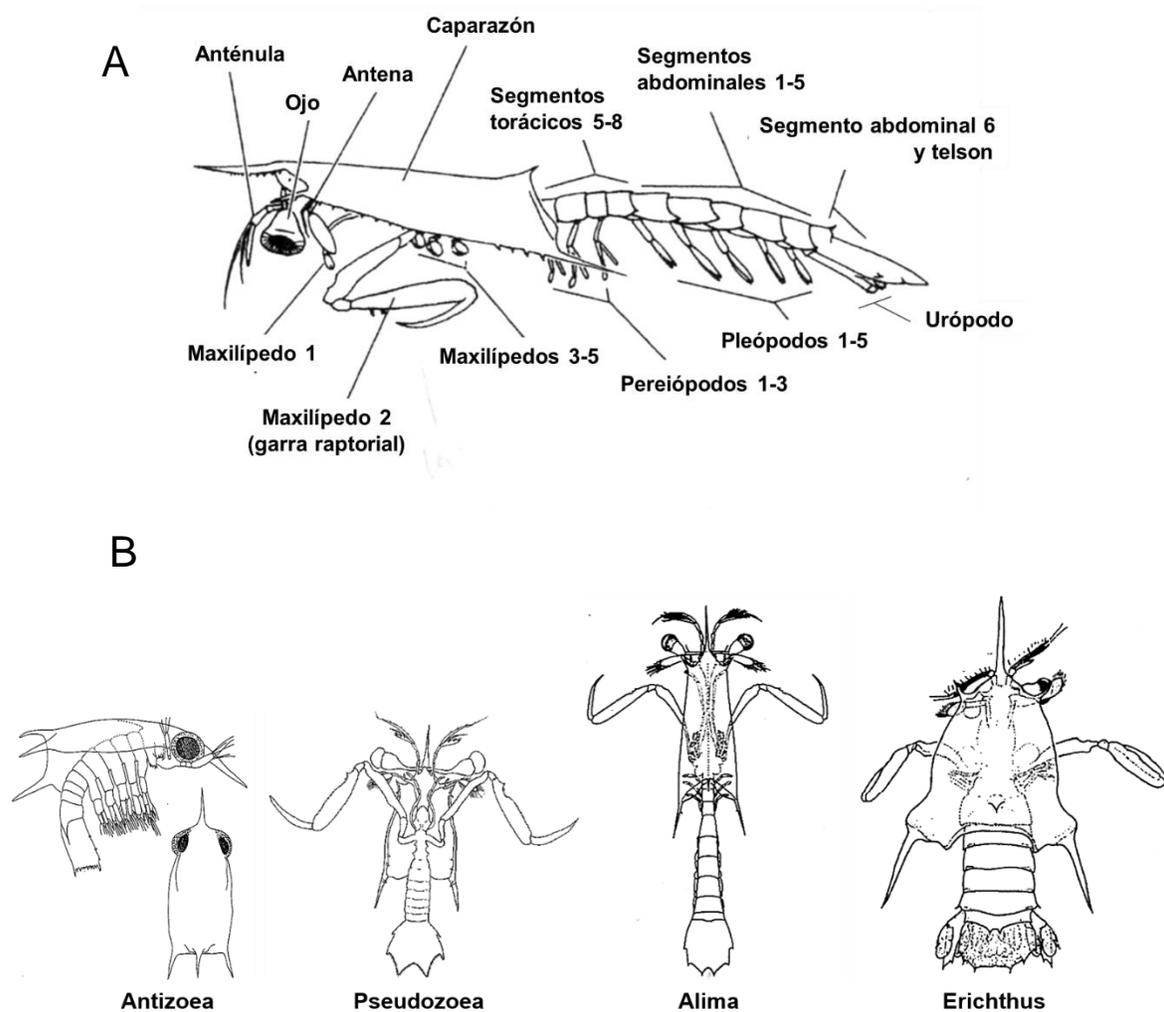


Figura 2. A) Tagmosis lateral de una larva de estomatópodo. Modificado de Ahyong *et al.* (2014). B) Estadios de desarrollo larval del grupo Stomatopoda. Modificado de Díaz (1998) y Ahyong *et al.* (2014).

De acuerdo a la morfología los organismos se pre clasificaron en morfotipos a nivel de familia y por estadio de desarrollo utilizando los criterios propuestos por

Díaz (1998), Ahyong *et al.* (2014) y Castellani *et al.* (2017) y tomando en cuenta la forma de la garra, el telson y el cefalotórax, entre otras estructuras.

Análisis morfométrico

Para realizar los análisis de morfometría, se eligieron 29 características de importancia taxonómica con ayuda de los criterios usados por Pyne (1972), Díaz (1998) y Tang (2009), así como cuatro variables cualitativas (conteos de espinas y dentículos), tomadas a diferentes aumentos (1.6x, 2x, 4x y 8x).

Las medidas y las cuatro variables cualitativas tomadas se muestran en la tabla 3, la longitud del uropodo (LU) solo se registró para los estadios de vida Alima y Erichthus ya que no está desarrollada en los estadios iniciales.

Tabla 3. Medidas tomadas a los organismos del orden Stomatopoda recolectados en el mes de junio de 2014.	
Medida (mm)	Descripción
LT	Longitud total
LP	Longitud patrón
LR	Longitud del rostrum
LAN	Longitud de la anténula
LA	Longitud de la antena
LTO	Longitud del tallo ocular
LO	Longitud del ojo
LD	Longitud del dactilo
LPL	Longitud del pleón
LM	Longitud del mero
LC	Longitud del caparazón
AC	Ancho del caparazón
LEA	Longitud de la espina anterior
LEM	Longitud de la espina media
LEP	Longitud de la espina posterior
LTorx	Longitud del tórax
LABd	Longitud del abdomen
AA1	Ancho del abdomen en su parte más angosta
AA2	Ancho del abdomen en el área más amplia
LTel	Longitud del telson
AT	Ancho del telson
LU	Longitud del urópodo
LEL	Longitud de la espina lateral
LESM	Longitud de la espina submedia
LEI	Longitud de la espina intermedia
LAT	Longitud de la abertura del telson
NDI	Número de dentículos intermedios
NDS	Número de dentículos submedios
EVL	Número de espinas ventrolaterales
EP	Número de espinas en el pleón

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis estadísticos de tipo exploratorio mediante el programa R, con el cual se realizó un análisis de componentes principales (ACP) usando la matriz de correlación debido a que la información (medidas y conteos) tienen distintas unidades y se recomienda escalar los valores. A partir de este, el número de variables se redujo a 12 relacionadas con la longitud de las larvas y con el telson principalmente. A estas 12 se les aplicó el primer análisis de discriminantes (AD) que mostró a siete variables como las más importantes. La significancia estadística de las diferencias entre los grupos fue probada por la Lambda de Willks (λ) cuyos valores cercanos o igual a cero son indicativos de un buen modelo de discriminación, contrario a los valores de uno que representan un modelo no predecible (Tabachnick y Fidell, 1996). Finalmente, se corrió un segundo AD únicamente con las siete variables mejor relacionadas. Las funciones discriminantes (algoritmos) se obtuvieron mediante la correlación canónica sobre las dos funciones que indican la alta proporción de varianza compartida entre los morfotipos y la medida. Los análisis anteriores se corrieron por separado para los estadios tempranos y para los estadios tardíos.

Descripción morfológica

Con las descripciones de cada morfotipo larvario de estomatópodo basadas en la información morfológica, morfométrica y merística se elaboró una carta taxonómica que incluye la siguiente información:

Morfotipo: Se construyó de acuerdo a las primeras dos iniciales de la familia que se le asignó al morfotipo seguidas de su numeración correspondiente, se describió del morfotipo 1 al 11. Las iniciales correspondientes a las familias con su morfotipo se presentan en la Tabla 4 incluidas las no clasificadas.

Figuras (Figs.): Número de las figuras donde se muestra la foto documentación del morfotipo y su distribución en el área de estudio.

Superfamilia: Nombre de la Superfamilia a la que se asignó el morfotipo.

Diagnos de la familia: Nombre de la Familia asignada al morfotipo y diagnosis.

Estadio de desarrollo: Etapa/s de desarrollo del/los especímenes (Antizoea, Erichthus, Pseudozoea, Alima) pertenecientes al morfotipo (Díaz, 1998; Ahyong

et al., 2014; Castellani *et al.*, 2017). Se incluye el número total de especímenes (N) y de cada estadio (estadio, número) en su caso, intervalo de longitud total (LT) y longitud patrón (LP) de los especímenes correspondientes a cada estadio.

Diagnos**is del morfotipo:** Se señalan las características morfológicas externas que permiten la identificación y la distinción taxonómica de cada morfotipo a nivel familia (Díaz, 1998; Ahyong *et al.*, 2014; Castellani *et al.*, 2017). Incluye la información del número de denticulos intermedios (NDI), número de denticulos submedianos (NDS), espinas ventrolaterales (EVL) y el número de espinas en el pleón (EP) y las siete variables que describen al morfotipo que son: longitud patron (LP), longitud de la abertura del telson (LAT), longitud de la espina media (LEM), longitud de la espina lateral (LEL), longitud de la espina submedia (LESM) y finalmente el ancho y el largo del telson (AT y LTel).

Foto documentaci**ón:** Fotografías de cada morfotipo en sus diferentes estadios, auxiliares en su reconocimiento. Lo anterior se realizó utilizando un microscopio estereoscópico Zeiss SV11 provisto de una cámara Olympus (5.0 megapíxeles de resolución).

Distribuci**ón geográfica:** Mapas de distribución de las larvas de estomatópodos por estadio (ind/1000 m³) en conjunto con las variables ambientales temperatura superficial del mar y concentración de clorofila-a durante el mes de junio del 2014. Para todas las descripciones, la temperatura promedio fue de 28 °C con un máximo de 31 °C y un mínimo de 20 °C. Las mínimas temperaturas se observaron en la región de Isla Tiburón y en la costa peninsular del GC, y una lengua de agua templada en la boca del golfo entre los 25 y 27 °C. La clorofila-a promedio fue de 0.3 mg/m³ con mayores concentraciones a lo largo de las zonas costeras del GC (máximo= 1 mg/m³). En el PCM, particularmente frente a Guerrero se registraron las concentraciones máximas de 2.7 mg/m³.

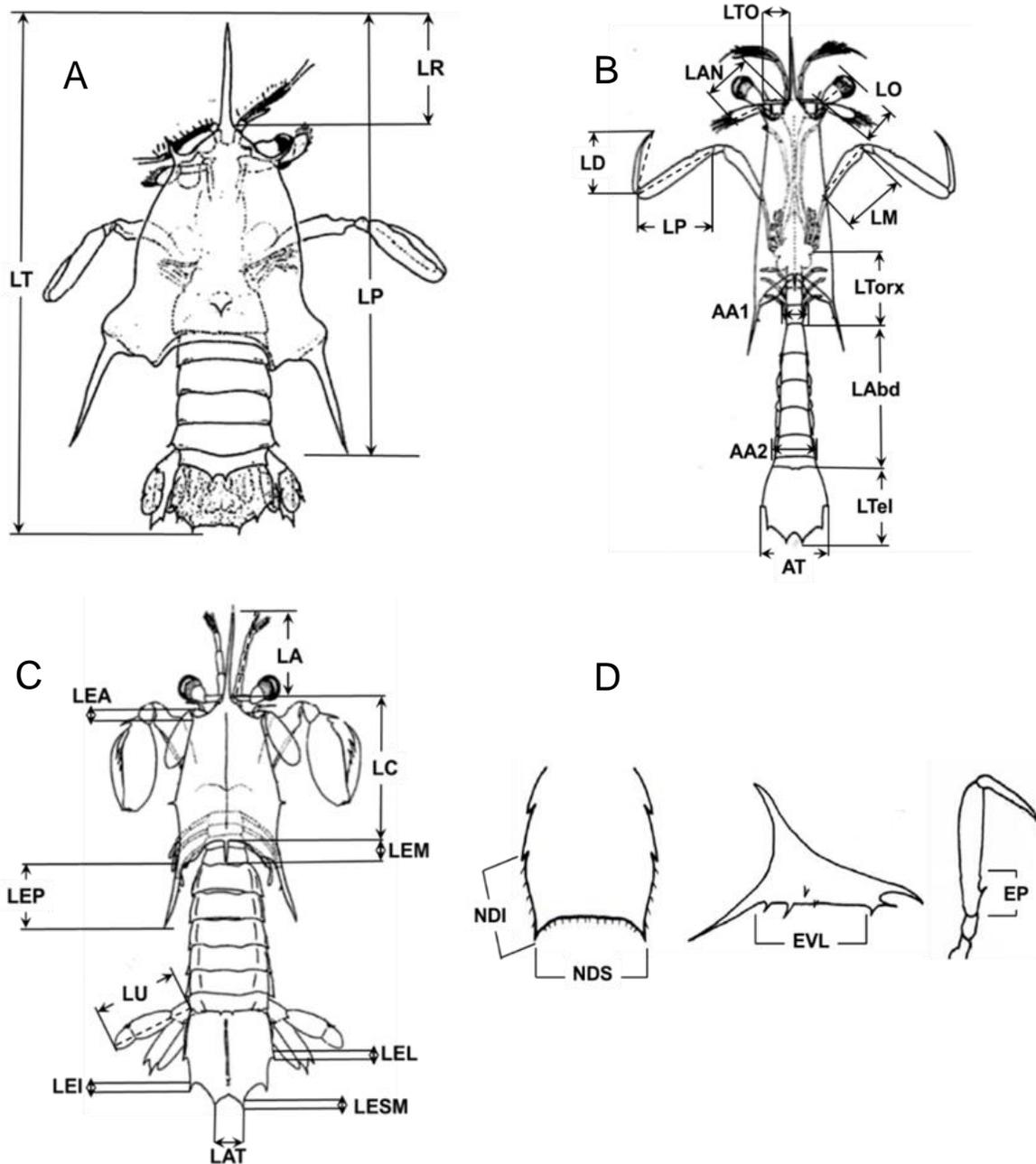


Figura 3. Diagrama de las estructuras medidas y los conteos incluidos en el análisis morfométrico. A: Longitud total (LT), longitud patrón (LP), longitud del rostrum (LR), B: longitud de la anténula (LAN), longitud del tallo ocular (LTO), longitud del ojo (LO), longitud del dactilo (LD), longitud del pleon (LPL), longitud del mero (LM), longitud del tórax (LTorx), longitud del abdomen (LAbd), ancho del abdomen en su parte más angosta y ancho del abdomen en el área más amplia (AA1 y AA2 respectivamente), longitud del telson (LTel), ancho del telson (AT), C: longitud de la antena (LA), longitud del caparazón (LC), ancho del caparazón (AC), longitud de la espina anterior (LEA), longitud de la espina media (LEM), longitud de la espina posterior (LEP), longitud del urópodo (LU) longitud de la espina lateral (LEL), longitud de la espina submedia (LESM), longitud de la espina intermedia (LEI) y longitud de la abertura del telson (LAT), C: Número de denticulos intermedios, número de denticulos submedianos (NDS), las espinas ventrolaterales (EVL) y el número de espinas presentes en el pleon (EP). Modificado de Tang (2009) y Ahyong *et al.* (2014).

Distribución geográfica y análisis ecológico

La abundancia de las larvas por morfotipo y por estadio de desarrollo se estandarizó a 1000 m³, de agua filtrada mediante la siguiente fórmula:

$$N=1000(Nm/Vf)$$

Dónde: N=número de organismos en 1000 m³,
Nm=número de organismos en la muestra, y
Vf=volumen de agua filtrada en el arrastre.

Con esta información se elaboraron mapas de distribución espacial de larvas de estomatópodos con el programa SURFER versión 13. Asimismo, se utilizó un análisis estadístico multivariado (Análisis de correspondencias canónicas, ACC) con el software CANOCO 4.5, aplicando una prueba de Montecarlo a fin de establecer la relación entre la abundancia de los organismos en el área de estudio y las variables oceanográficas registradas en el periodo en que las campañas oceanográficas fueron llevadas a cabo. Se construyeron tres matrices de datos: una con la abundancia de los estadios iniciales, una segunda de los estadios tardíos y una tercera con las variables ambientales.

RESULTADOS

Análisis morfológico

Se revisaron 243 organismos pertenecientes al orden Stomatopoda. Se identificaron dos de las cuatro superfamilias conocidas en el Pacífico mexicano que incluyeron a tres familias y 11 morfotipos a nivel especie (Tabla 4).

De la superfamilia Squilloidea fue identificada la familia Squillidae representada por el morfotipo 1 (SQM1), el morfotipo 4 (SQM4) y el morfotipo 13 (SQM13) los cuales se observaron en estadio Pseudozoea y Alima. De la superfamilia Lysiosquilloidea se identificaron dos familias, Nanosquillidae representada por el morfotipo 2 (NAM2) en estadio Pseudozoea y Erichthus, así como el morfotipo 7 (NAM7) en estadio tardío (Erichthus), de la familia

Lysiosquillidae se identificaron los morfotipos 5 y 6 (LYM5 y LYM6) en estadio Antizoea y el morfotipo 8 (LYM8) en estadio Erichthus.

Tabla 4. Listado sistemático de morfotipos de larvas del Orden Stomatopoda identificadas en el Pacífico central mexicano. Estadios registrados: An=Antizoea, Er=Erichthus, Ps=Pseudozoea, Al=Alima y clave nominal.

Taxón	Morfotipo	Estadio		Clave nominal
		Inicial	Tardío	
Orden Stomatopoda	Morfotipo 1	Ps	Al	SQM1
Superfamilia Squilloidea	Morfotipo 4	Ps	Al	SQM4
Familia Squillidae	Morfotipo 13	Ps	Al	SQM13
Superfamilia Lysiosquillidea				
Familia Nannosquillidae	Morfotipo 2	Ps	Er	NAM2
	Morfotipo 7		Er	NAM7
Familia Lysiosquillidae	Morfotipo 5	An		LYM5
	Morfotipo 6	An		LYM6
	Morfotipo 8		Er	LYM8
No clasificado	Morfotipo 3	An		NCM3
	Morfotipo 12	An		NCM12
	Morfotipo 11		Er	NCM11

Los morfotipos 3 (NCM3) y 12 (NCM12) en estadio temprano (Antizoea) así como el morfotipo 11 (NCM11) en estadio tardío no pudieron ser clasificados en ninguna familia.

Análisis morfométrico

De acuerdo a las características morfológicas analizadas, los 243 organismos colectados tanto en estadios tempranos (Antizoea o Pseudozoea) y/o tardíos (Erichthus o Alima), se pre clasificaron en 11 entidades denominadas morfotipos (Tabla 4).

La primera exploración (Análisis PCA) de los datos permitió reducir a 12 las 29 variables medidas y contadas a cada espécimen, descartando a las menos útiles en la diferenciación de los morfotipos. Las 12 variables estuvieron relacionadas con la longitud de las larvas y con el telson principalmente y fueron las siguientes: LP, LC, AT, LTeI, LEL, LEI, LESM, LAT, LEM, NDI, NDS y EVL.

A estas 12 variables, se les aplicó el primer análisis discriminante (AD) que mostró a siete variables como las más importantes descartándose cinco más que no ayudaron a la separación de los morfotipos. Finalmente, se corrió un segundo

AD únicamente con las siete variables mejor relacionadas: LP, LAT, LEM, LEL, LESM, AT y LTel.

Para los estadios tempranos, los dos primeros ejes (Can1 y Can2) explicaron un 72.6% de la varianza entre los morfotipos, los porcentajes de varianza explicada fueron de 51%, 21.5% respectivamente (Tabla 5). La función de clasificación correcta para los siete morfotipos en estadios temprano de desarrollo arrojó un 81.1% de asignación correcta.

Tabla 5 Correlación de las variables morfológicas y morfométricas más útiles para identificar estadios iniciales de desarrollo de estomatópodos del Pacífico Central Tropical con los ejes canónicos 1-2. El sombreado muestra las variables con mayor contribución.

	Can1	Can2
Varianza explicada	51%	21.5%
Medidas		
LP	-0.0953	-0.0773
LAT	-0.7526	-0.3400
LEM	0.0304	0.6303
LEL	-0.7308	0.3292
LESM	0.2220	-0.4230
AT	-0.1255	-0.1456
LTel	0.3145	-0.1739

Las variables más importantes en el eje Can1 fueron: la longitud de la abertura del telson y la longitud del telson, mientras que para el Can2 fueron la longitud de la espina media y la longitud de la espina submedia.

La figura 4 muestra la ordenación de los morfotipos en el espacio de las siete variables morfométricas mejor correlacionadas. Es posible observar un traslape entre los morfotipos SQM1 y SQM4, así como entre el LYM5 y LYM6 en el espacio de los ejes 1 y 2.

Los morfotipos que tuvieron más del 80% de asignación correcta fueron cinco; los tres morfotipos de la familia Squillidae (SQM1, SQM13 y SQM4), el morfotipo 5 de la familia Lysiosquillidae (LYM5) y el morfotipo sin clasificar (NCM3). El morfotipo LYM6 resultó con el valor más bajo de asignación (60%) probablemente debido a que comparte muchas características con el morfotipo LYM5 ya que ambas entidades pertenecen a la misma familia (Lysiosquillidae) (Tabla 6).

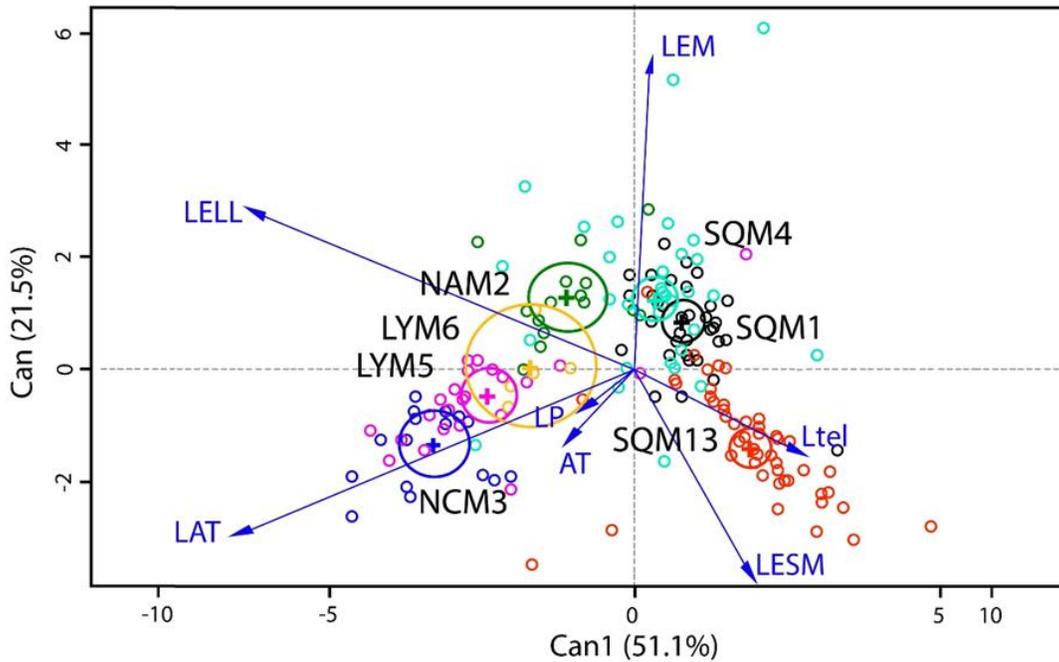


Figura 4. Análisis discriminante de los siete morfotipos en estadios temprano de desarrollo: SQM1, SQM4, SQM13, NAM2, LYM5, LYM6 y NCM3 utilizando las siete variables mejor correlacionadas en los dos primeros ejes.

Tabla 6. Matriz de clasificación de los morfotipos en estadios tempranos de desarrollo. SQM1 (Squillidae), SQM13 (Squillidae), NAM2 (Nanosquillidae), NCM3 (No clasificado), SQM4 (Squillidae), LYM5 (Lysiosquillidae) y LYM6 (Lysiosquillidae). %= porcentaje de clasificación correcto. Sombreado= porcentajes de clasificación >80%.

Morfotipo	%	No. de organismos clasificados						
		SQM1	SQM13	NAM2	NCM3	SQM4	LYM5	LYM6
SQM1	89.6	43	1	0	0	4	0	0
SQM13	80.0	7	40	0	0	1	2	0
NAM2	66.7	2	0	10	0	1	2	0
NCM3	94.4	0	0	0	17	0	1	0
SQM4	80.0	4	2	0	1	28	0	0
LYM5	80.0	3	0	0	2	0	20	0
LYM6	60.0	0	0	0	0	0	2	3

Las seis funciones discriminantes obtenidas (FD1 a FD5, para los estadios iniciales (I):

$$FD_{1i} = [-0.10(LP)] + [-0.75(LAT)] + [0.03(LEM)] + [-0.73(LELL)] + [0.22(LESM)] + [-0.13(AT)] + [0.31(LTel)]$$

$$FD_{21}=[-0.08(LP)]+[-0.34(LAT)]+[0.63(LEM)]+[0.33(LEL)]+[-0.42(LESM)]+[-0.15(AT)]+[-0.17(LTel)]$$

$$FD_{31}=[0.97(LP)]+[0.44(LAT)]+[0.64(LEM)]+[0.21(LEL)]+[0.40(LESM)]+[0.85(AT)]+[0.78(LTel)]$$

$$FD_{41}=[0.03(LP)]+[0.18(LAT)]+[0.19(LEM)]+[0.28(LEL)]+[0.60(LESM)]+[0.28(AT)]+[0.33(LTel)]$$

$$FD_{51}=[-0.05(LP)]+[0.21(LAT)]+[0.30(LEM)]+[-0.18(LEL)]+[-0.16(LESM)]+[-0.37(AT)]+[-0.18(LTel)]$$

$$FD_{61}=[-0.06(LP)]+[0.22(LAT)]+[0.09(LEM)]+[-0.27(LEL)]+[-0.47(LESM)]+[0.16(AT)]+[0.24(LTel)]$$

se calcularon, obteniendo la mayor variación en la primera de ellas (51.1%) y menos en la segunda (21.5%), indicando la alta proporción de varianza compartida entre morfotipo en estadio temprano y variable.

La primera función (FD_{11}) separa bien al morfotipo SQM1 de la familia Squillidae del resto de los individuos, mientras que la segunda (FD_{21}) separa a SQM13 del resto. La función FD_{31} separa a NAM2, FD_{41} separa a NCM3, FD_{51} separa a SQM4, y por último la FD_{61} separa a LYM5 del resto de los individuos.

Para los estadios tardíos los dos primeros ejes explicaron un 90.6% de la variabilidad entre los morfotipos. Los porcentajes de varianza explicada fueron de 73.5% y 17% para los ejes Can1 y Can2 respectivamente. La función de correcta asignación para los cinco morfotipos en estadio tardío fue mayor que en los iniciales alcanzando un 88.3%.

Las variables más importantes en el eje Can1 fueron: la longitud de la abertura del telson, y la longitud del telson, para el Can2 los caracteres más importantes fueron: longitud patrón y ancho del telson (Tabla 7).

La figura 5 muestra la ordenación de los morfotipos en el espacio de las siete variables morfométricas mejor correlacionadas. De manera general SQM4, SQM13 y LYM8 se diferencia mejor que el resto y se observa un ligero traslape entre los morfotipos SQM1 y NAM2, donde el morfotipo NAM2 arrojó 50% de asignación correcta que fue el porcentaje más bajo (Tabla 8).

Tabla 7. Correlación de las variables morfológicas y morfométricas más útiles para identificar estadios tardíos de desarrollo de estomatópodos del Pacífico central mexicano con los ejes canónicos 1-2. El sombreado muestra las variables con mayor contribución.

	Can1	Can2
Varianza explicada	73.5%	17%
Medidas		
LP	0.2734	0.7758
LAT	-0.6209	0.3526
LEM	0.1233	0.5185
LEL	0.3510	0.1313
LESM	-0.0246	0.6534
AT	0.2121	0.7124
LTel	0.4183	0.6100

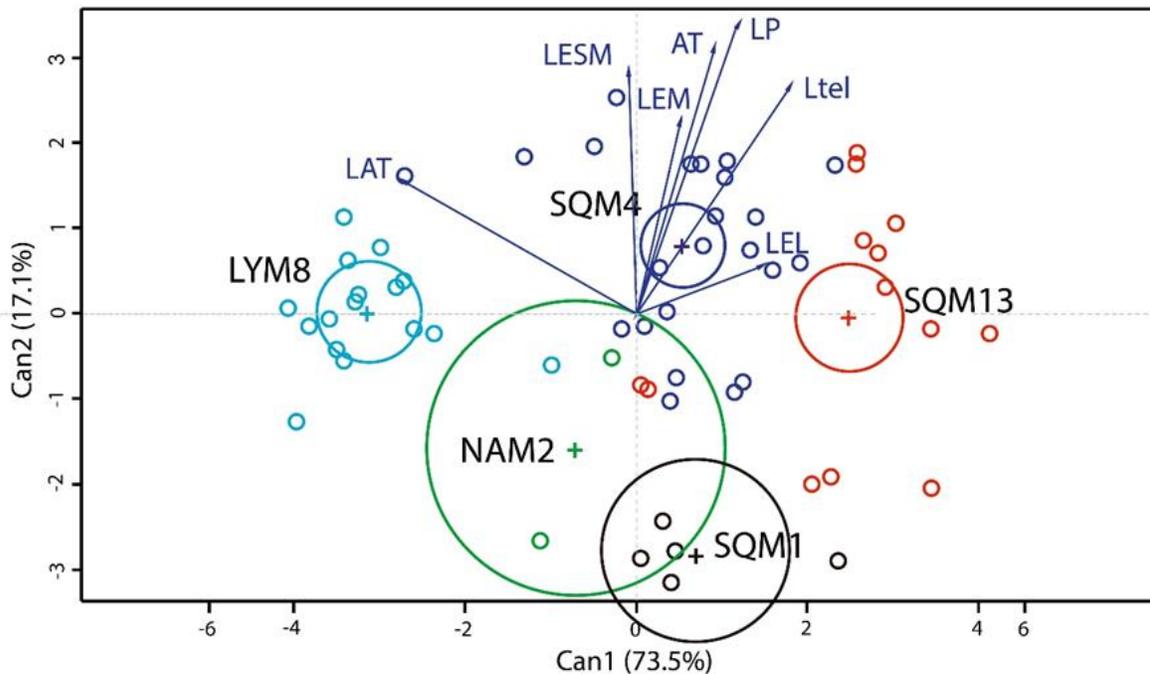


Figura 5. Análisis discriminante de los siete morfotipos en estadios tardíos de desarrollo: SQM1, SQM4, SQM13, NAM2 y LYM8 utilizando las siete variables mejor correlacionadas en los dos primeros ejes.

En la tabla 8 se observa que los morfotipos SQM1, SQM4 y LYM8 representaron porcentajes altos de correcta asignación (100%,91.3% y 93.7% respectivamente) que, a diferencia de los estadios iniciales, los tardíos estuvieron mejor diferenciados entre sí.

Tabla 8. Matriz de clasificación de los morfotipos en estadios tardíos de desarrollo. SQM1 (Squillidae), SQM13 (Squillidae), NAM2 (Nanosquillidae), SQM4 (Squillidae) y LYM8 (Lysiosquillidae). %= porcentaje de clasificación correcto. Sombreado= porcentajes de clasificación >88.3%.

Morfotipo	%	No. de organismos clasificados				
		SQM1	SQM13	NAM2	SQM4	LYM8
SQM1	100%	5	0	0	0	0
SQM13	78.5%	1	11	0	2	0
NAM2	50.5%	1	0	1	0	0
SQM4	91.3%	0	1	0	21	1
LYM8	93.7%	0	0	0	1	15

Se calcularon las cuatro funciones discriminantes (FD1 a FD4, para los estadios tardíos (T) que ayudan a separar a los morfotipos en estadio tardío de desarrollo de acuerdo a su variación:

$$FD_{1T}=[0.27(LP)]+[-0.62(LAT)]+[0.12(LEM)]+[0.35(LEL)]+[-0.02(LESM)]+[-0.21(AT)]+[0.42(LTel)]$$

$$FD_{2T}=[0.78(LP)]+[0.35(LAT)]+[0.52(LEM)]+[0.13(LEL)]+[0.65(LESM)]+[0.71(AT)]+[0.61(LTel)]$$

$$FD_{3T}=[0.49(LP)]+[0.17(LAT)]+[-0.81(LEM)]+[0.11(LEL)]+[0.47(LESM)]+[0.16(AT)]+[0.17(LTel)]$$

$$FD_{4T}=[-0.14(LP)]+[-0.44(LAT)]+[-0.20(LEM)]+[-0.25(LEL)]+[0.08(LESM)]+[0.12(AT)]+[0.08(LTel)]$$

La primera función (FD_{1T}) separa muy bien al morfotipo SQM1, mientras que la segunda (FD_{2T}) separa al grupo de SQM13. La tercera función (FD_{3T}) separa a los organismos pertenecientes al morfotipo NAM2, y finalmente la FD_{4T} separa al morfotipo SQM4.

El análisis morfométrico aplicado a los morfotipos, arrojó evidencia estadísticamente robusta de que las variables utilizadas son las más importantes en la determinación de las diferencias entre los morfotipos.

Descripciones morfológicas:

Tomando en consideración los resultados del análisis morfológico y morfométrico, se describieron los siguientes morfotipos.

Todos los estadios larvarios de los estomatópodos poseen un caparazón, un par de ojos supraorbitales, un par de espinas anterolaterales, y espinas ventrales (estas últimas ausentes en algunos morfotipos); el margen posterior del caparazón profundamente entallado y armado con una espina dorsal media; y con los márgenes laterales del caparazón armados con espinas posterolaterales (Fig. 6). Por esta razón, estas características ya no se repetirán en las descripciones siguientes.

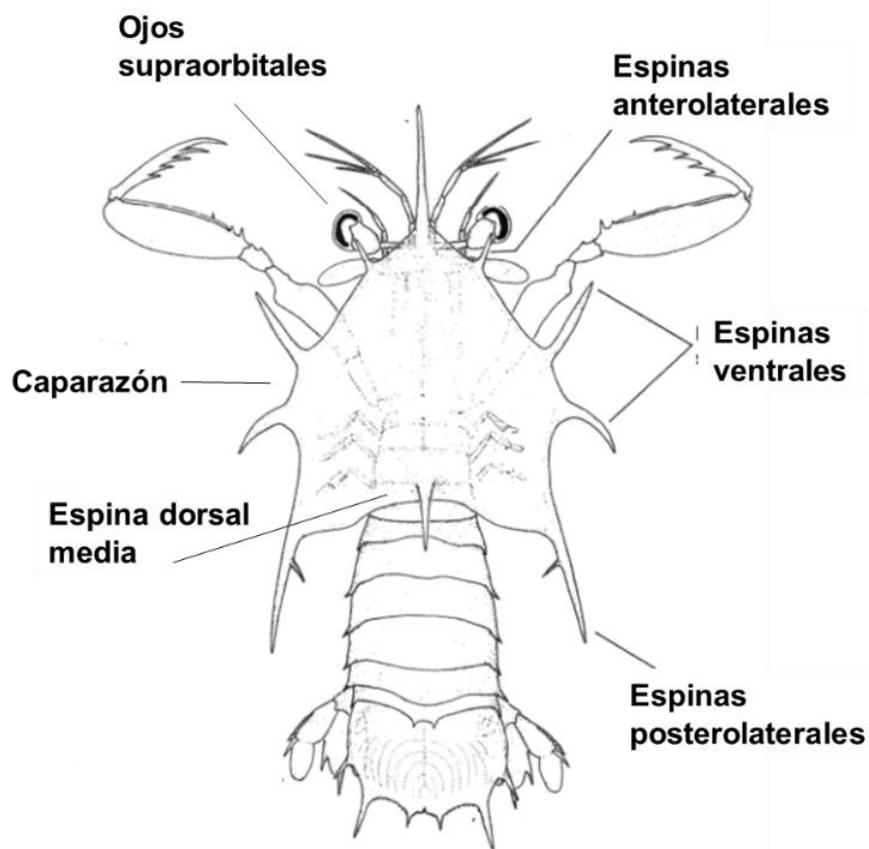


Fig. 6. Diagrama de la vista dorsal de una larva de estomatópodo. Modificado de Ahyong *et al.* (2014).

Las diagnosis de las familias que se les asignaron a los morfotipos se presentan a continuación:

Familia: Squillidae Latreille, 1802 - Ciclo de vida con estadios pseudozoea-alima y post-larva, juvenil y adulto. Se caracteriza por tener un caparazón cuadrado, rostrum largo y delgado, con espina posterolateral distintiva y fuerte, espina media corta, espinas anterolaterales cortas (en todas las etapas larvarias), ojos alargados y pedunculados, con garra raptorial grande y presente en todos los estadios. El abdomen es típicamente esbelto y los dos últimos segmentos no son articulados. El telson con margen posterior con una indentación en forma de V poco profunda en las primeras etapas que se profundiza en etapas posteriores. Con dos espinas laterales en el borde (convirtiéndose en conspicuo en etapas tardías). Los urópodos aparecen como brotes en el estadio III y se vuelven más desarrollados en estadios tardíos (Ahyong *et al.*, 2014, Castellani *et al.*, 2017).

Familia Nannosquillidae Manning, 1980. - El ciclo de vida consiste en antizoea o pseudozoea, erichthus, post-larva, juvenil y adulto. Caparazón alargado, en estadios tempranos puede superar la longitud del pereion. La espina anterolateral y media son pequeñas. Espinas posterolaterales distintivas, pero no ampliamente espaciadas en todas las etapas larvarias. Rostrum largo y delgado. Garras raptoriales presentes, pero en ocasiones no se muestran. Los ojos son lobulados y no pronunciados. El pleon en estadios tempranos es corto, pero en estadios posteriores se alarga. El Telson tiene tres espinas grandes presenes en el borde lteral. Margen posterior casi recto en etapas tempranas haciéndose más en forma de U, tiene una leve hendidura central en estadios posteriores. Margen terminal con pequeñas espinas flanqueadas por grandes espinas terminales en cada extremo (Ahyong *et al.*, 2014, Castellani *et al.*, 2017).

Familia Lysiosquillidae Giesbrecht, 1910. - El caparazón es globular y sin ensanchar en la base de las espinas posterolaterales, ligeramente rectangulares. Rostrum tan largo como la mitad del caparazón. Sin espinas ventrolaterales. Espinas posterolaterales fuertes y ligeramente curvadas. Pereiópodos desarrollados. El segundo maxilípodo no bien diferenciado. Telson recto con tres espinas en el margen lateral, con 12 espinas en el margen submedio.

Morfotipo SQM1 (Figs. 7, 8)

Superfamilia: Squilloidea Latreille 1802.

Familia: Squillidae Latreille, 1802.

Estadio: Pseudozoea. N=53 especímenes, 1.9-6.8 mm LT, 1.3-5.3 mm LP.

Alima. N=5 especímenes, 4.8-9.1 mm LT, 3.2-5.5 mm LP.

Diagnosis

Pseudozoea:

Ojos pedunculados, tallo ocular largo llegando a la espina anterolateral, anténula bifurcada.

Caparazón plano, espinas anterolateras poco prominentes y espinas posterolaterales largas alcanzando el último segmento abdominal, la espina media llega al primer segmento del abdomen por lo que es ligeramente corta.

Pleópodos: cuatro pares.

Telson cuadrado con dos espinas, lateral e intermedia seguidas de una serie de dentículos intermedios hasta la parte submedia del telson. Hendidura del telson en el margen posterior tiene una ligera forma de V poco profunda. Con 3-4 espinas ventrolaterales, 4-6 dentículos intermedios y de 12-6 dentículos submedianos.

Alima:

Ojos pedunculados, tallo ocular largo llegando a la espina anterolateral, anténula bifurcada.

Rostrum

Caparazón plano y rectangular, espinas anterolaterales poco prominentes y las espinas posterolaterales largas alcanzando la parte media del abdomen, espina media distintiva y ligeramente más corta que en el estadio pseudozoea. 3-4 espinas ventrolaterales.

Garra raptorial (segundo maxilípedo) con 1-2 dentículos prominentes en el propodio y con una serie de dentículos pequeños en forma de sierra.

Pereiópodos:

Pleópodos: cuatro pares.

Abdomen: seis segmentos.

Telson rectangular con dos espinas, laterales e intermedia y una serie de denticulos intermedios hasta la parte submedia del telson. De 5-9 denticulos intermedios y de 22 a 24 denticulos submedios. La hendidura del telson en el margen posterior tiene una forma de V profunda.

Urópodos poco visibles.

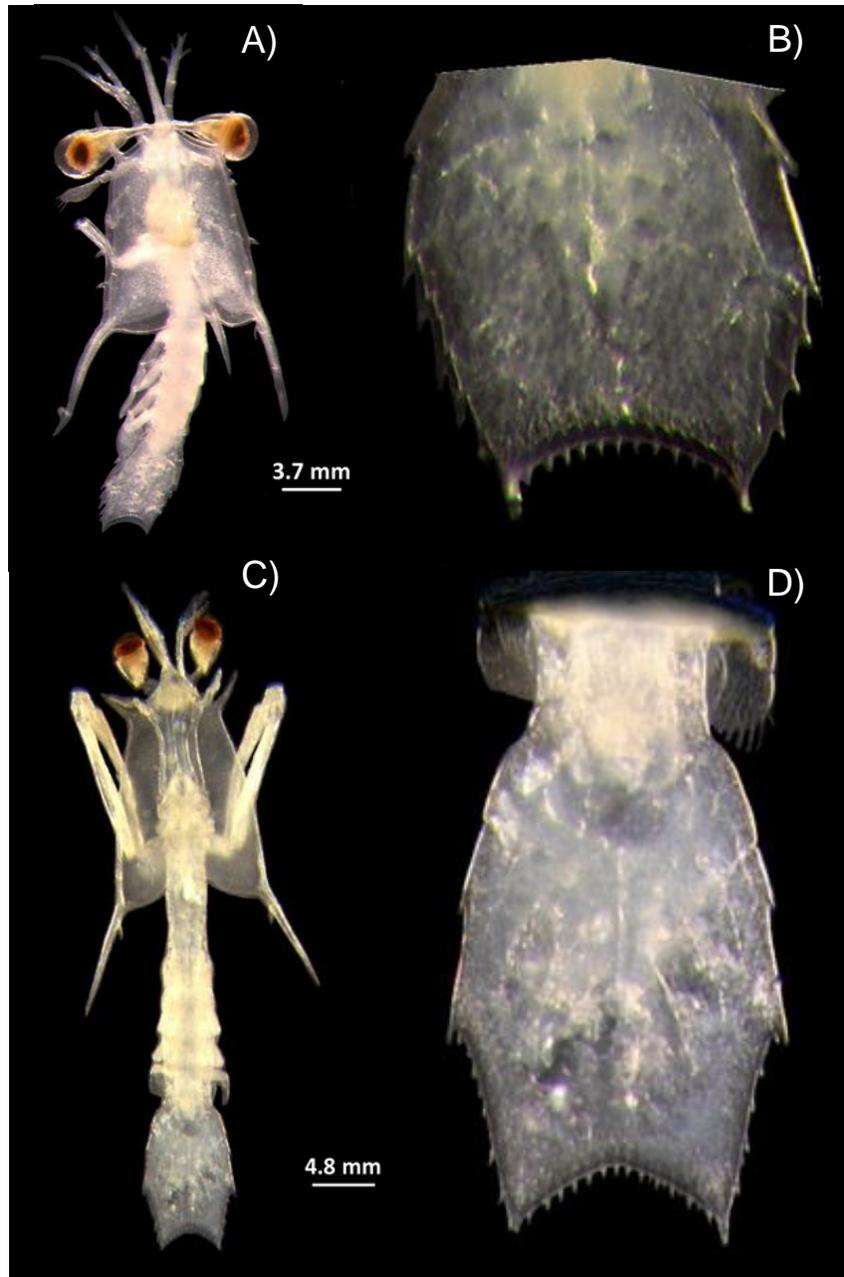


Figura 7. SQM1. A) Vista dorsal y B) telson de pseudozoea; C) vista ventral y D) telson de alima.

Distribución geográfica:

Las larvas pseudozoeas de SQM1 (Fig. 8A-8B) se distribuyeron ampliamente desde el Golfo de California hasta Oaxaca. Las mayores abundancias se localizaron cerca de la costa con un máximo de 245 ind/1000m³ cerca de Isla Tiburón y un mínimo de 2 ind/1000m³. Este morfotipo registró un promedio de 25 ind/1000m³.

Las alimas se distribuyeron en cuatro localidades costeras a lo largo del área de estudio con un promedio de abundancia de 29 ind/1000m³, un máximo y un mínimo de 66 y 6 ind/1000m³ respectivamente. Las mayores abundancias se registraron en la zona costera del norte de Guerrero (Fig. 8C-8D).

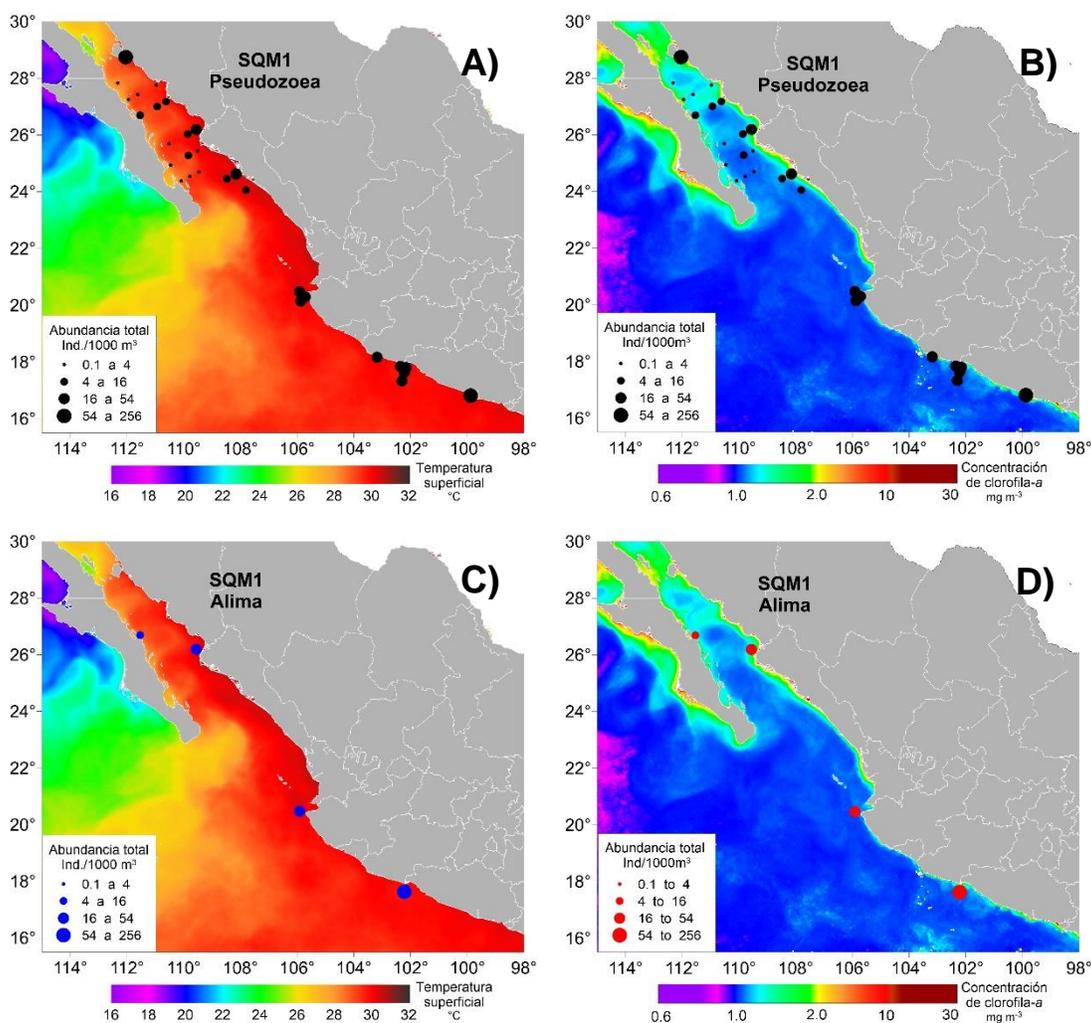


Figura 8. SQM1. Distribución y abundancia de pseudozoeas relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a. Distribución de alimas sobre C) temperatura superficial del mar y D) concentración de clorofila-a

Morfotipo SQM4 (Figs. 9, 10)

Superfamilia: Squilloidea Latreille, 1802.

Familia: Squillidae Latreille, 1802.

Estadio: Pseudozoea. N=35 especímenes, 4.6-11.8 mm LT, 3.6-8.6 mm LP.

Alima. N=23 especímenes, 8.9-21.8 mm LT, 6.2-14.2 mm LP.

Diagnosis

Pseudozoea:

Ojos pedunculados, tallo ocular largo alcanzando la espina anterolateral, anténula bifurcada.

Caparazón plano y ligeramente cuadrado, espinas anterolaterales poco prominentes y espinas posterolaterales largas: alcanzan el telson, espina media distintiva y ligeramente más corta.

Garra raptorial (segundo maxilípodo) con 1-2 dentículos prominentes en el propodio y con una serie de dentículos pequeños en forma de sierra.

Pleópodos: cuatro pares.

Telson cuadrado con dos espinas, lateral e intermedia y una serie de dentículos intermedios. La abertura del margen posterior tiene una forma de V profunda. Cuenta con 3-5 espinas ventrolaterales, de 9-13 dentículos intermedios y 26-32 dentículos sumedios.

Alima:

Ojos pedunculados, el tallo ocular muy largo alcanzando sobresaliendo del caparazon, la anténula bifurcada.

Rostrum de tamaño mediano.

Caparazón plano y rectangular, espinas anterolaterales pequeñas llegando a la parte posterior del ojo y las espinas posterolaterales largas pero más reducidas que en la pseudozoea, espina media distintiva y ligeramente más corta, de 3-6 espinas ventrolaterales.

Garra raptorial (segundo maxilípodo) con 2 dentículos prominentes en el propodio y con una serie de dentículos pequeños en forma de sierra

Pereiópodos: tres pares.

Pleópodos: cinco pares.

Abdomen: 5 segmentos.

Telson rectangular con dos espinas, laterales e intermedia y con una serie de dentículos intermedios hasta la parte submedia del telson. De 4-12 dentículos intermedios y de 29-50 dentículos submedios. La hendidura del telson en el margen posterior tiene una forma de V profunda.

Urópodos notorios de tamaño mediano.

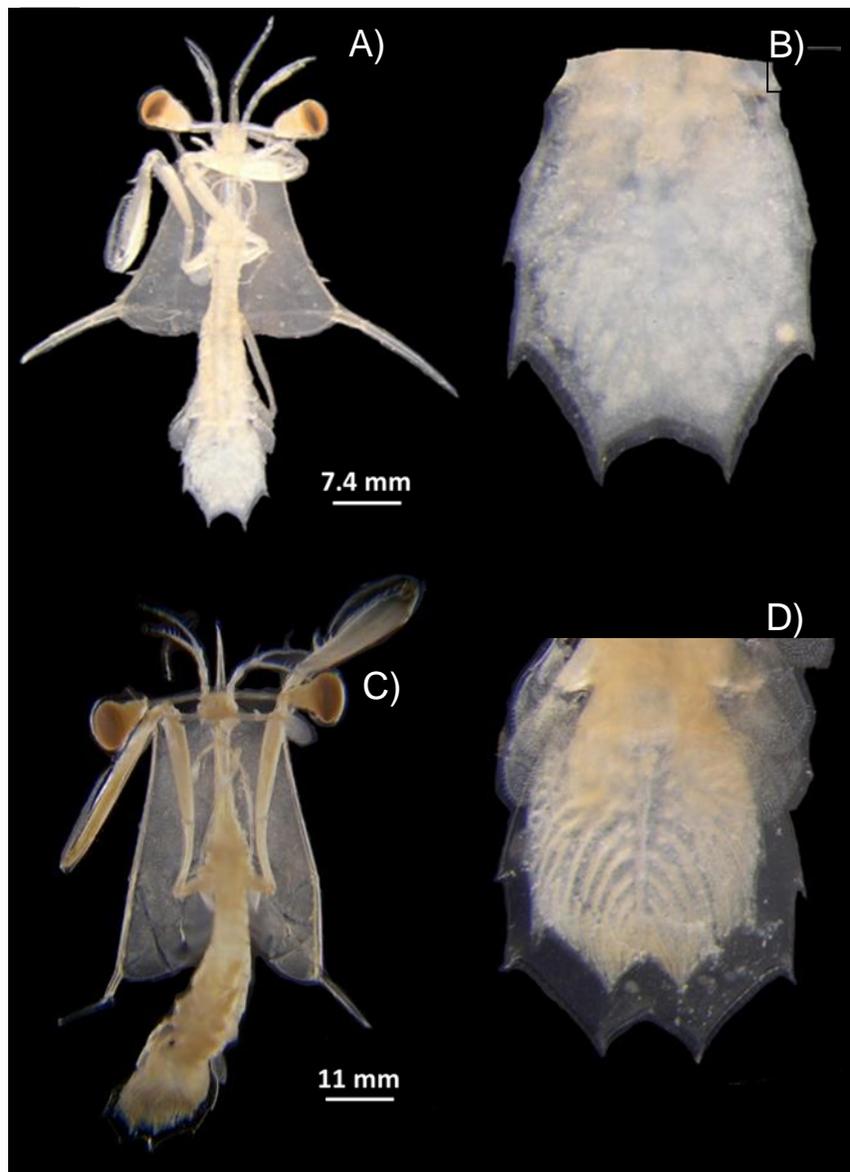


Figura 9. SQM4. A) Vista dorsal y B) telson de pseudozoea; C) vista ventral y D) telson de alima.

Distribución geográfica

Las pseudozoetas del morfotipo SQM4 (Fig. 10A-10B) solo se distribuyeron en el Golfo de California (GC) con un máximo de 25 ind/1000m³ registrados cerca de la costa frente a Bahía Lobos y en la boca del GC del lado peninsular. Bajas abundancias (mínimo de 2 ind/1000m³) se localizaron en la parte oceánica del golfo. Las alimas se distribuyeron en toda el área con mayor frecuencia en el GC que en el PCM, donde se registró un máximo de 27 ind/1000m³ frente a Cabo Corrientes y Bahía de Acapulco. Bajas abundancias se observan en la zona nerítica y en la boca del GC (Fig. 10C-10D).

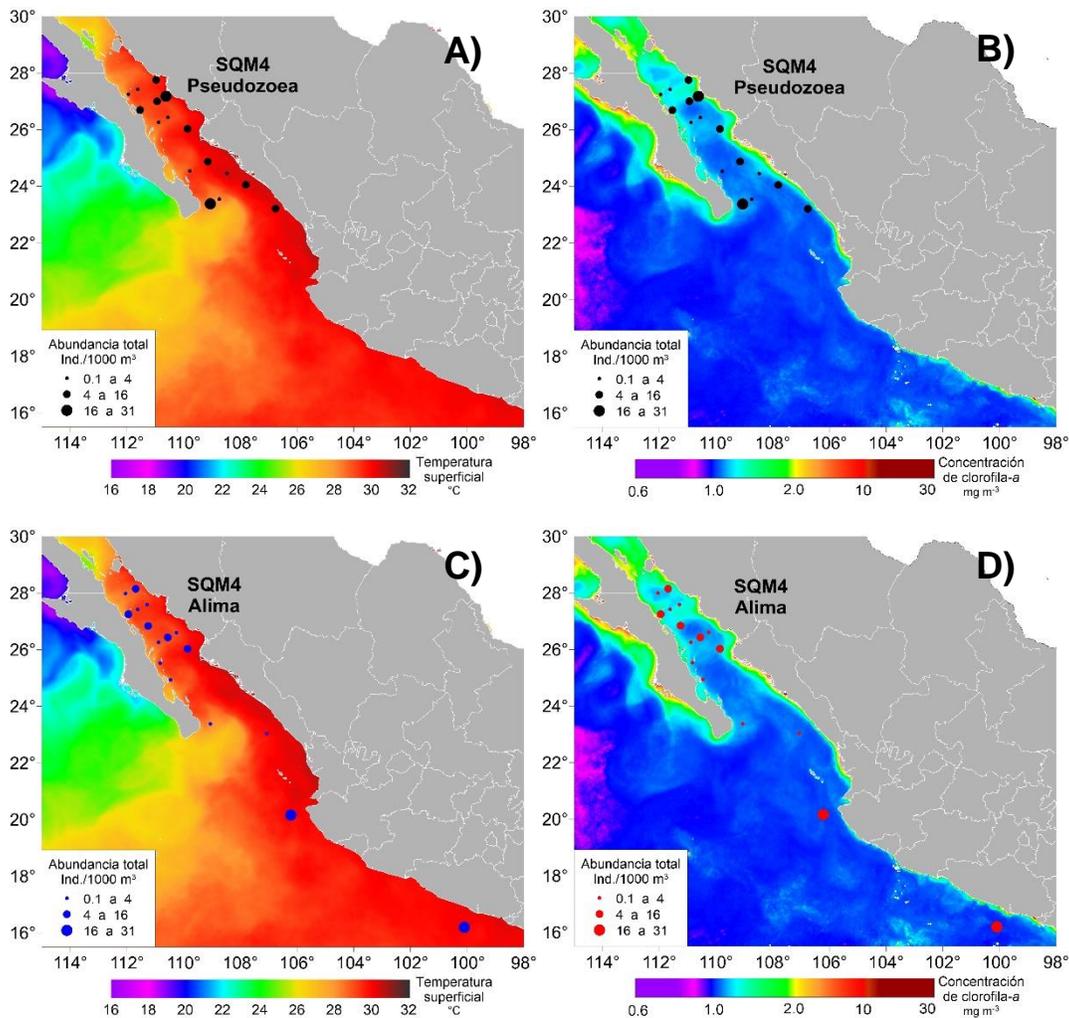


Figura 10. SQM4. Distribución y abundancia de pseudozoetas relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a. Distribución de alimas sobre C) temperatura superficial del mar y D) concentración de clorofila-a.

Morfotipo SQM13 (Figs. 11, 12)

Superfamilia: Squilloidea Latreille, 1802.

Familia: Squillidae Latreille, 1802

Estadio: Pseudozoea. N=50 especímenes, 4.2-10.5 mm LT, 2.6-6.6 mm LP.
Alima. N=14 especímenes, 10.5-25.5 mm LT, 6.3-15.8 mm LP.

Diagnosis

Pseudozoea:

Ojos pedunculados, el tallo ocular mediano, la anténula bifurcada.

Caparazón plano y rectangular, espinas anterolaterales poco desarrolladas, espinas posterolaterales poco prominentes, espina media corta. Con 1-2 espinas ventrolaterales

Garra raptorial (segundo maxilípodo) con 1-2 dentículos prominentes en el propodio

Pereiópodos tres pares.

Pleópodos cinco pares.

Telson ligeramente ovalado, espina lateral, poco sobresaliente, espina intermedia distintiva y fuerte ligeramente curva. La hendidura del margen posterior con forma de V poco profunda. De 7-10 dentículos intermedios, espina submedia corta y de 14-26 dentículos submedios.

Alima:

Ojos pendunculados, tallo ocular muy largo alcanzando la espina anterolateral. La anténula larga, bifurcada y segmentada.

Rostrum pequeño, alcanzando la mitad del ojo.

Caparazón plano y rectangular, cuerpo del estomatópodo delgado y largo, espinas anterolaterales pequeñas y espinas posterolaterales largas, espina media corta. Con 3 espinas ventrolaterales.

Primer maxilípodo bien desarrollado.

Garra raptorial (segundo maxilípodo) cuenta con 1 dentículo prominente en el propodio.

Pereiópodos: tres pares.

Pleópodos: cinco pares.

Abdomen alargado y se ensancha en la parte posterior, con 6 segmentos.

Telson cuadrado y con dos espinas, la lateral y la intermedia, la espina intermedia sobresale su tamaño; se observan una serie de dentículos intermedios hasta la parte submedia del telson. De 8-13 dentículos intermedios y de 22-34 dentículos submedios. La hendidura del telson en el margen posterior tiene una forma de V profunda.

Urópodos se encuentran bien desarrollados, grandes y ornamentados.

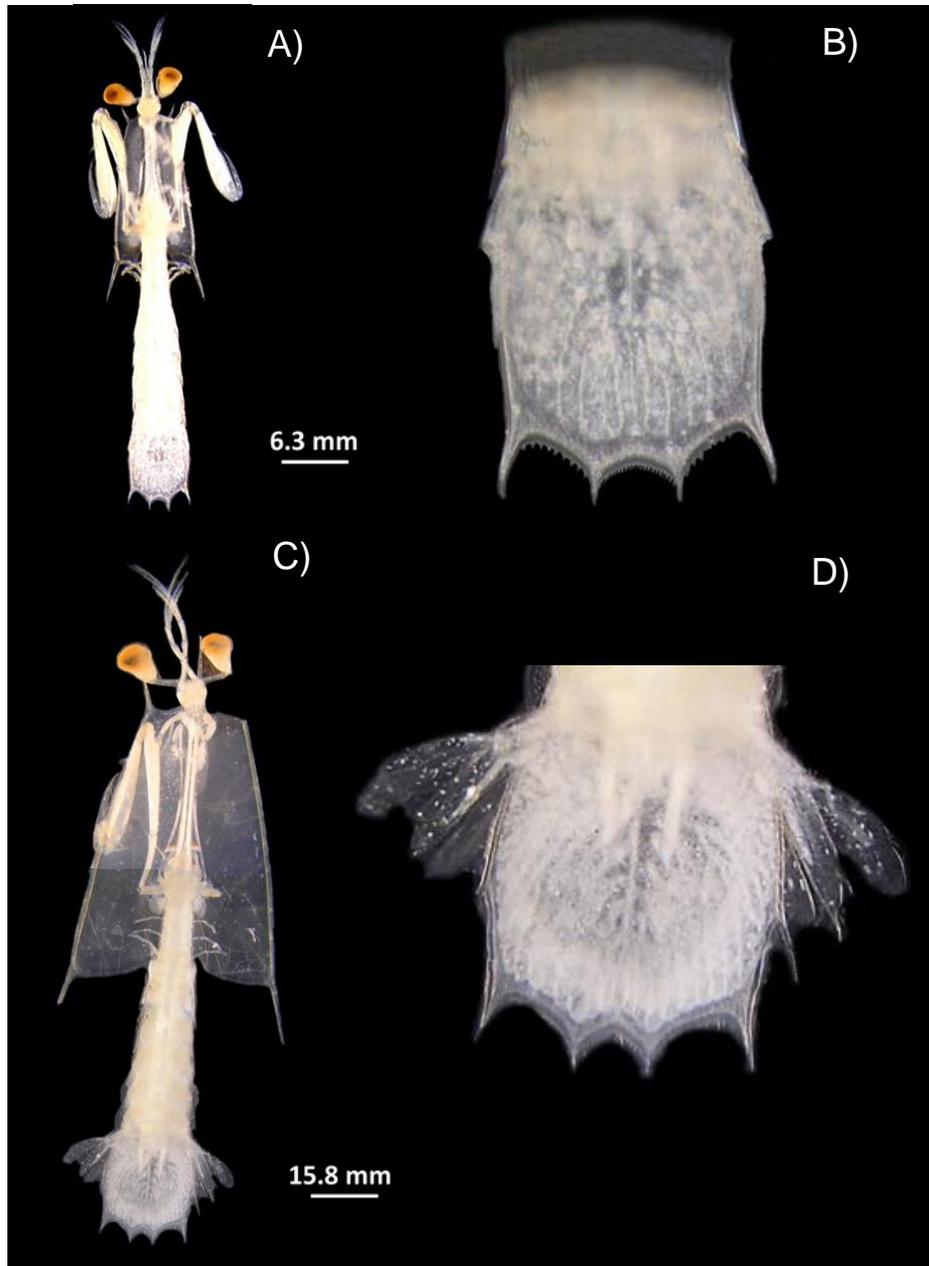


Figura 11. SQM13. A) Vista dorsal y B) telson de pseudoscorpion; C) vista ventral y D) telson de alima.

Distribución geográfica

La distribución de las pseudozoas del morfotipo SQM13 se restringió al GC, La mayor abundancia (160 ind/1000m³) se registró cerca de Mazatlán en la costa continental, con abundancias medias en el área oceánica (24 ind/1000m³) cerca de Isla Cerralvo (Fig. 12A-12B).

Las alimas tuvieron una abundancia máxima de 18 ind/1000m³ cerca de Bahía de Agiabampo, mientras que los valores medios (5 ind/1000m³) se observaron en la zona nerítica y oceánica de la boca del GC. Bajas abundancias se registraron en el área oceánica (Fig. 12C-12D).

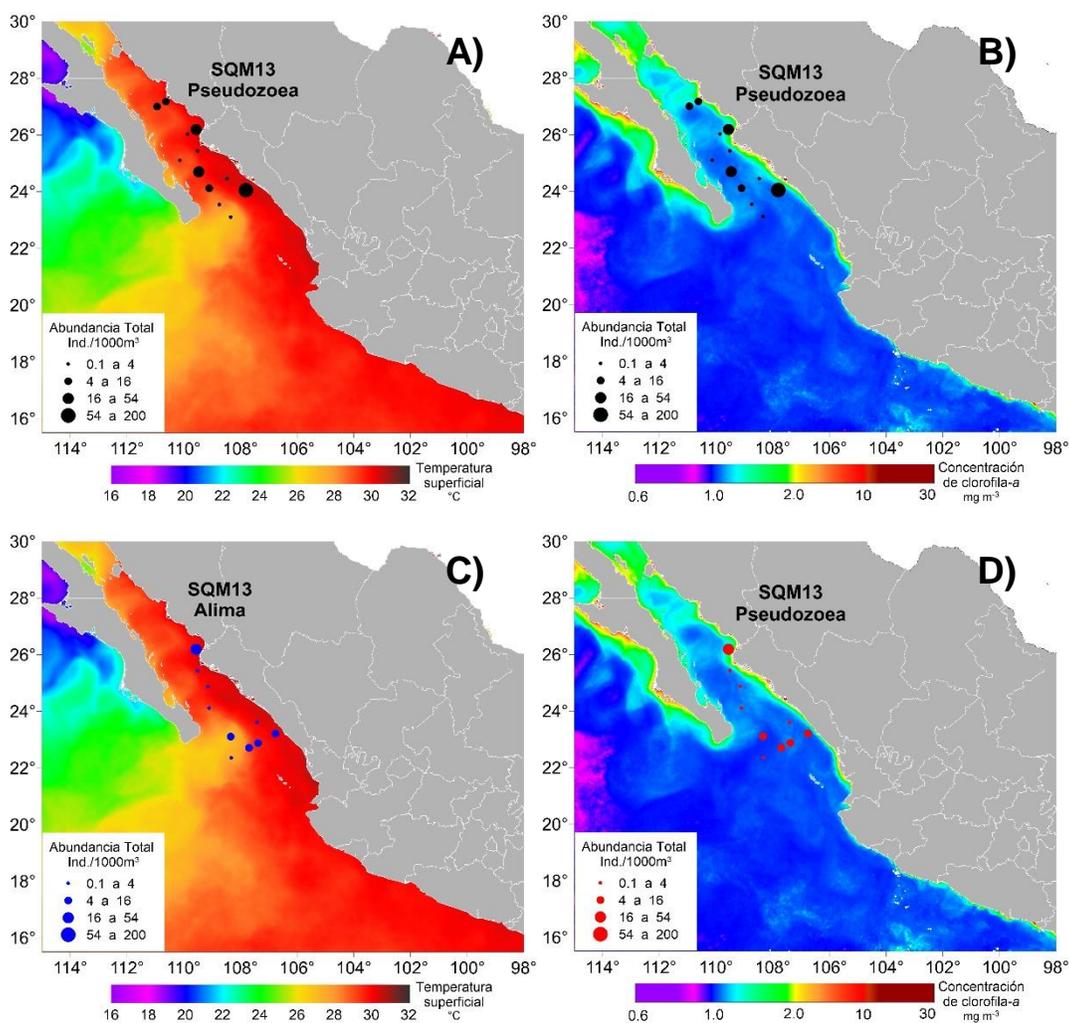


Figura 12. SQM13. Distribución y abundancia de pseudozoas relacionada con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a. Distribución de alimas sobre C) temperatura superficial del mar y D) concentración de clorofila-a.

Morforipo NAM2

(Figs. 13, 14)

Superfamilia Lysiosquillidea Giesbrecht, 1910

Familia Nannosquillidae Manning, 1980.

Estadio: Pseudozoea. N=15 especímenes, 3-8 mm LT, 2.1-5.2 mm LP.
Erichthus. N=2 especímenes, 7.7-8.1 mm LT, 5.5-5.8 mm LP.

Diagnosis

Pseudozoea:

Ojos pedunculados, tallo ocular muy corto y poco visible, anténula bifurcada.

Rostrum

Caparazón triangular y ligeramente ovalado hacia la parte ventral, espinas anterolaterales sobresalen por arriba del ojo, las espinas posterolaterales alcanzan el cuarto segmento abdominal y son ligeramente curvas, espina media distintiva y larga. Sin espinas ventrolaterales.

Garra raptorial (segundo maxilípedo) el propodio y dácilo con pequeñas acerraciones.

Pleópodos: cuatro pares.

Telson ligeramente triangular y margen posterior del telson poco profundo y con forma de U, con tres espinas laterales y de 18-24 denticulos submedios.

Erichthus:

Ojos pedunculados, el tallo ocular corto y apenas visible, la anténula bifurcada.

Rostrum largo llegando a la mitad de la anténula.

Caparazón triangular y prominente hacia la parte ventral, espinas anterolaterales llegan a la parte posterior del ojo, espinas posterolaterales alargadas y alcanzan el segundo segmento abdominal, espina media distintiva y larga, sin espinas ventrolaterales.

Primer maxilípedo bien desarrollado.

Garra raptorial (segundo maxilípedo) el propodio y dácilo con pequeñas acerraciones.

Pereiópodos: tres pares.

Pleópodos: cinco pares.

Abdomen:

Telson ligeramente triangular y con tres espinas laterales: la primera es distintivamente más larga y fuerte y con 22-23 denticulos submedios. Margen posterior del telson tiene una forma de V profunda. Se observan las carinas.

Urópodos grandes y ornamentados, con exópodos y endópodos.

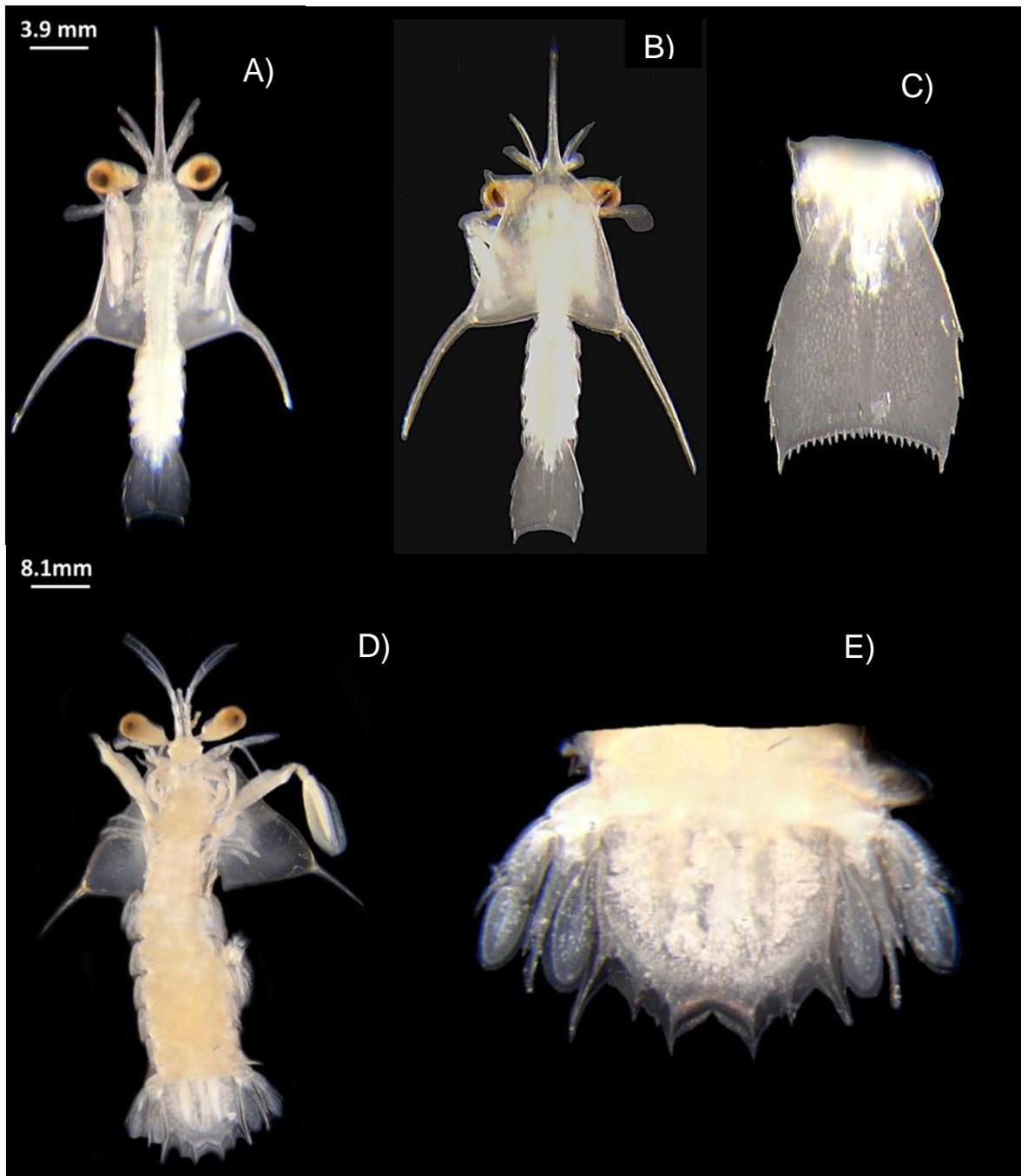


Figura 13. NAM2. A) Vista ventral, B) vista dorsal y C) telson de pseudozoea; D) vista ventral y E) telson de erichthus.

Distribución geográfica

La distribución de las pseudozoeas de NAM2 fué principalmente costera. La mayor abundancia se presentó frente a Cabo Corrientes (máximo 177 ind/1000m³) mientras que bajas abundancias se registraron en la zona oceánica a la altura de la Bahía de San Francisquito (Fig 14A-14B).

El estadio erichthus únicamente se presentó en dos estaciones de muestreo en el GC con un máximo de 29 ind/1000m³ localizados en la costa peninsular cerca de Bahía Concepción del GC (Fig.14C-14D).

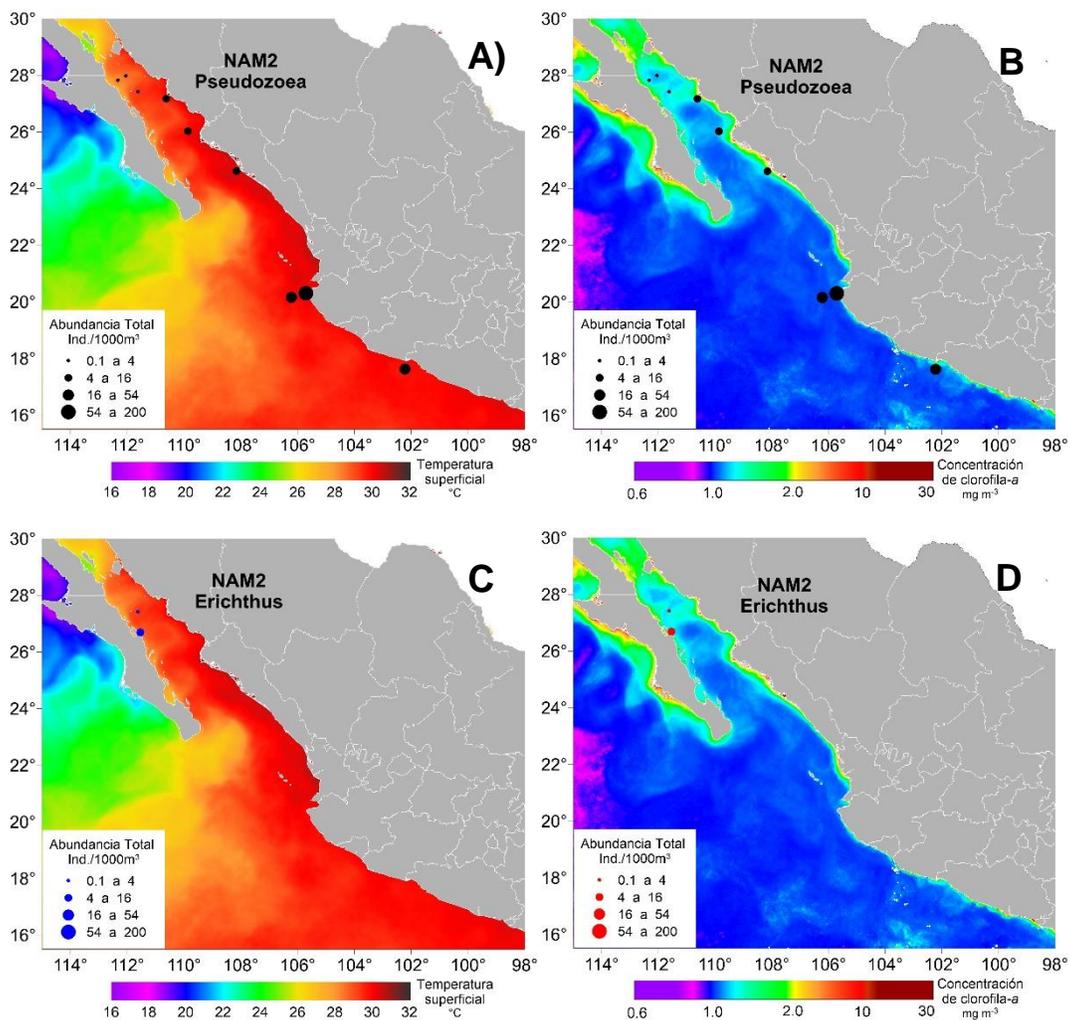


Figura 14. NAM2. Distribución y abundancia de pseudozoeas relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a. Distribución de erichthus sobre C) temperatura superficial del mar y D) concentración de clorofila-a.

Morfotipo NAM7
(Figs. 15, 16)

Superfamilia Lysiosquillidea Giesbrecht, 1910.

Familia Nannosquillidae Manning, 1980.

Estadio: Erichthus. N=1 espécimen, 16.2 mm LT, 11.6 mm LP.

Diagnosis

Erichthus:

Ojos pedunculados, tallo ocular corto, anténula bifurcada.

Rostrum fuerte, distintivo y largo: midiendo el largo del tórax de la larva.

Caparazón ligeramente triangular, ovalado en la parte posterior y prominente hacia la parte ventral; espinas anterolaterales pequeñas alcanzando la mitad del ojo y ligeramente curvas, espinas posterolaterales se alargan hasta el tercer segmento abdominal, espina media más corta que las posterolaterales; sin espinas ventrolaterales, con una espina pequeña en las espinas posterolaterales.

Abdomen alargado y esbelto conformado por cinco segmentos.

Pereiópodos: tres pares.

Pleópodos: cinco pares.

Telson rectangular con tres espinas laterales pequeñas, la espina submedia es grande y se curva hacia la parte interior de telson. Con 27 dentículos submedios.

Margen posterior del telson con una hendidura poco profunda en forma de U.

Urópodos pequeños y poco perceptibles.

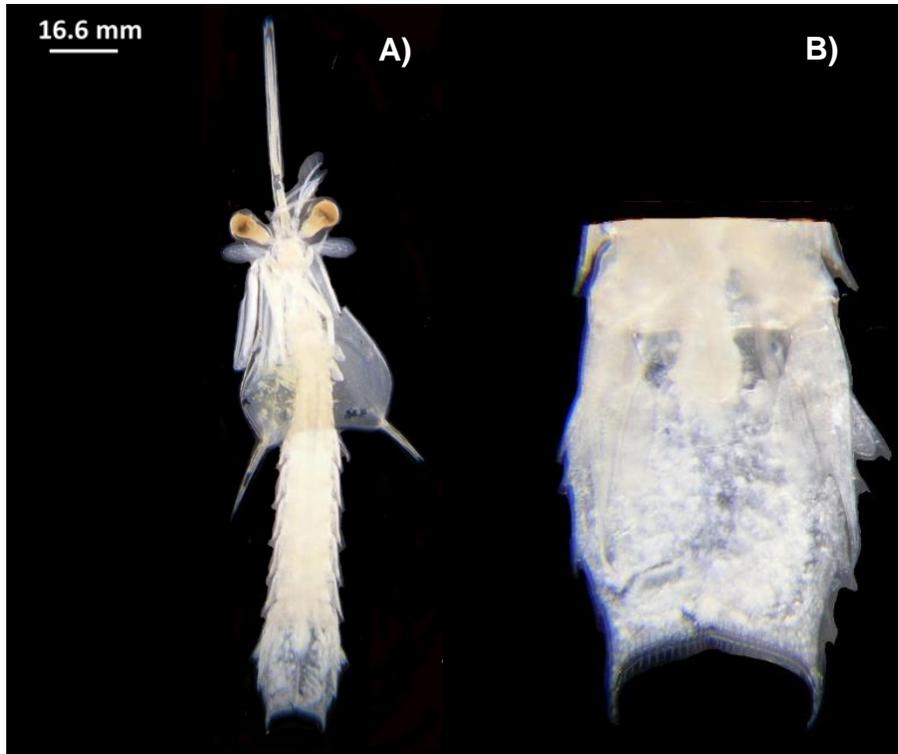


Figura 15. NAM7. A) Vista ventral, B) y telson de erichthus.

Distribución geográfica

El morfotipo NAM7 tuvo una única aparición en la costa peninsular del GC con un total de 3 ind/1000m³ (Fig.16A-16B).

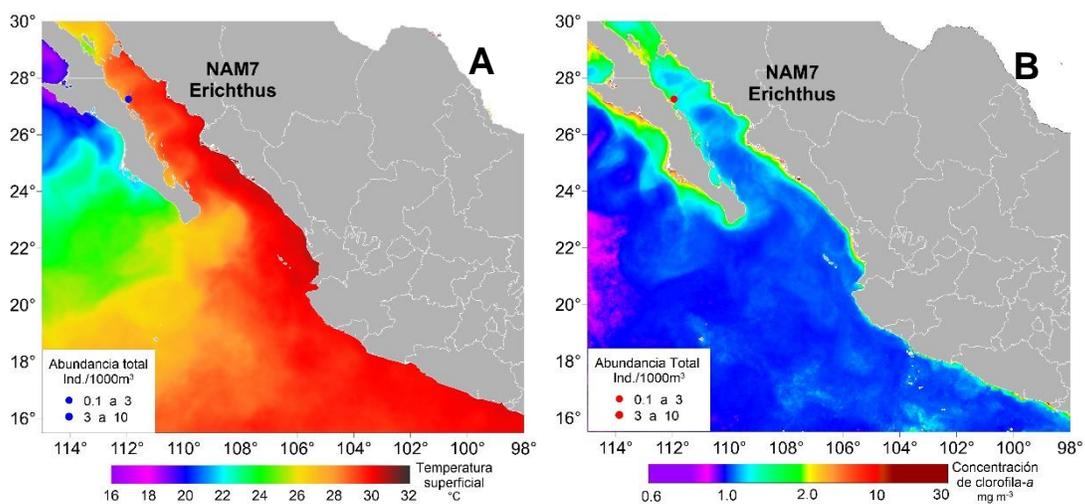


Figura 16. NAM7. Distribución y abundancia de erichthus relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a

**Morfotipo LYM5
(Figs. 17, 18)**

Superfamilia Lysiosquillidea Giesbrecht, 1910.

Familia Lysiosquillidae Giesbrecht, 1910.

Estadio: Antizoea N=25 especímenes, .1-6.5 mm LT, 1.6-6.2 mm LP.

Diagnosis

Ojos sésiles, anténula uniflagelada.

Rostrum fuerte y alargado.

Caparazón ovalado y curvo hacia la parte ventral, cubre casi todo el cuerpo. Espinas anterolaterales poco perceptibles y en ocasiones ausentes, espinas posterolaterales curvas, espina media pequeña. Carece de espinas ventrolaterales.

Garra raptorial (segundo maxilípodo) no especializada.

Pereiópodos: cinco pares de apéndices no especializados.

Abdomen corto, solo sobre salen los últimos dos segmentos abdominales fuera del caparazón.

Telson ligeramente triangular y más ancho que largo; espinas submedias ligeramente más largas, el margen posterior tiene forma de U y presenta una pequeña hendidura central, con tres espinas laterales y de 12-14 dentículos submedios.

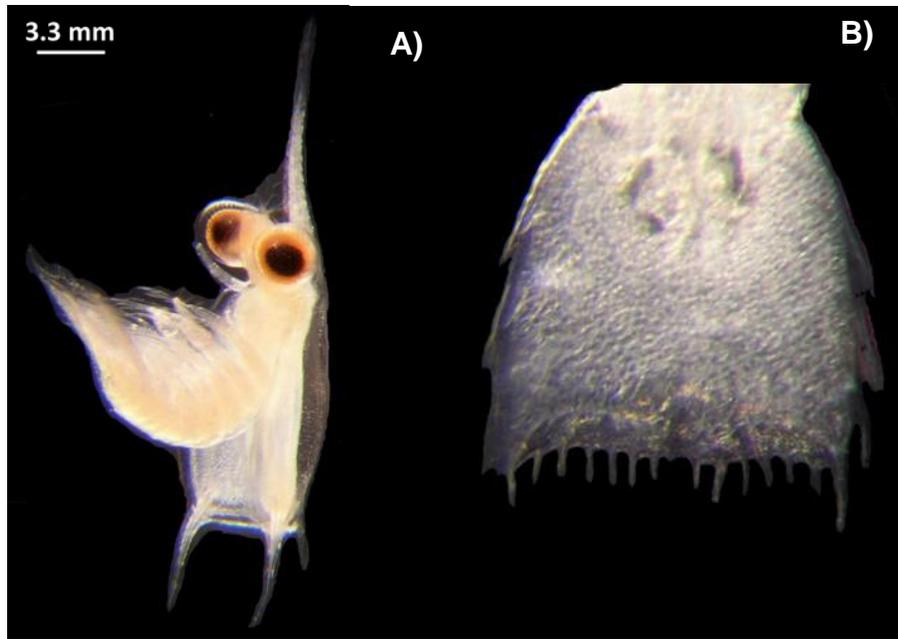


Figura 17. LYM5. A) Vista lateral y B) telson de antizoea.

Distribución geográfica

Las mayores abundancias de antizoeas de LYM5 (máximo de 44 ind/1000m³) se observaron cerca de la Bahía de Agiabampo en el GC y frente a las costas de Michoacan en el PCM. Los valores bajos se presentaron en la parte oceánica del GC (Fig.18A-18B).

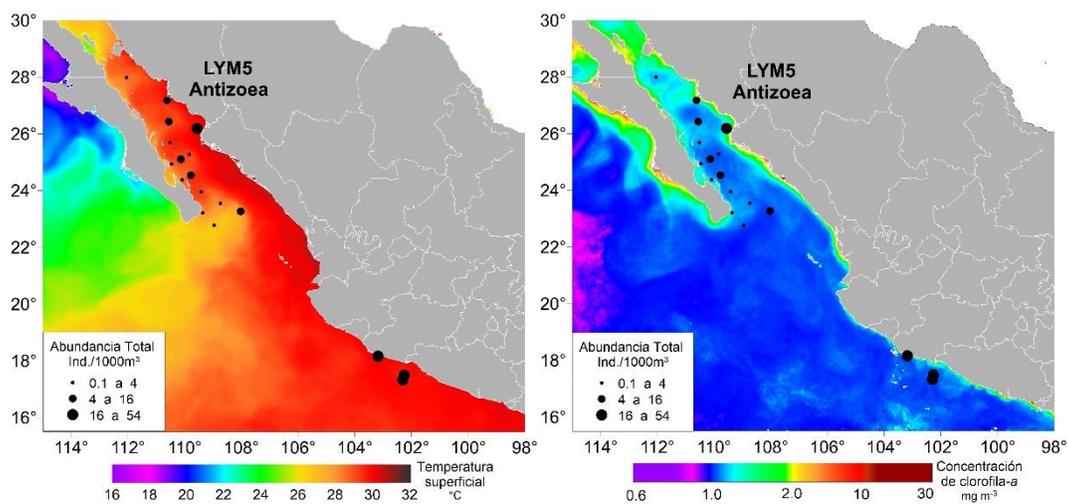


Figura 18. LYM5. Distribución y abundancia de antizoeas relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a.

**Morfotipo LYM6
(Figs.19, 20)**

Superfamilia Lysiosquillidea Giesbrecht, 1910

Familia Lysiosquillidae Giesbrecht, 1910

Estadio: Antizoea N=5 especímenes, 2.1-2.7 mm LT, 1.7-2.1 mm LP.

Diagnosis

Antizoea

Ojos sésiles, anténula uniflagelada.

Rostrum pequeño, espinas anterolaterales imperceptibles y en ocasiones ausentes, espinas posterolaterales ligeramente curvas, espina media pequeña.

Caparazón ovalado y prolongado hacia la parte ventral, cubre la mayor parte del cuerpo. Sin espinas ventrolaterales.

Garra raptorial (segundo maxilípodo) no desarrollada.

Pereiópodos: cinco pares no especializados.

Abdomen corto,

Telson triangular y más ancho que largo, espinas submedias ligeramente más largas, el margen posterior tiene forma de U y presenta una pequeña hendidura central, con 12 dentículos submedios.

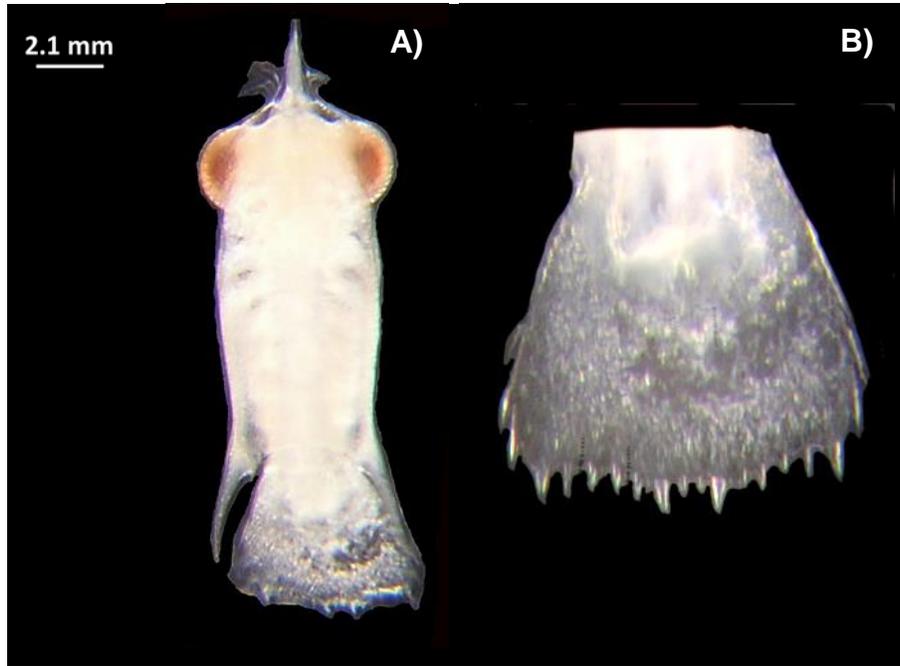


Figura 19. LYM6. A) Vista dorsal y B) telson de antizoea.

Distribución geográfica

Las antizoeas de LYM6 tuvieron una distribución costera y restringida al GC con un un máximo de 49 ind/1000m³ localizados al sur de Isla Tiburón. Las mínimas (3 ind/1000m³) se observaron cerca de Isla San Jose (Fig.20A-20B).

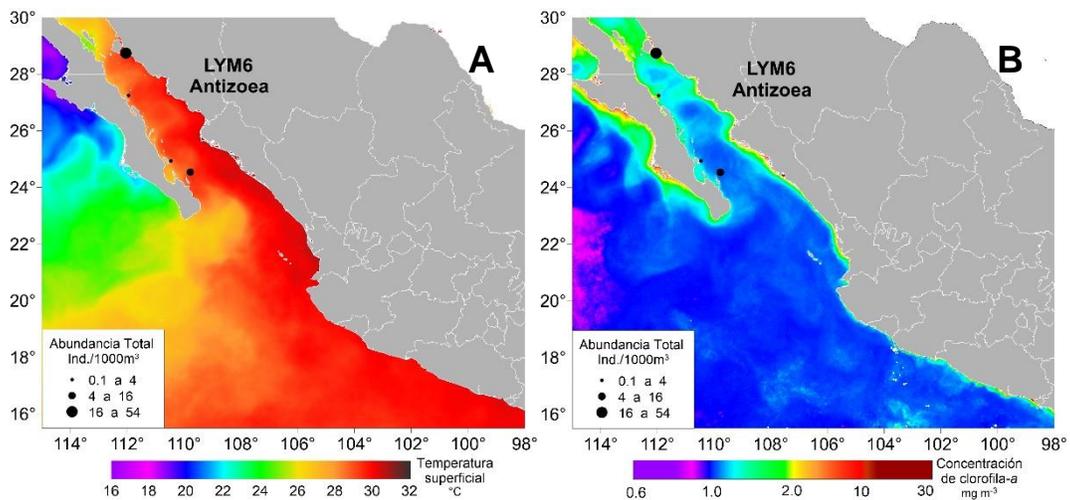


Figura 20. LYM6. Distribución y abundancia de antizoeas relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a.

**Morfotipo LYM8
(Figs. 21, 22)**

Superfamilia Lysiosquillidea Giesbrecht, 1910.

Familia Lysiosquillidae Giesbrecht, 1910.

Estadio: Erichthus N=16 especímenes, 8.6-12.6 mm LT, 7.4-10.6 mm LP.

Diagnosis

Erichthus:

Ojos pedunculados, el tallo corto, anténula bifurcada y segmentada.

Rostrum fuerte y distintivo.

Caparazón rectangular y prominente hacia la parte ventral; espinas anterolaterales pequeñas mientras que las espinas posterolaterales son fuertes y distintivas llegando hasta el último segmento abdominal, la espina media es pequeña. Con una espina ventrolateral en la parte posterior del caparazón.

Abdomen ancho.

Pereiópodos: tres pares

Pleópodos: cinco pares.

Telson cuadrado, con una espina lateral distintiva y dos dentículos intermedios, espina submedia fuerte y alargada, con 22-30 dentículos submedios. La hendidura del telson en el margen posterior tiene una forma de U poco profunda. Carinas poco visibles.

Urópodos grandes y ornamentados, con exópodos y endópodos.

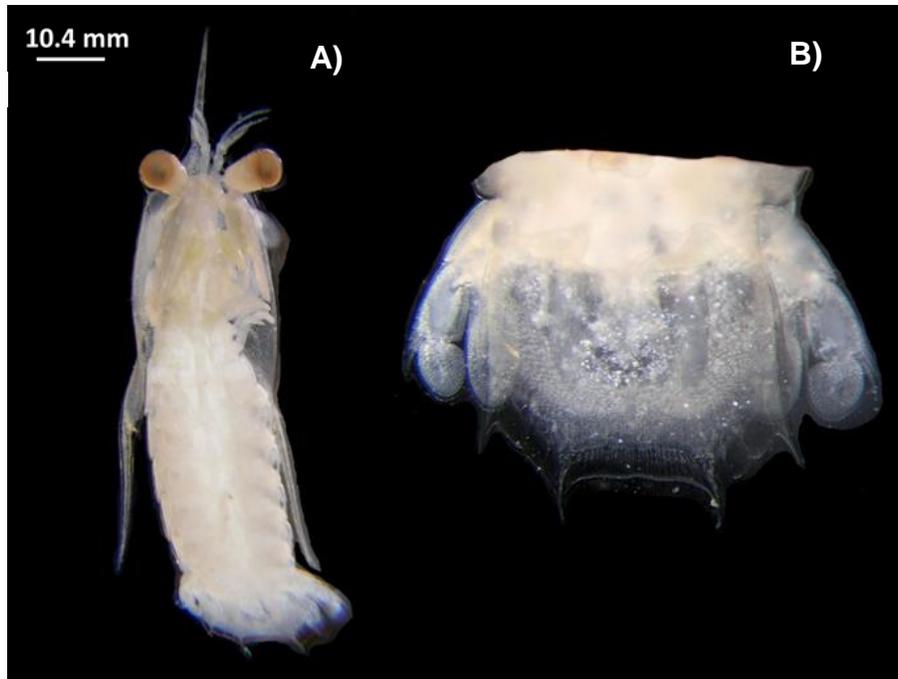


Figura 21. LYM8. A) Vista ventral y B) telson de erichthus.

Distribución geográfica

Las larvas erichthus de LYM8 solo se distribuyeron en la costa peninsular del GC alcanzando un máximo de 18 ind/1000m³. Valores bajos y medios se observaron en el área oceánica en la boca del GC (Fig. 22A-22B).

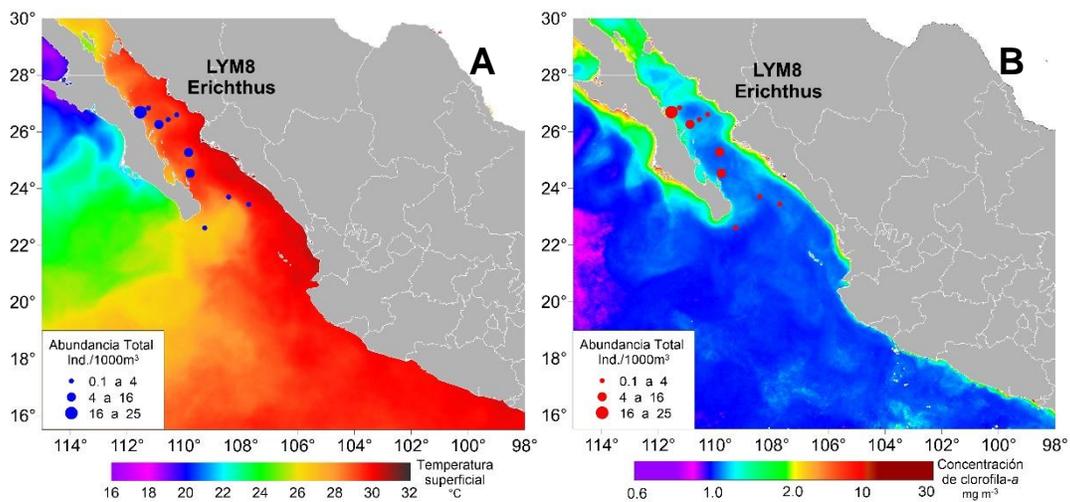


Figura 22. LYM8 Distribución y abundancia de erichthus relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a.

**Morfotipo no clasificado (NCM3)
(Figs. 23, 24)**

Estadio: Antizoea N=18 especímenes, 4.8-8 mm LT, 4.3-7.5 mm LP.

Diagnosis

Antizoea:

Ojos sésiles, anténula uniflagelada.

Rostrum

Caparazón ovalado y prolongado hacia la parte ventral, cubre la mayor parte del cuerpo; NCM3 es grande en comparación a las antizoeas encontradas en este estudio. Las espinas anteroaterales son pequeñas, con espinas posterolaterales distintivas y fuertes, espina media de tamaño medio. Sin dentículos ventrolaterales.

Pereiópodos: tres pares.

Pleópodos: cuatro pares.

Garra raptorial (segundo maxilípodo) bien desarrollado y sin dentículos.

Abdomen corto.

Telson cuadrado y más ancho que largo, con tres espinas laterales y con 12-15 dentículos submedios. El margen posterior es ancho, con hendidura profunda en forma de U. La abertura del telson forma una M.

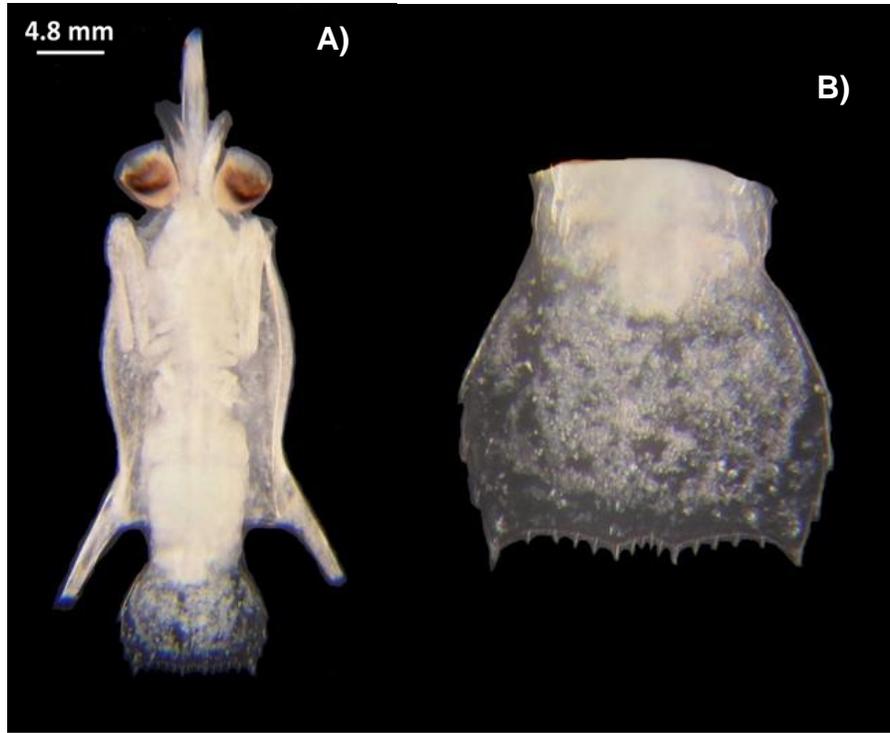


Figura 23. NCM3. A) Vista ventral y B) telson de antizoea.

Distribución geográfica

Las antizoeas del NCM3 se distribuyeron principalmente en el GC donde las abundancias altas (máximo de 149 ind/1000m³) se registraron frente a Bahía Navachiste, Sinaloa. Se registraron abundancias medias (promedio 31 ind/1000m³) en Cabo Corrientes y bajas en el área oceánica del GC (Fig. 24A-24B).

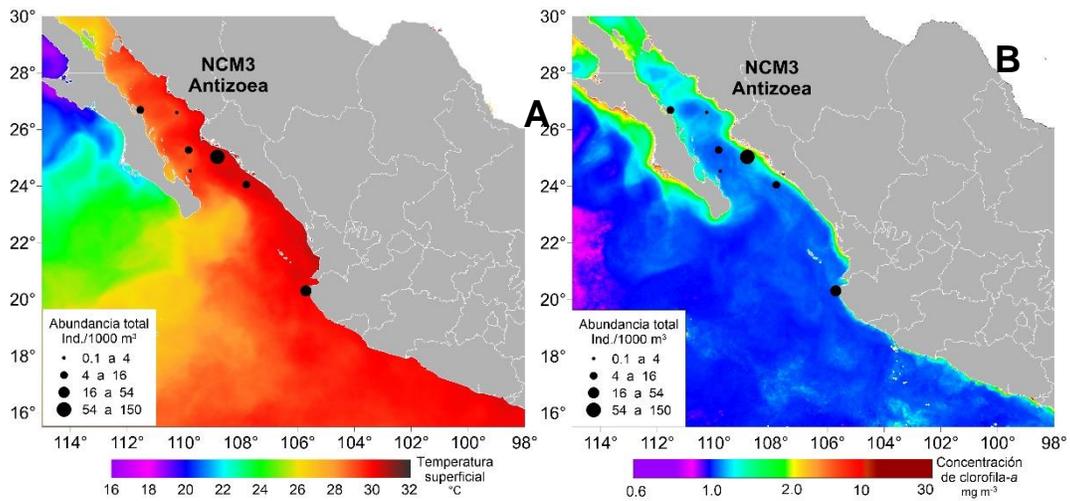


Figura 24. NCM3. Distribución y abundancia de antizoeas relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a.

Morfotipo no clasificado (NCM12)
(Figs. 25, 26)

Estadio: Antizoea N=1 espécimen, 4.8 mm LT, 4.6 mm LP.

Diagnosis

Antizoea:

Ojos sésiles, anténula uniflagelada.

Caparazón ovalado y prolongado hacia la parte ventral y cubre la mayor parte del cuerpo. Las espinas anterolaterales pequeñas, con un par de espinas ventrolaterales sobresalientes y con espinas posterolaterales largas, espina media pequeña.

Rostrum alargado.

Garra raptorial (segundo maxilípodo) desarrollado.

Pereiópodos: dos pares.

Pleópodos: cuatro pares.

Abdomen sobresalen los dos últimos segmentos fuera del caparazón.

Telson cuadrado, es más ancho que largo, con tres espinas laterales y 22 dentículos submedios, el margen posterior es ancho y tiene una hendidura profunda en forma de U; abertura del telson forma una M.

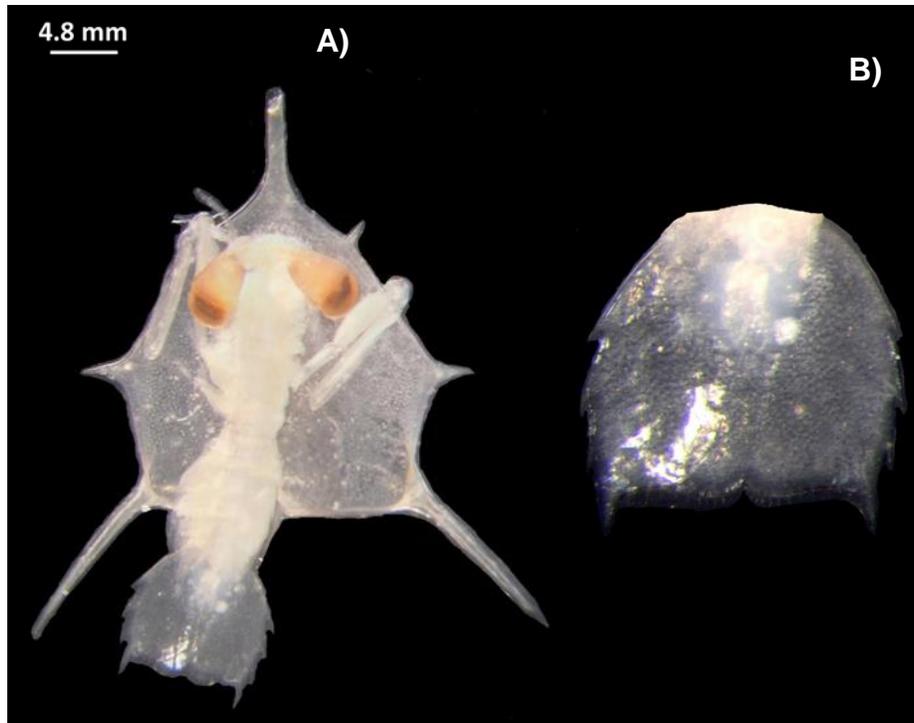


Figura 25. NCM12. A) Vista ventral y B) telson de antizoea.

Distribución geográfica

Las antizoeas del morfotipo NCM12 solamente se registraron en una estación en la zona costera cercana a Bahía Agiabampo con una abundancia total de 18 ind/1000m³ (Fig 26A- 26B).

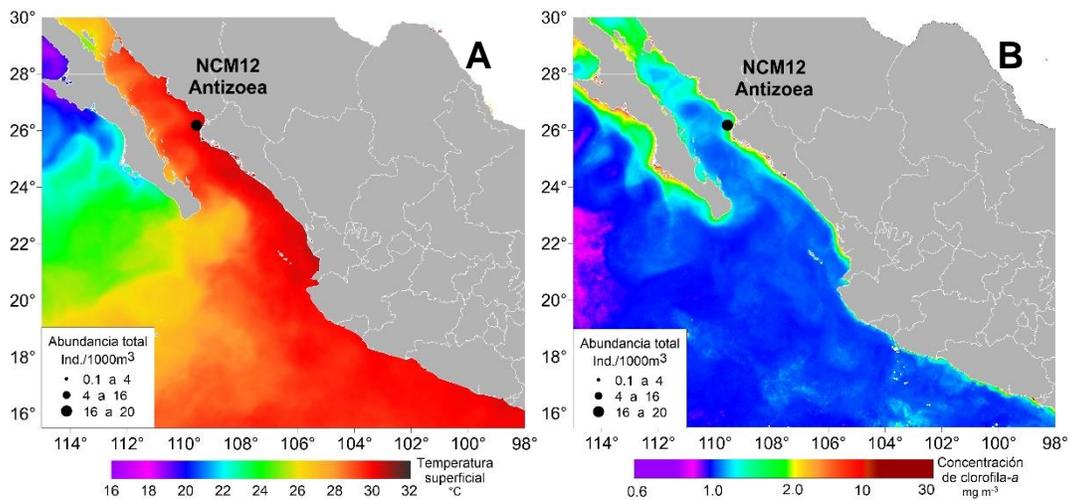


Figura 26. NCM12 Distribución y abundancia de antizoeas relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a.

**Morfotipo no clasificado (NCM11)
(Figs. 27, 28)**

Estadio: Erichthus N=2 especímenes, 9.2-10.1 mm LT, 7-8.3 mm LP.

Diagnosis

Erichthus:

Ojos pedunculados, tallo ocular mediano y anténula bifurcada.

Rostrum

Caparazón triangular y prominente hacia la parte ventral, las espinas anterolaterales son pequeñas y ligeramente curvas, las espinas posterolaterales alcanzan el último segmento abdominal, con 5 espinas ventrolaterales de las cuales una es larga y distintiva; la espina media larga.

Primer maxilípodo bien desarrollado.

Garra raptorial (segundo maxilípodo) presenta dos dentículos en el propodio.

Pereiópodos: tres pares.

Pleópodos: cuatro pares.

Telson cuadrado con dos espinas, lateral e intermedia y con una serie de dentículos intermedios hasta la parte submedia del telson. Con 12 dentículos intermedios y 25 denticulos submedios. El margen posterior tiene forma de U poco profunda.

Urópodos poco perceptibles.

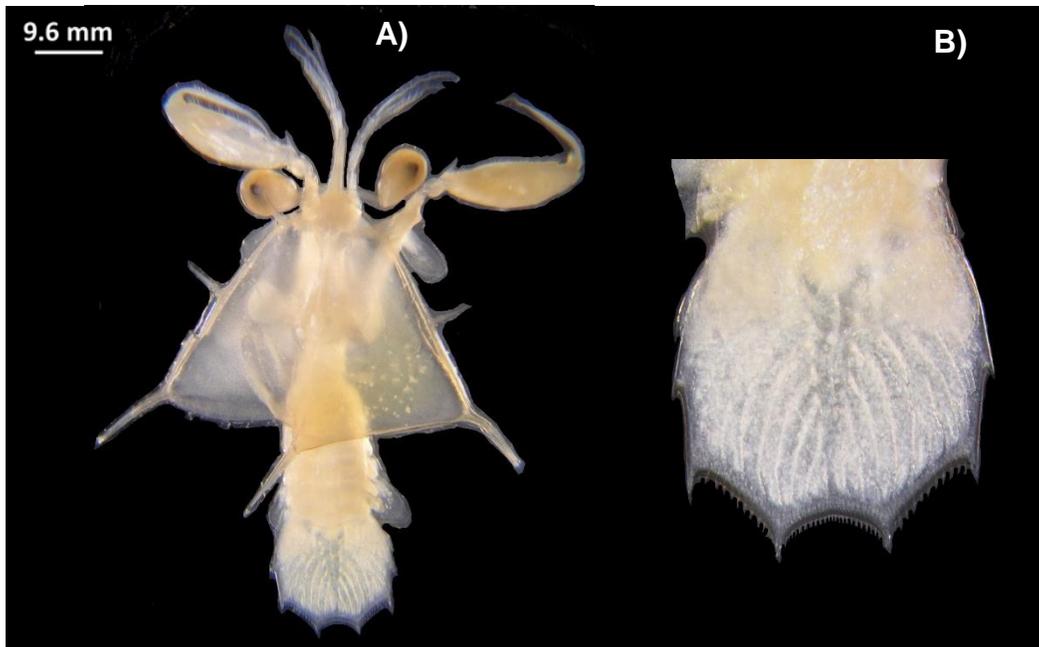


Figura 27. NCM11. A) Vista dorsal y B) telson de erichthus.

Distribución geográfica

La distribución del morfotipo NCM11 se limitó a una localidad cerca de las costas de Sinaloa con un total de 14 ind/1000m³ (Fig. 28A-28B).

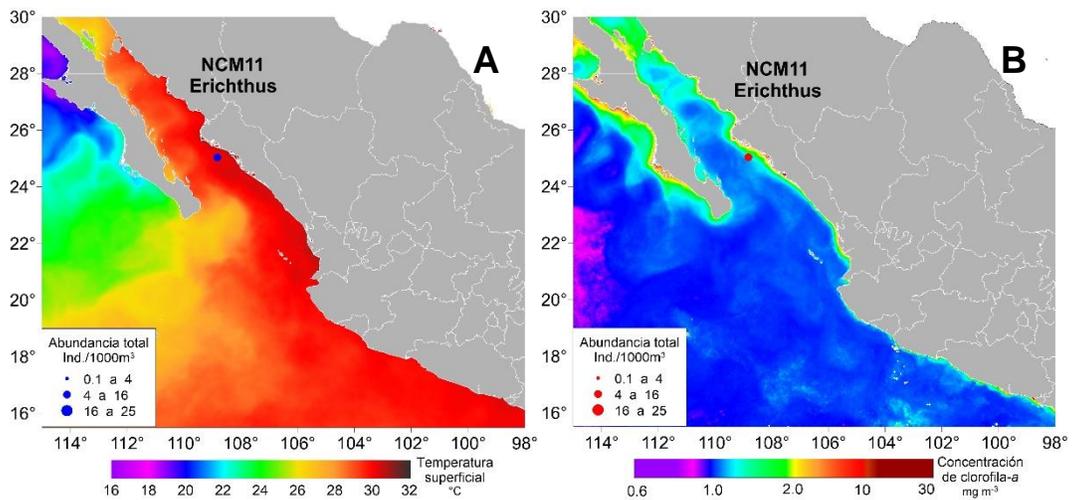


Figura 28. NCM11. Distribución y abundancia de erichthus relacionadas con: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a.

Análisis ecológico

Condiciones ambientales

La temperatura promedio en el área de estudio para el mes de junio de 2014 fue de 28 °C con un máximo de 31 °C y un mínimo de 20 °C. Las mínimas temperaturas se observaron en la región de Isla Tiburón en la estación más al norte del área de estudio y en la costa peninsular del GC, se observa una lengua de agua templada en la boca del golfo entrando por la costa peninsular entre los 25 y 27 °C; el resto del área muestra un patrón de valores elevados de esta variable (Fig. 29A). La clorofila-a promedio fue de 0.3 mg/m³ presentó una mayor concentración a lo largo de las zonas costeras del GC con un valor máximo de 1 mg/m³ cerca de IT. En el área costera de PCM, particularmente frente a Guerrero se registraron las concentraciones más altas (máximo de 2.7 mg/m³) (Fig. 29B).

Las larvas se registraron una abundancia total de 2377 Ind/1000m³, con un promedio de 37 Ind/1000m³, un mínimo y un máximo de 2 y 294 Ind/1000m³ respectivamente.

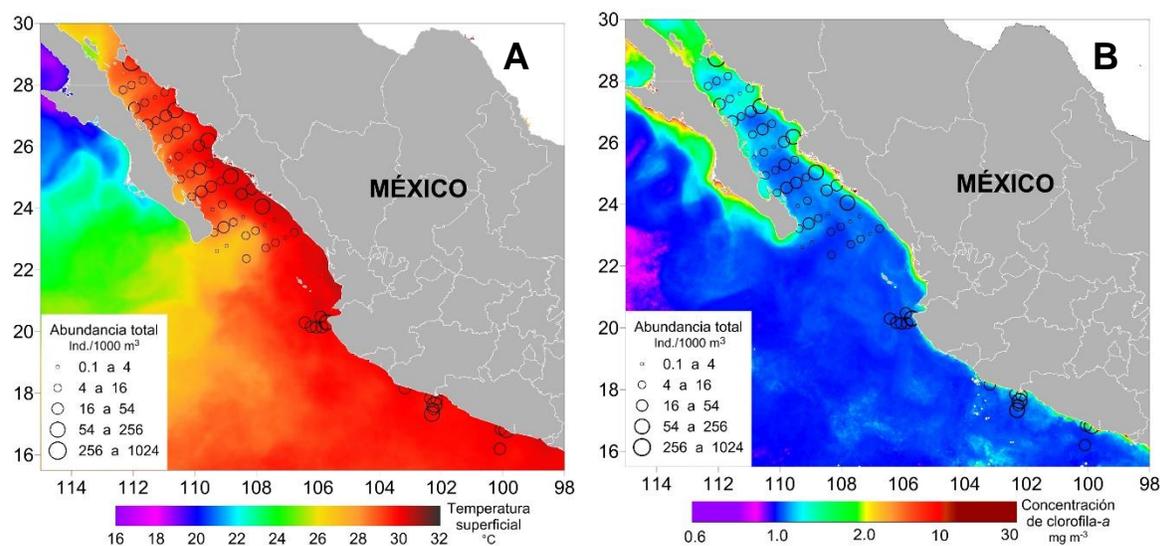


Figura 29. Abundancia total de larvas de estomatópodos sobre la distribución de: A) temperatura superficial del mar y B) concentración de clorofila-a.

Las mayores abundancias de estomatópodos totales en la región del GC se observaron cerca de Isla Tiburón, mientras que las bajas hacia el área oceánica y la boca del golfo. En el PCM las abundancias fueron relativamente uniformes y se

localizaron en la zona costera. Cabo Corrientes y Lázaro Cárdenas registraron los valores más altos de larvas (Fig. 29A-29B).

El análisis de correspondencia canónico (ACC) aplicado para la determinación de la relación abundancia-ambiente de los diferentes morfotipos en estadios temprano de desarrollo explicó el 80% de la varianza acumulada en los dos primeros ejes (Tabla 9).

Las variables ambientales mejor correlacionadas fueron: en el eje 1, la distancia a la costa (0.8912) y en el eje 2, la temperatura (-0.9508) (Tabla 9).

Tabla 9. Análisis de correspondencia canónica aplicado a las variables ambientales y de abundancia de morfotipos en estadios temprano de desarrollo. Correlaciones de las variables. Tem: Temperatura, Chl-a: clorofila-a, VZ: volumen de zooplancton y DC: distancia a la costa. Sombreado indica valores de correlación más altos.

	Eje1	Eje2	Eje3	Eje4
Eigenvalores	0.220	0.127	0.060	0.027
Correlación morfotipo-ambiente	0.676	0.574	0.326	0.281
Varianza acumulada (%)				
Abundancia de morfotipos	7.4	11.7	13.7	14.6
Relación abundancia-ambiente	50.6	80.0	93.9	100.0
Variables	Eje1	Eje2	Eje3	Eje4
Tem	0.2877	-0.9508	0.0357	-0.1096
Chl-a	-0.6547	-0.1202	0.7442	-0.0558
VZ	-0.2065	-0.1185	-0.0637	0.9691
DC	0.8912	0.3627	0.2499	0.1083

La gráfica resultante del ACC mostró que los morfotipos LYM5 y SQM3 se distribuyeron en estaciones lejanas a la costa y asociadas con bajas concentraciones de clorofila-a, mientras que SQM1 que fue el morfotipo más abundante, a las estaciones cercanas a la costa y a las altas concentraciones de clorofila-a; NAM2 y NCM12 se asociaron a las mismas condiciones ambientales que SQM1. SQM13, NCM3, NAM2 y NCM12 y se relacionaron con un ambiente de altas temperaturas, siendo en su mayoría estaciones localizadas en el PCM y la boca del GC donde se reportaron las estaciones más cálidas. LYM6 se presentó en un ambiente con temperaturas bajas hacia la zona norte del GC (Fig. 30).

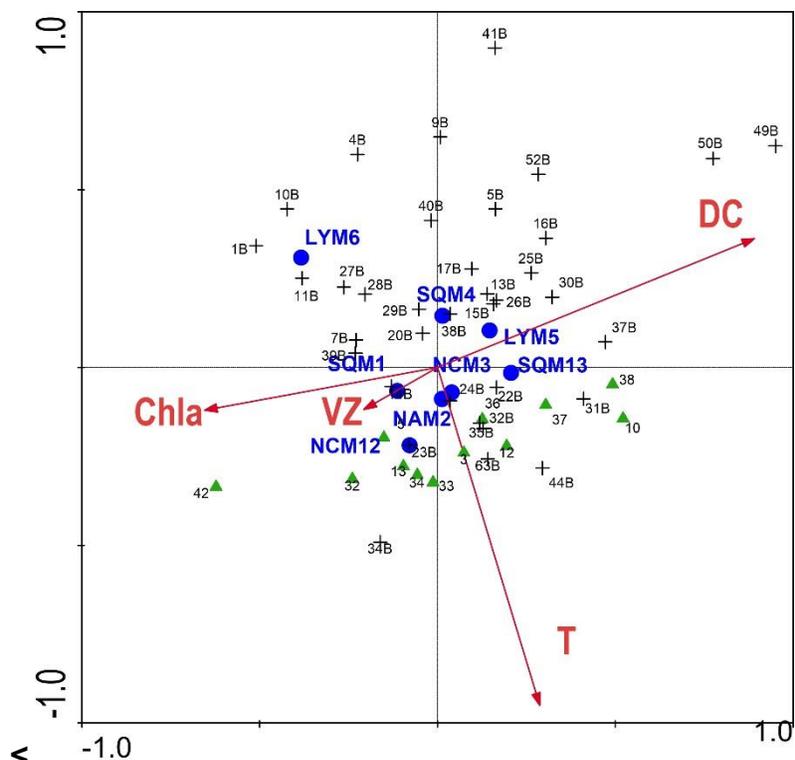


Figura 30. Gráfica resultante del ACC entre abundancia-ambiente. Variables. Tem: Temperatura, Chla: clorofila-a, VZ: volumen de zooplancton y DC: distancia a la costa. Estaciones +: Golfo de California, ▲: Pacífico central mexicano.

Para los estadios tardíos el ACC explica un 66.7% de la varianza explicada (Tabla 10). La variable ambiental mejor correlacionada con el eje 1 fue la temperatura (-0.7249), mientras que para el eje 2 fue la distancia a la costa (-0.8143) (Tabla 10).

Tabla 10. Análisis de correspondencia canónica aplicado a las variables ambientales y de abundancia de morfotipos en estadio tardío de desarrollo. Correlaciones de las variables. Tem: Temperatura, Chal: clorofila-a, VZ: volumen de zooplancton y DC: distancia a la costa. Sombreado indica valores de correlación más altos.

	Eje1	Eje2	Eje3	Eje4
Eigenvalores	0.433	0.377	0.291	0.114
Correlación morfotipo-ambiente	0.744	0.728	0.696	0.353
Varianza acumulada (%)				
Abundancia de morfotipos	6.6	12.3	16.7	18.4
Relación morfotipo-ambiente	35.7	66.7	90.6	100.0
Variables	Eje1	Eje2	Eje3	Eje4
Tem	-0.7249	-0.5226	-0.4474	-0.0348
Chl-a	-0.1549	0.5580	0.4307	0.6922
VZ	0.2547	-0.0505	0.0643	0.9636
DC	0.0479	-0.8143	0.4217	-0.3959

En la figura 31 podemos observar que SQM1 (también el más abundante en su estadio tardío) y NAM7 se asociaron con ambiente con altas concentraciones de clorofila-a y cercanas a la costa. SQM13 se relacionó con un ambiente oligotrófico y alejado de la costa. SQM1, NCM11, NAM2, y SQM13 se observaron en un ambiente con temperaturas más cálidas a diferencia de los morfotipos SQM4 y LYM8 que se presentaron en las temperaturas templadas en el Golfo de California.

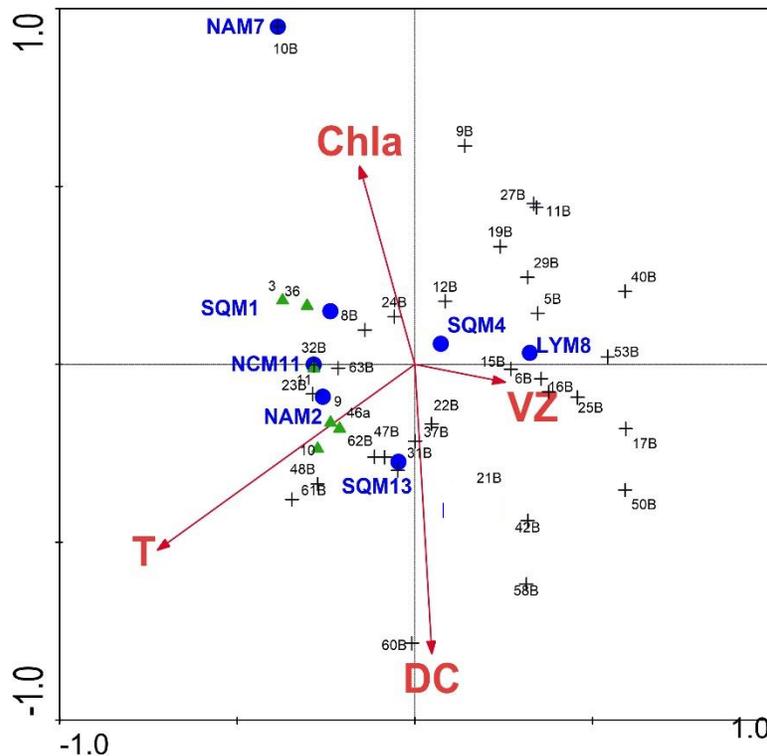


Figura 31. Grafica de las estaciones-abundancias-ambiente. Variables. Tem: Temperatura, Chla: clorofila-a, VZ: volumen de zooplancton y DC: distancia a la costa. Estaciones: ++: Golfo de California, ▲: Pacífico central mexicano.

DISCUSIÓN

Descripciones morfológicas

Los estomatópodos son crustáceos que aparecen durante el Cámbrico cuando el surgimiento de fauna nueva fue muy drástica como para predecir cómo la evolución moldearía la morfología y los patrones de desarrollo. Los crustáceos, además, pasaron a dominar la mayoría de los hábitats ecológicos donde tuvieron éxito dada su capacidad para desarrollar patrones corporales cada vez más

complejos y especializados. El registro fósil ha permitido describir una serie de especies emparentadas con los crustáceos. Algunos de ellos poseían estructuras similares a las de los estomatópodos actuales, aunque ninguna comparable con el segundo maxilípodo característico del grupo, y se infiere que las formas paleozoicas se alimentaban de carroña o eran filtradores que utilizaban sus apéndices torácicos a manera de coladera.

Dada la complejidad de estos organismos la identificación representa un reto y, por ende, sus etapas larvianas (Schram, 1969; Lange & Schram, 1999; Abzhanov & Kaufman, 2004). El desarrollo larvario de los estomatópodos incluye tres etapas pro-pelágicas y larvas planctónicas que pueden permanecer en la columna de agua de tres semanas a cinco meses llegando a tener de dos a nueve estadios pelágicos como ha sido reportado para el género *Squilla* (Pyne, 1972; Provenzano & Manning, 1978; Díaz, 1998).

Hendricks (1986) y Barragán & Hendrickx (2010) encontraron que la forma y la espinación de los segundos maxilípedos, la forma, estructura y ornamentación del telson son claves para diferenciar a las familias de estomatópodos en su estadio adulto.

En este estudio con larvas realizado en el Golfo de California y Pacífico central mexicano, hay concordancia con esas características. En los adultos de la familia Squillidae, se presenta espinación en los segundos maxilípedos que en las larvas iniciales que fueron las más abundantes en el área de estudio, también se presentó, pero en menor cantidad con solamente 1-2 dentículos y pequeñas espinas en el dácilo, además de 4-13 dentículos intermedios en el telson. En larvas alima fue posible observar el exopodito en el telson, sin embargo, no se observa si la articulación de los segmentos es terminal como lo es en los adultos de la familia Squillidae (Barragán & Hendrickx, 2010), probablemente debido a que la articulación aparece posteriormente en el desarrollo, esto es que las alimas colectadas fueran estadios intermedios y no finales.

De acuerdo con Barragán & Hendrickx (2010) en adultos la característica más importante para la distinción de la familia Nannosquillidae es el margen proximal dorsal del endopodito del urópodo que presenta un pliegue bien marcado, el telson

muestra dientes primarios (espina lateral) y dentículos esbeltos. En el caso de la larva erichthus clasificada en la familia (NAM2) si fue posible observar tanto el pliegue del urópodo como los dentículos esbeltos, por lo que estas características que aparentemente aparecen durante los estadios de desarrollo tardíos podrían considerarse importantes para asignar a la larva dentro de la familia. Adicionalmente, Castellani *et al.* (2017) mencionan que las tres espinas laterales y el margen posterior del telson en forma de U son características importantes para asignar una larva de estomatópodo a la familia Nannosquillidae, por lo que reconociendo estos caracteres morfológicos en la larva NAM2 fue identificada como miembro de esta familia.

De acuerdo con Hendrickx (1986) y Barragán & Hendrickx (2010) los adultos de la familia Lysiosquillidae generalmente presentan un dácilo con más de 10 dientes y el telson con los dientes primarios (espinas laterales) fusionados al margen, o con apariencia de pequeñas proyecciones. En el caso del morfotipo LYM8 erichthus, su morfología indica que se trata de un ejemplar de Lysiosquillidae, pues en el telson se observa lo que parece la unión de los dentículos intermedios.

Los morfotipos LYM5 y LYM6 presentan las características típicas de las antizoeas pertenecientes a la familia Lysiosquillidae, de acuerdo a las descripciones de Ahyong *et al.* (2014). Con frecuencia las larvas de la familia Lysiosquillidae pueden diferenciarse por poseer un caparazón proporcionalmente más alto y más profundo que el de otros grupos, así como el abdomen relativamente ancho y en estos especímenes fue más rápido identificarlas al seguir los criterios de Ahyong *et al.* (2014) y Cházaro-Olvera *et al.* (2018).

Aunque en algunos casos existen estructuras que pueden seguirse a lo largo del desarrollo (estadios iniciales - estadios tardíos – juveniles - adultos) de algunas familias de estomatópodos como se ha mencionado anteriormente, en otras son completamente desconocidas por lo que resulta una limitante más en la identificación de las etapas larvarias de los estomatópodos.

A pesar de que los estomatópodos presentan un desarrollo anamórfico (McLaughlin, 1980), en el que las larvas presentan menos estructuras o apéndices que los adultos, es hasta los estadios tardíos o juveniles cuando pueden ligarse sus

características morfológicas con el adulto, pero este tiene pocas características comunes con los estadios iniciales. En este estudio, las larvas NCM3, NCM12 y NCM11 no pudieron ser clasificadas en ninguna familia, debido a la complejidad morfológica del telson y la espinación del caparazón, y que no se registraron en las familias identificadas ni en referencias previas. A lo anterior se suma el hecho de que los desarrollos larvarios de la mayor parte de las especies que se sabe están presentes en la zona de estudio, son desconocidos.

Para contribuir al conocimiento de los ciclos de vida de los estomatópodos, en particular de las larvas, es necesario realizar seguimientos de los estadios larvarios desde la eclosión hasta postlarva (Giesbrecht, 1910; Pyne, 1972; Shanbhogue, 1978), para lo cual tendrían que recolectarse hembras ovígeras mantenerlas en laboratorio y lograr el desarrollo de las larvas eclosionadas de cada especie distribuida en la región. También se recomienda la realización de análisis genéticos aplicados a larvas y adultos que permitan comparar las secuencias de genes con las de estomatópodos previamente identificados (Tang, 2009; Tang *et al.*, 2009). Para el caso de los colectados en el área de estudio lo anterior permitiría asignarles su identidad específica y asociarlas con sus descripciones morfológicas y distribución.

Dado que la hipótesis planteada inicialmente en este estudio se cumplió solo parcialmente al poder identificar por primera vez a las larvas aunque únicamente hasta el nivel de familia, las descripciones obtenidas en este estudio y la foto documentación nos permiten tener una primera aproximación de la morfología de estos organismos en el Golfo de California y Pacífico central mexicano.

Análisis morfométrico

Dada la dificultad en la identificación de los individuos estudiados en la presente de tesis, y a la falta de referencias con las cuales validar el análisis morfológico realizado, se exploraron técnicas que permitieran corroborar estadísticamente las diferencias existentes entre morfotipos. De acuerdo con Granados-Amores (2013) la morfometría permite el análisis de la forma de una manera sencilla y tiene una gran capacidad para examinar espacios

multidimensionales y detectar información biológica; además el análisis discriminante es un método para el análisis de muchas variables morfométricas, el cual sirve para estudiar la variación y la covariación entre grupos taxonómicos (Reis *et al.*, 1990; Adams *et al.*, 2004).

El análisis discriminante aplicado a los diferentes morfotipos en estadio temprano de desarrollo permitió encontrar las funciones con las que es posible diferenciar tanto a los morfotipos de la familia Squillidae, (SQM1, SQM4 y SQM13), como a los morfotipos de la familia Nannosquillidae y Lysiosquillidae los cuales tuvieron un porcentaje alto de correcta clasificación.

Las funciones obtenidas en el presente trabajo se deben utilizar de la siguiente manera a fin de identificar una larva de estomatópodo en estadio inicial: El organismo se revisa para identificar el estadio de desarrollo, y si es inicial, se obtienen las siete medidas resultantes del análisis discriminante (LP, LAT, LEM, LEL, LESM, AT y LTeI). Las medidas deben ser sustituidas en cada una de las funciones encontradas:

$$FD_{1I}=[-0.10(LP)]+[-0.75(LAT)]+[0.03(LEM)]+[-0.73(LEL)]+[0.22(LESM)]+[-0.13(AT)]+[0.31(LTeI)]$$

$$FD_{2I}=[-0.08(LP)]+[-0.34(LAT)]+[0.63(LEM)]+[0.33(LEL)]+[-0.42(LESM)]+[-0.15(AT)]+[-0.17(LTeI)]$$

$$FD_{3I}=[0.97(LP)]+[0.44(LAT)]+[0.64(LEM)]+[0.21(LEL)]+[0.40(LESM)]+[0.85(AT)]+[0.78(LTeI)]$$

$$FD_{4I}=[0.03(LP)]+[0.18(LAT)]+[0.19(LEM)]+[0.28(LEL)]+[0.60(LESM)]+[0.28(AT)]+[0.33(LTeI)]$$

$$FD_{5I}=[-0.05(LP)]+[0.21(LAT)]+[0.30(LEM)]+[-0.18(LEL)]+[-0.16(LESM)]+[-0.37(AT)]+[-0.18(LTeI)]$$

$$FD_{6I}=[-0.06(LP)]+[0.22(LAT)]+[0.09(LEM)]+[-0.27(LEL)]+[-0.47(LESM)]+[0.16(AT)]+[0.24(LTeI)]$$

Los valores obtenidos se comparan y el valor más alto obtenido en alguna de las funciones indicará que dicho organismo pertenece a la familia a la que le corresponde la función discriminante (ver resultados análisis morfométrico).

Si la larva se encuentra en estadio tardío se obtienen las siete medidas resultantes del análisis discriminante (LP, LAT, LEM, LEL, LESM, AT y LTeI) y se

procede de la misma forma que para los estadios iniciales utilizando las cuatro funciones encontradas:

$$FD_{1T}=[0.27(LP)]+[-0.62(LAT)]+[0.12(LEM)]+[0.35(LEL)]+[-0.02(LESM)]+[-0.21(AT)]+[0.42(LTel)]$$

$$FD_{2T}=[0.78(LP)]+[0.35(LAT)]+[0.52(LEM)]+[0.13(LEL)]+[0.65(LESM)]+[0.71(AT)]+[0.61(LTel)]$$

$$FD_{3T}=[0.49(LP)]+[0.17(LAT)]+[-0.81(LEM)]+[0.11(LEL)]+[0.47(LESM)]+[0.16(AT)]+[0.17(LTel)]$$

$$FD_{4T}=[-0.14(LP)]+[-0.44(LAT)]+[-0.20(LEM)]+[-0.25(LEL)]+[0.08(LESM)]+[0.12(AT)]+[0.08(LTel)]$$

Las investigaciones donde se ha empleado el uso de los análisis discriminantes en otros grupos zooplanctónicos como las larvas de peces, paralarvas o moluscos holoplanctónicos, han dado como resultado la detección de estructuras taxonómicas importantes para la diferenciación de especies, empleándolos para economizar tiempo en el momento de la identificación (Avendaño-Ibarra, 2003; Luthy *et al.*, 2005; Granados-Amores, 2013; Moreno-Alcántara, 2015). En este estudio, el análisis morfométrico arrojó que solo siete medidas LP, LAT, LEM, LEL, LESM, AT y LTel, de las 29 registradas para cada uno de los 229 especímenes colectados, son estadísticamente importantes para la determinación de las diferencias entre los morfotipos y permiten complementar el cumplimiento de la hipótesis al tener robustez estadística. Para futuros trabajos en larvas de estomatópodos particularmente en el GC y PCM también se ahorrará tiempo y trabajo de gabinete facilitando la identificación de las familias y/o morfotipos registrados.

Análisis ecológico

En el área del Golfo de California el patrón de temperatura detectado en el mes de junio de 2014 coincide con lo señalado por Soto-Mardones *et al.* (1999) quienes mencionaron que la temperatura promedio disminuye de la boca hacia el interior del golfo y llega a un mínimo en la región de las grandes islas, zona en la que se registraron las menores temperaturas. Álvarez-Borrego & Lara-Lara (1991), señalaron el mes de junio como un periodo de transición frío a cálido e Hidalgo-

González y Álvarez-Borrego (2004) denominaron el lapso de noviembre a finales de junio como estación fría, mientras que el resto del año lo consideraron estación cálida. En este estudio, las aguas con mayor temperatura se encontraron ubicadas del lado continental, relacionadas con la presencia de Agua Tropical Superficial entrando por la boca del Golfo. Lo anterior coincide, con lo señalado por Soto-Mardones *et al.* (1999) quienes mencionan que durante el verano es más evidente la presencia del agua cálida del lado del continente y agua fría del lado peninsular a causa de los efectos del viento, generando surgencias costeras del lado de la península que acarrearán aguas con menores temperaturas.

En el área del Pacífico central mexicano se registró un patrón homogéneo de temperatura, debido a la presencia de la corriente costera mexicana y a que el PCM forma parte del Pacífico Oriental Tropical, registrando temperaturas mayores a 27 °C a lo largo del año (Fiedley & Talley, 2006; Kessler, 2006). Este ambiente cálido es propicio para la presencia de estomatópodos adultos en las costas del área de estudio, ya que la mayoría se consideran de afinidad tropical y subtropical (McLaughlin, 1980) y por ende, de sus larvas.

La mayoría de las larvas de estomatópodos, se asientan principalmente en arrecifes en su estadio de juvenil y adulto, y tienden a presentar bajas abundancias en las muestras de zooplancton. Esto debido a que exhiben migraciones verticales diurnas, escondiéndose en los escombros de los arrecifes de día y migrando a la columna de agua al anochecer y al amanecer lo que reduce la exposición a las corrientes (Reaka *et al.*, 2008). López y Jaimes (2014) reportan bajas abundancias de larvas de estomatópodos en el Pacífico colombiano en los cuatro años que analizaron, registrando una abundancia promedio de 9 Ind/1000m³ en 2001, 26 Ind/1000m³ en 2002, 9 Ind/1000m³ en 2003 y 197 Ind/1000m³ 2004 siendo comparable con el presente estudio en el que se registró una abundancia promedio de 37 Ind/1000m³ con un máximo de 294 Ind/1000m³ y un mínimo de 2 Ind/1000m³. Lavaniegos *et al.*, (2009) menciona que las larvas de estomatópodos presentan una escasa presencia en la región del GC, Sin embargo, no reporta valores de abundancia.

En su mayoría las larvas de estomatópodos tuvieron una distribución de carácter costero. Sin embargo, las larvas en estadios tardíos tuvieron una distribución más oceánica, además, la abundancia de larvas en estadio alima y erichthus fue considerablemente menor en comparación con las larvas en estadio pseudozoea y antizoea. Lo anterior podría estar explicado por una tasa alta de mortalidad relacionada a una alta dispersión larval debido a la presencia de dos a nueve estadios larvales que pueden permanecer hasta tres meses en el plancton de acuerdo a lo señalado por Tang (2009).

También es característico de especies con un potencial de dispersión alto tener un intervalo latitudinal amplio lo que podría explicar la presencia de larvas en estadios tardíos en aguas oceánicas (López y Jaimes, 2014; Castellani *et al.*, 2017). Las larvas de la familia Squillidae registraron la mayor riqueza representada por tres morfotipos (SQM1, SQM4 y SQM13) y ambos estadios de desarrollo pseudozoea y alima, así como el intervalo latitudinal de distribución geográfica más amplio de todos los morfotipos identificados. Estos indicadores coinciden con lo registrado por Hendrickx (1986) quien menciona que esta familia tiene seis géneros y 14 especies y es la de mayor diversidad en el Pacífico mexicano.

López y Jaimes (2014) mencionan que, como los demás organismos planctónicos, su dinámica está influenciada por un cuadro complejo de factores en acoplamiento físico-biológico, como el transporte pasivo y advectivo, atribuible a factores físicos, en particular las corrientes. Barber *et al.* (2002) mencionan que las larvas de estomatópodo se alejan hasta 111 km de la costa para facilitar su retorno o acceso a nuevas áreas, lo que podría estar explicando las bajas abundancias de las larvas en aguas oceánicas. Además Pyne (1972) menciona que tienen una natación activa y que la región torácica y el abdomen se observan ligeramente inclinados, el telson horizontal y los pleópodos actúan como el principal órgano de propulsión lo cual es notablemente característico de la postura de natación adulta, por lo que es de esperarse que las larvas en estadio tardío presentes en el área oceánica retornen a la costa.

Tang (2009) menciona que se han realizado estudios sobre la ecología larvaria de crustáceos como las langostas en comparación con las larvas de

estomatópodos encontrando que su ciclo de vida es semejante. En este sentido, Peñaloza-Mayorazgo (2008), menciona que dentro de los procesos advectivos que influyen en la dispersión y retención de las larvas de langosta se incluyen los giros, meandros y corrientes costeras que son inducidas por los vientos y son responsables de la retención de larvas que aseguran el reclutamiento de la población.

Dado lo anterior es de esperarse que las larvas de estomatópodos tengan un comportamiento similar y estén ligadas a procesos oceanográficos semejantes en el área de estudio. Esto se apoya también en que los estomatópodos poseen un tiempo de permanencia en el plancton de alrededor de 72 y 74 días, mientras que el de las filosomas es de 63 a 70 días. Ortuño-Manzanares (2010) menciona que, en el caso de las larvas de langosta, el remolino ciclónico reportado frente a Punta Eugenia para la costa occidental de Baja California es de mayor importancia para el retorno de ciertos estadios de langosta hacia la costa y para salida de los eclosionados en esta misma área, mientras que el remolino anticiclónico de Isla Guadalupe es importante para la retención y posterior regreso hacia la costa de las larvas eclosionadas.

Muñoz-García (2008) realizó un modelo conceptual de transporte de larvas de langosta y menciona que las trayectorias de las partículas obtenidas en el área del PCM, pero principalmente en Cabo Corrientes mostraron recorridos predominantes hacia el norte y con cierta influencia hacia la boca del GC donde terminaron casi en su totalidad. Esto podría estar explicado por los giros anticiclónicos y ciclónicos presentes en la boca del Golfo de California y en parte de Cabo Corrientes de acuerdo a lo reportado por Zamudio *et al.* (2007), Sanchez-Velazco *et al.* (2009) y Álvarez-Borrego (2012), los cuales podrían transportar a las larvas del PCM al GC donde encontrarían un ambiente más productivo y una gran cantidad de hábitats bentónicos donde asentarse posteriormente.

La correlación de las larvas con la distancia a la costa indicó que los estadios tempranos (antizoea y pseudozoea) son predominantemente costeros mientras que los estadios tardíos (alima y erichthus) tuvieron una distribución de carácter oceánico muy semejante a lo encontrado por Muñoz-García (2008) en larvas de

langosta. Esta autora menciona que las filosomas en estadios iniciales fueron capturadas cerca del talud continental, mientras que las que se encontraban en estadios intermedios y subfinales fueron recolectadas en el área oceánica. En ambos casos, este patrón está determinado por el ciclo de vida que incluye un desove costero de los adultos y el transporte de los estadios intermedios y tardíos hacia la zona oceánica para regresar posteriormente a la costa y realizar el asentamiento acoplados a los procesos oceanográficos de mesoescala.

Los morfotipos SQM4 y SQM13 pertenecientes a la familia Squillidae incluyeron larvas que tuvieron las longitudes totales mayores y presentaron las más altas abundancias. Reaka *et al.* (2008) propone que el tamaño del cuerpo de los estomatópodos se correlaciona significativamente con la reproducción masiva (más huevos y más grandes) mayor dispersión de larvas y mayores intervalos de distribución geográfica.

Hendrickx y Barragán (2018) reportan a la especie *Squilla aculeata* como una especie frecuente en el Pacífico Oriental y el sur del Golfo de California, SQM13 presentó altas abundancias (en ambos estadios de desarrollo) cerca de Mazatlán y en la boca del GC por lo que existe una probabilidad de que las larvas pertenezcan por lo menos al género *Squilla*.

El ACC mostró un grupo de morfotipos en estadios tempranos (LYM5, SQM13, SQM4 y NCM3) y tardíos (SQM1, NCM11 y NAM2) asociados a ambientes con altas temperaturas. Meza-Zamora (2016) encontró altas abundancias de larvas de estomatópodos en temperaturas mayores a 27 °C y cerca de la costa y se ha registrado que concurren aglomeraciones de larvas de estomatópodos, especialmente, en aguas tropicales, donde los adultos son más abundantes (Provenzano & Morgan, 1979; Díaz *et al.*, 2012). Además, Tang (2009) menciona que los estomatópodos se reproducen en temperaturas mayores a los 25 °C lo que sugiere que en el área de PCM y el lado peninsular del GC donde las temperaturas fueron más altas (27-30 °C) podrían estar ocurriendo desoves principalmente de las familias Squillidae, Lysiosquillidae y Nannosquillidae a las que pertenecen los grupos asociados a dicha variable.

El análisis también mostró un grupo de estadios tempranos conformado por los morfotipos LYM6, SQM1, NCM12 y NAM2 y tardíos (SQM13, SQM4 y LYM8) asociado a las mayores concentraciones de Clorofila-a y los mayores volúmenes de zooplancton en estaciones cercanas a la costa. Debido a su naturaleza carnívora no es de esperarse que estos organismos estén asociados a la clorofila. Sin embargo, Fusté (1987) encontró que larvas de Decapoda (crustáceos carnívoros) se alimentan de animales planctónicos, que a su vez se han alimentado de fitoplancton, por lo que están tróficamente relacionados.

Castellany & Edwards (2017) mencionan que las larvas de estomatópodos son tan depredadoras como los adultos, capaces incluso, de atrapar organismos tan grandes como ellos mismos, utilizando los mismos segundos maxilípedos. Además, Pyne (1972) menciona que incluso en el primero estadio pelágico las larvas de estomatópodos parecen tener desarrolladas las mandíbulas, maxilulas y maxilas, por lo que dependen de la captura de su propio material alimenticio. Aunado a esto Deborah-Feller (2014) hace énfasis en el tipo de ojo larvario, el cual es considerado un órgano altamente sofisticado para la depredación en el ambiente pelágico.

Los estomatópodos son un grupo poco estudiado a nivel de especie en su etapa meroplanctónica. Este estudio realizado en el Golfo de California y Pacífico central mexicano aporta por primera vez para esta región, la diagnosis morfológica y morfométrica de 11 morfotipos de estomatópodos en estadios iniciales y tardíos respaldado por análisis estadísticos robustos, útiles para futuros estudios. La foto documentación representa también un primer catálogo visual de los morfotipos estudiados y el conocimiento de su distribución geográfica y su relación con las variables ambientales, contribuye al enriquecimiento del conocimiento del grupo en aguas mexicanas.

CONCLUSIONES

- Las siete medidas discriminantes: longitud patrón, longitud de la abertura del telson, longitud de la espina media, longitud de la espina lateral, longitud de la espina submedia, ancho y largo del telson son variables de importancia taxonómica importantes en la identificación de las larvas de estomatópodos a nivel de familia.
- El Golfo de California presentó una mayor riqueza de morfotipos de estomatópodos en su estadio larvario que el Pacífico central mexicano.
- Los estadios tempranos presentaron una distribución principalmente costera, mientras que los tardíos oceánica.
- Los datos de distribución y abundancia de larvas de estomatópodos, permiten inferir que procesos como la Corriente costera mexicana y la masa de Agua Superficial Tropical están implicadas en el transporte de larvas desde el PCM hacia el GC.
- El largo período planctónico de las larvas de estomatópodos podría estar acoplado a remolinos de mesoescala presentes en el sur del GC, facilitando el transporte de larvas iniciales hacia el océano y su posterior retorno a la costa.
- Este estudio es el primero que realiza una descripción de la morfología y morfometría de las larvas de estomatópodos respaldado por análisis estadísticos robustos, las documenta fotográficamente y establece su distribución en el Pacífico Oriental Tropical
- Este primer estudio sobre larvas de estomatópodos será de utilidad para futuros estudios taxonómicos y ecológicos en aguas mexicanas y del Pacífico Tropical Oriental.

REFERENCIAS

- Abelló, P. & Guerao, G. 2015. Clase: Malacostraca Orden: Stomatopoda. Revista *IDE@_SEA.*, 84:1–10.
- Abelló, P. & Martin, P. 1993. Fishery dynamics of the mantis shrimp *Squilla mantis* (Crustacea: Stomatopoda) population off the Ebro delta (northwestern Mediterranean). *Fisheries Research.*, 16: 131–145.
- Adams, D.C., Rohlf & Slice D. E. 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the ‘revolution’. *Ital. J. Zool.* 71: 5-16.
- Ahyong, S.T. 2013 Stomatopoda collected primarily by the Philippine AURORA expedition (Crustacea, Squilloidea), in Ahyong S.T., Chan T.-Y., Corbari L. & NG P.K. L. (eds), *Tropical Deep-Sea Benthos 27*. Muséum national d’Histoire naturelle, Paris: 85-106 (Mémoires du Muséum national d’Histoire naturelle; 204).
- Abzhanov, A. & Kaufman, T. C. 2004. Hox genes and tagmatization of the higher Crustacea (Malacostraca). Pp: 43–74. In G. Scholltz (eds), *Evolutionary Developmental Biology of Crustacea*. The Netherlands, A.A. Balkema Publishers. 269 pp.
- Ahyong, S.T. 2012. *The Marine Fauna of New Zealand: Mantis Shrimps (Crustacea: Stomatopoda)*. First edition. NIWA Biodiversity Memoir 125. Australia. 112 pp.
- Ahyong, S.T.; Haug, J.T. and Haug, C. 2014. Stomatopoda. Pp: 185–189. In: J.W. Martin, J. Olesen and J.T. Høeg (eds), *Atlas of Crustacean Larvae*. Baltimore, The Johns Hopkins University Press. 325 pp.
- Álvarez-Borrego, S. & Lara-Lara, J.R. 1991. The physical environment and productivity of the Gulf of California. En: Dauphin, J.P., & B. Simoneit (eds), *The Gulf and peninsular province of the Californias. American Association of Petroleum Geologists*, 47: 555-567.
- Antonio-Bueno, S., Vázquez-Bader, A.R. & Gracia, A. 2016. Larvas de Estomatópodos (Stomatopoda: Crustacea) en el talud continental del sur del Golfo de México. *Memorias del XIX Congreso Nacional de Oceanografía*. Ciudad de México. 16-21.
- Avendaño-Ibarra, R. 2003. Cambios en la abundancia larval del género *Paralabrax* (Pisces: Serranidae) en Bahía Magdalena, durante 1982-1986. Tesis de Maestría (Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas IPN). 112 pp.
- Barber, P.H.; Moosa, M.K.; Palumbi, S.R. 2002. Rapid recovery of genetic diversity of stomatopod populations on Krakatau: temporal and spatial scales of marine larval dispersal. *Proc. Biol. Sci.* 269 (1500):1591-1597.

- Beers, J.R. 1976. Volumetric methods. Pp: 56-60. En: Steedman, H.F. (Ed.). Zooplankton Fixation and Preservation. Monographs on Oceanographic Methodology. No. 4. UNESCO Press, Paris. 84 pp.
- Briggs, J.C. 1974. Marine Zoogeography. *McGraw-Hill*. 475 pp.
- Caldwell, R.L. & Dingle, H. 1976. Stomatopods. *Scientific American* 234(1): 80–89.
- Castellani, C., Buckland, C., Lindley, A. J., Conway, V.P. & Dos Santos A. 2017. Crustacea: Stomatopoda. Pp. 465-470. In: Castellani, C. & Edwards. M. (eds), Marine Plankton: A practical guide to ecology, methodology, and taxonomy. Oxford University Press. 704 pp.
- Cházaro-Olvera, S., Hernández-García, M.X., Winfield-Aguilar, I. & Ortiz-Touzet, M. 2014. Larvas de estomatópodos del Parque Nacional Arrecife Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Resúmenes de la IX Reunión Nacional Alejandro Villalobos (IXRNAV). Chiapas. 57-58.
- Cházaro-Olvera, S., Ortiz, M., Winfield, I., Robles, R. & Torres-Cabrera, D.A. 2018. Morphology of stomatopod larvae from National Parks: Sistema Arrecifal Veracruzano and Arrecife Puerto Morelos, Mexico. *Nauplius*, 26: 2358-2936.
- Deborah-Feller, K. 2014. The Visual Ecology of Stomatopod Larvae. Tesis de Doctorado. University of Maryland Baltimore County. 224 pp.
- Díaz, G.A. 1998. Description of the last seven pelagic larval stages of *Squilla* sp. (Crustacea, Stomatopoda). *Bulletin of Marine Science*, 62(3): 753–762.
- Díaz, E.; Hernández, E.; Hernández, C.E.; Quiñones, R.A. 2012. Mesoscale β diversity and spatial nestedness of crustacean larvae in the coastal zone off central southern Chile: population and community implications. *ICES Journal of Marine Science*, 69: 429-438.
- Esquivel, H.A. 1990. Caracterización de las comunidades de sifonóforos del Golfo de California 1984, 1986. Tesis de Maestría (Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas IPN). 76 pp.
- Fiedler, P.C. & Talley, L.D. 2006. Hydrography of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69:143–180.
- Fusté, X. (1987). Distribución de larvas de Crustáceos Decápodos de la costa de Cataluña. *Inv. Pesq.* 51: 227-284.
- Granados-Amores, J. 2013. Taxonomía de calamares de la familia Loliginidae en el Pacífico mexicano. Tesis de Doctorado (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.). 84 pp.
- Haug, C., Ahyong, S.T., Wiethase, J.H. Olesen, J. & Haug J.T. 2016. Extreme morphologies of mantis shrimp larvae. *Nauplius*, 24: e2016020.

- Hendrickx, M.E. 1985. Diversidad de los macroinvertebrados bentónicos acompañantes del camarón en el área del Golfo de California y su importancia como recurso potencial. Capítulo 3: 95-148. In: Yáñez-Arancibia, A. (ed), Recursos pesqueros potenciales de México: la pesca acompañante del camarón. Programa universitario de alimentos, Instituto de ciencias del mar y Limnología, Instituto Nacional de Pesca. UNAM, México. D.F., 748 pp.
- Hendrickx, M.E. 1990. The stomatopod and decapod crustaceans collected during the GUAYTEC II Cruise in the Central Gulf of California, México, with the description of a new species of *Plesionika* Bate (Caridea: Pandalidae). *Revista de Biología Tropical*, 38(1): 35-53.
- Hendrickx, M.E. & Sánchez-Vargas, P. 2005. Estomatópodos del género *Squilla* (Hoplocarida: Stomatopoda: Squillidae) recolectados frente a la costa de Sinaloa, en el SE del Golfo de California, México, en los cruceros CEEMEX C1-C2-C3. *Ciencias Marinas*, 31: 31-41.
- Hidalgo-González, R. M. y Alvarez-Borrego, S. 2004. Total and new production in the Gulf of California estimated from ocean color data from the satellite sensor Sea WIFS. *Deep-Sea Res.* 51: 739-752.
- Jerónimo-Balcázar, J. 2011. Variación interanual de las larvas de peces pelágicos menores en el Golfo de California, y su relación con el zooplancton y el ambiente durante marzo de 2005 y 2006. Tesis de maestría (Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas IPN). 71 pp.
- Kessler, W.S. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69: 181–217.
- Lange, S. & Schram, F R. 1999. Evolución y Filogenia de los Crustáceos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 26: 235-254.
- Lavaniegos, B.E., Ambriz-Arreola, I., Hereu, C.M., Jiménez-Pérez, L.C., Cadena-Ramírez, J.L., & García-García, P. 2010. Variabilidad estacional e interanual del zooplancton en la sección mexicana de la Corriente de California. 87-126, In: Gaxiola-Castro, G. & Durazo, R. (Eds), Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California, 1997-2007. CICESE/UABC/INE, México, D.F., 501 pp.
- Lavaniegos, E.B. & González-Navarro, E. 1999. Grupos principales del zooplancton durante El Niño 1992-93 en el canal de San Lorenzo, Golfo de California. *Revista de Biología Tropical*, 47: 129-140.
- Lavín, M.F. 1997. Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Tercera Edición. Editorial Unión Geofísica Mexicana. México. 272 pp.

- Lavín, M.F., Beier E., Gómez-Valdés, J. Godínez, V.M. & García, J. 2006. On the summer poleward coastal current off SW México. *Geophysical Research Letters*, 33.
- Lavín, M.F. & Marinone, S.G. 2003. An overview of the physical oceanography of the Gulf of California. En: Velasco-Fuentes O. U., Sheinbaun, S.G. y Ochoa, J. 2003. *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics*. Kluwer Academic Publishers. 388 pp.
- López, R.H. & Jaimes, J.C. 2014. Aspectos de la distribución larval de Stomatopoda (Crustacea) en aguas superficiales del Pacífico Colombiano. *Revista Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Actualidad y Divulgación Científica*, 17(1): 227-236.
- Luthy, S.A., Cowen, R.K., Serafy, J.E. & McDowell, J.R. 2005. Toward identification of larval sailfish (*Istiophorus platypterus*), white marlin (*Tetrapturus albidus*), and blue marlin (*Makaira nigricans*) in the western North Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin*, 103:588–600.
- Manning, R.B. 1961. A new *Lysiosquilla* (Crustacea: Stomatopoda) from the Gulf of California, with a redescription of *L. decemspinosa* Rathbun. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 74: 29-35.
- Manning, R.B. 1969. The poslarvae and juvenile stages of two species of *Pseudosquillaopsis* (Crustacea, Stomatopoda) from the Eastern Pacific region. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 1: 525-537.
- Manning, R.B. 1980: The superfamilies, families, and genera of recent stomatopod crustacea, with diagnoses of six new families. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 93(2): 362-372.
- Manning, R.B. 1995. Stomatopod Crustacea of Vietnam: The legacy of Raoul Serène. *Crustacean Research*. Special Number 4: 1-339.
- Marinone, S.G., Pantoja D.A., Parés-Sierra A. & Gómez-Valdivia F. 2012. Modelación numérica de la hidrografía y circulación estacional y de mesoescala en el Pacífico central mexicano. México. *Ciencias Marinas*, 38(2): 363–379.
- McLaughlin, P. 1980. Comparative morphology of recent crustacea. W. H. Freeman and Company. San Francisco, U.S:A:176 pp.
- Meza-Zamora, S.A. 2016. Estudio de la distribución y abundancia del zooplancton pelágico en la costa Occidental de Baja California Sur. Tesis de Licenciatura (Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco) 29 pp.

- Moreno-Alcántara, M. 2015. Revisión taxonómica de las especies de la familia Atlantidae (Gastropoda: Pterotracheoidea) en el Pacífico mexicano utilizando análisis morfológicos y genéticos. Tesis de Maestría (Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas IPN). 70 pp.
- Morgan, S.G.; Provenzano, A.J. 1979. Development of pelagic larvae and postlarva of *Squilla empusa* (Crustacea: Stomatopoda) with an assessment of larval characters within the Squillidae. *Fishery Bulletin*, 77(1): 61-90.
- Muñoz-García, I. R. 2008. Modelo conceptual del transporte de larvas de filosoma de *Panulirus inflatus* (Bouvier) y *Panulirus gracilis* Streets en el Pacífico este tropical. Tesis de Doctorado. (Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas IPN). 116 pp.
- Navia, A.F., Mejía-Falla, P.A. & Giraldo, A. 2007. Feeding ecology of elasmobranch fishes in coastal waters of the Colombian Eastern Tropical Pacific. *BMC Ecology*, 7(8): 1-10.
- Ortuño-Manzanares G. 2010. Larvas de filosoma de langosta roja (*Panulirus interruptus*) durante el año 2000. Pp: 365-380. En: Gaxiola-Castro G. & Durazo R. (eds), Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007. Instituto Nacional de Ecología: Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada: Universidad Autónoma de Baja California. 477 pp.
- Peñaloza-Mayorazgo, M. 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 (Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas IPN). 67 pp.
- Portela, E., Beier, E., Barton, E.D., Castro, R. Godínez, V., Palacios-Hernández E., Fiedler P.C., Sánchez-Velasco L. & Trasviña A. 2016. Water Masses and Circulation in the Tropical Pacific off Central Mexico and Surrounding Areas. *American Meteorological Society*, 46: 3069-3081.
- Provenzano, Jr, A.J. & Manning, R.B. 1978. Studies on development of stomatopod crustacea II. The later larval stages of *Gonodactylus oerstedii* Hansen reared in the laboratory. *Bulletin of Marine Science*, 28(2): 297-315.
- Pyne, R.R. 1972. Larval development and behaviour of the mantis shrimp, *Squilla armata* Milne Edwards (Crustacea: Stomatopoda). *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 2: 121-146.
- Reaka, M. 1979. The evolutionary ecology of life history patterns in stomatopod Crustacea. Pp. 235-260. In: Stancyk, S. (ed), Reproductive ecology of marine invertebrates. University of South Carolina Press, Columbia. S.C. 283 pp.

- Reaka, M., Rodgers, P.J. & Kudla, A.U. 2008. Patterns of biodiversity and endemism on Indo-West Pacific coral reefs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 105(1):11474-11481.
- Reis, S. F., Pessôa L. M. & Strauss R. E. 1990. Application of size-free canonical discriminant analysis to studies of geographic differentiation. *Rev. Brasil. Genet.* 13, 3, 509-520.
- Roux, A. & Piñero, R. 2006. Crustáceos Decápodos y Estomatópodos asociados a la pesquería del langostino patagónico *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) en el Golfo San Jorge, Argentina. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, 18: 33-43.
- Salgado-Barragán, J. & Hendrickx, M.E. 1986. Los Estomatópodos (Crustacea: Hoplocarida) del Pacífico mexicano. *Publicaciones Especiales Instituto de Ciencias del mar y Limnología*. 227 pp.
- Salgado-Barragán, J. & Hendrickx, M.E. 2010. Clave ilustrada para la identificación de los estomatópodos (Crustacea: Hoplocarida) del Pacífico oriental. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: 1-49.
- Sánchez-Velasco, L., Contreras-Catala, F., Beier, E. & Godínez V. M. 2015. Efectos de un remolino de mesoescala sobre la distribución de larvas de peces mesopelágicas en el Golfo de California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 50(3): 575-582.
- Saucedo-Lozano, M. & Chiappa-Carrara, X. 2000. Alimentación natural de juveniles *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en la costa de Jalisco y Colima, México. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas. Maracaibo*, 34:159-180.
- Shanbhogue, S.L. 1978. The embryonic and early larval development of *Gonodactylus falcatus* (forsskal) (Crustacea: Stomatopoda) from India. *Journal of the Marine Biological Association of India*, 20(1 & 2): 86-97.
- Schram. F.R. 1969. Crustaceana Polyphyly in the Eumalacostraca. 243-250. (3): 16.
- Soto-Mardones, L., Marinone, S.G. & Parés-Sierra, A. 1999. Variabilidad espaciotemporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 25(1): 1-30.
- Tabachnick, B.G. & Fidell, L.S. 1996. Using multivariate statistics (3rd ed.). Harper Collins: New York. 965 pp.
- Tang, W.K. 2009. Distribution, seasonality and species identification of larval stomatopoda in Hong Kong waters. Tesis de Doctorado. Hong Kong University, Pokfulam. 212 pp.

- Tang, W.K., Yau, C. & Chuen W. 2009. Identification of stomatopod larvae (Crustacea: Stomatopoda) from Hong Kong waters using DNA barcodes. *Molecular Ecology Resources*, 10: 439-448.
- Trasviña, A & Andrade, C.A. 2002. La circulación costera del Pacífico Tropical Oriental, con énfasis en la Alberca Cálida Mexicana (ACM). Pp. 9-37. En: *Circulación oceánica y climatología tropical en México y Colombia. Diálogo entre Pares 1*, Consejo Nacional de Acreditación-Ministerio de Educación. Corcas Editores, Bogotá. 607 pp.
- Zamudio, L., Hurlburt, H.E. Metzger, E.J. & Tilburg, C.E. 2007. Tropical wave induced oceanic eddies at Cabo Corrientes and the María Islands, Mexico. *Journal of Geophysical Research*, 112(C05048): 1-17.