



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**Biología de la langosta *Stereomastis sculpta* (Decapoda:
Polychelida) en el Golfo de México**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS
(Biología Marina)

PRESENTA:

Biól. Mariana López Robles

TUTOR PRINCIPAL:

Dr. Adolfo Gracia Gasca
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

COMITÉ TUTOR:

Dr. Fernando Álvarez Noguera
Instituto de Biología, UNAM
Dra. Patricia Dolores Briones Fourzán
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UASA
Dr. Sergio Cházaro Olvera
Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM
Dr. Fernando Nuno Dias Marques Simões
Facultad de Ciencias, Sisal

MÉXICO, CD. MX., JUNIO 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**Biología de la langosta *Stereomastis sculpta* (Decapoda:
Polychelida) en el Golfo de México**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS
(Biología Mariana)

PRESENTA:
MARIANA LÓPEZ ROBLES

TUTOR PRINCIPAL:
Dr. Adolfo Gracia Gasca
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

COMITÉ TUTOR:
Dr. Fernando Álvarez Noguera
Instituto de Biología, UNAM
Dra. Patricia Dolores Briones Fourzán
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UASA
Dr. Sergio Cházaro Olvera
Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM
Dr. Fernando Nuno Dias Marques Simões
Facultad de Ciencias, Sisal

MÉXICO, CD. MX., JUNIO, 2024

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN	2
II. ANTECEDENTES.....	6
III. OBJETIVOS	9
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS PARTICULARES	9
IV. ÁREA DE ESTUDIO	10
V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	13
VI. RESULTADOS	17
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y BATIMÉTRICA	17
ABUNDANCIA.....	18
ESTRUCTURA DE TALLAS.....	19
DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO CON RESPECTO A LA PROFUNDIDAD	20
DESCRIPCIÓN HISTOLÓGICA	22
FECUNDIDAD.....	26
RENDIMIENTO REPRODUCTIVO	27
TALLA DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL	28
VII. DISCUSIÓN.....	29
VIII. CONCLUSIONES.....	35
REFERENCIAS.....	36

RESUMEN

Se analizaron aspectos biológicos de la langosta *Stereomastis sculpta* en el talud continental del sur del Golfo de México entre 300 y 1,148 m de profundidad.

Se colectó un total de 354 individuos obtenidos en 21 estaciones oceanográficas durante cuatro campañas oceanográficas a bordo del B/O "Justo Sierra" a través de los proyectos COBERPES 2009 (verano 2009, entre 504 y 1,152 m de profundidad), COBERPES 2011 (primavera 2011, entre 711 y 953 m de profundidad), COBERPES 3 (otoño 2011, entre 513 y 1,068 m de profundidad) y COBERPES 5 (primavera 2013, entre 520 y 1,095 m de profundidad).

La mayor abundancia de la especie se obtuvo en verano del 2009 entre los ríos Coatzacoalcos y Tonalá. El intervalo de tallas para ambos sexos fue de 17.2 a 69.1 mm de LC presentando talla de madurez sexual a los 53 mm de LC para hembras ovígeras. Se observó que la distribución de talla disminuye conforme aumenta la profundidad.

La fecundidad varió entre 1,701 y 15,052 con un promedio de 5,586 huevos por hembra, con una correlación significativa entre la fecundidad y LC.

I. INTRODUCCIÓN

Los crustáceos decápodos son clasificados dentro de dos subórdenes: Dendrobranchiata Bate, 1888 y Pleocyemata Burkenroad, 1963 (De Grave et al. 2009). Las langostas son un grupo de decápodos que constituyen uno de los recursos pesqueros más apreciados y de gran interés comercial en muchos países. Están representados en cuatro infraórdenes: Astacidea Latreille, 1802; Glypheidea Van Straelen, 1925; Achelata Scholtz & Richter, 1995 y Polychelida Scholtz & Richter, 1995 (Chang et al. 2019, Chang et al. 2020a, 2020b, Yang y Chan 2020).

Dentro de estos cuatro infraórdenes del suborden Pleocyemata, dos contienen exclusivamente especies de aguas profundas (Glypheidea, Polychelida), las otras dos (Astacidea, Achelata) contienen tanto especies de aguas someras como de aguas profundas (Briones-Fourzán et al. 2020).

Las langostas pertenecientes al infraorden Polychelida son comúnmente conocidas como langostas ciegas de aguas profundas por una marcada reducción de su capacidad para ver, lo que conduce a la ceguera debido a la falta de pigmentación a nivel de la córnea. Presentan globos oculares fijos, reducidos en tamaño y rudimentarios. Pueden encontrarse desde de los 200 m hasta los 4,000 m de profundidad (Galil 2000, Chang et al. 2013).

Las langostas Polychelida representan el linaje más antiguo, remontándose al Devónico (Heather et al. 2014). Dentro de este grupo se reconocen cinco familias: Coleiidae Van Straelen, 1924; Eryonidae De Haan, 1841; Palaeopentachelidae Ahyong, 2009; Polychelidae Wood-Mason, 1875 y Tetrachelidae Beurlen, 1930 (Ahyong, 2009). De todas éstas, la familia Polychelidae presentó gran diversificación durante el Mesozoico y es considerada la única familia que cuenta con representantes actuales (Chan 2010, Ahyong 2009), sin embargo; los representantes

fósiles difieren notablemente de las especies actuales en que poseían ojos de mayor tamaño y bien desarrollados, por lo que se especula un origen en aguas someras (Heather et al. 2014).

Se reconocen 38 especies (Chang et al. 2013) y seis géneros existentes de poliquélidos: *Cardus* Galil, 2000; *Homeryon* Galil, 2000; *Pentacheles* Bate, 1878; *Polycheles* Heller, 1862; *Stereomastis* Bate, 1888 y *Willemoesia* Grote, 1873 (Ahyong 2009, Ahyong et al. 2011). El género *Stereomastis* es el más diverso, con 17 especies (Chan, 2010). Según Ahyong (2009), cinco especies son cosmopolitas: *S. suhmi* Bate, 1884; *S. pacifica* Faxon, 1863; *S. nana* Smith, 1884; *S. evexa* Galil, 2000 y *S. sculpta* Smith, 1880. No tienen ningún valor comercial; aunque algunas de estas especies alcanzan tallas grandes, contienen relativamente poca carne. Los conocimientos sobre la biología y ecología de *S. sculpta* son aún escasos y están geográficamente limitados a pesar de ser uno de los crustáceos dominantes y más característicos de las comunidades de aguas profundas del mar Mediterráneo (Abelló y Cartes 1992).

Stereomastis sculpta se distribuye en los océanos Atlántico, Índico, Pacífico y dentro del Golfo de México (Felder y Camp 2009) (Fig. 1). Se ha descrito como abundante en el mar Catalán, el oeste del Mediterráneo y el Golfo de México (Cartes y Sardà 1993, Briones-Fourzán et al. 2020). También se ha encontrado en fondos fangosos de la costa de Irlanda y en un área de afloramiento de metano en aguas de Chile (Sellanes et al. 2008).

Stereomastis sculpta se caracteriza por presentar quelas en los pereiópodos 1-4 y en ocasiones en el pereiópodo 5 (Briones-Fourzán et al. 2020). Tiene hábitos excavadores, se alimenta de detritus y carroña, aunque también parece ser depredador de pequeños crustáceos epibéntonicos (Cartes y Abelló 1992). Es una especie dioica, con un conjunto de caracteres anatómicos externos que permiten

diferenciar los sexos. Las hembras alcanzan una talla mayor que la de los machos. Los orificios genitales de la hembra se localizan en las coxas del tercer par de pereiópodos, mientras que los machos lo tienen en el quinto par. Además, el primer par de pleópodos de los machos está modificado para formar estiletes copuladores, mientras que las hembras poseen pleópodos en forma de abanico para portar las masas de huevos (Holthuis 1991). El aparato reproductor masculino; situado en la cavidad torácica, está formado por dos testículos y vasos deferentes. Los espermatozoides se empaquetan en espermatóforos; de apariencia gelatinosa (de color marrón a negra) en los conductos deferentes y se transfieren durante el apareamiento fijándolo en la parte ventral inferior del esternón de la hembra, el telicum (CONANP 2008, Holthuis 1991). Su ciclo de vida conlleva un desarrollo larval (Wenner 1979).



Figura 1.- Distribución mundial de la especie *S. sculpta* (GBIF.ORG, 2023)

El conocimiento sobre la ecología y biología poblacional de esta especie se limita a un pequeño número de especímenes colectados en campañas científicas que

estudian la megafauna de aguas profundas y organismos a resguardo de colecciones de exhibición pertenecientes a museos (Galil 2000).

El apareamiento en la langosta *S. sculpta* hasta la fecha no ha sido descrito debido a las dificultades de muestreo en los hábitats batiales por lo que el conocimiento de la especie es relativamente escaso y geográficamente limitado (Abelló y Cartes 1992).

Para el talud continental del Sur del Golfo de México, Briones-Fourzán et al. (2020), aportan información de la biodiversidad de langostas de mar profundo Polychelidae y Nephropidae entre 300 y 1,090 m, analizando la estructura poblacional, así como la distribución e interacción ecológica dentro del ecosistema local.

El objetivo del presente estudio es analizar los principales aspectos reproductivos de la langosta ciega *S. sculpta* en el Golfo de México con el fin de contribuir al conocimiento de la reproducción del organismo.

II. ANTECEDENTES

Desmarest (1817) hace referencia por vez primera a las especies fósiles de los poliquélidos (Audo et al. 2018); más adelante Heller (1863) describe al crustáceo *Polycheles typhlops*, único ejemplar macho colectado al sur de Europa perteneciente a la colección del Museo de Historia Natural de la Corte Imperial y Real en Viena.

La expedición británica del *HMS Challenger* inició con el propósito de explorar las características físicas, químicas y biológicas de las profundidades marinas. Además de la tripulación del barco, había un equipo científico de seis personas dirigido por el Prof. Charles Wyville Thomson, naturalista escocés decidido a demostrar que existía vida en las aguas profundas del océano (Royal Museums Greenwich).

Uno de los integrantes del equipo científico fue el naturalista alemán Rudolf von Willemoes-Suhm quien se interesó y trabajó en la identificación de los llamados crustáceos ciegos con gran detalle. Posteriormente el Prof. Wyville Thomson publicó en *Nature* la descripción de estos crustáceos bajo el nombre de *Deidamia* (Bate 1878, Wood-Mason 1874, 1875). Por segunda ocasión publicó en *Transactions of the Linnean Society*, un cambio en el nombre del género por *Willemoesia*, ya que el entomólogo Augustus Radcliffe Grote (1873) notificó que el nombre había estado en uso como familia Sphingidae de lepidópteros y propuso cambiarlo por *Willemoesia*, en honor al naturalista Willemoes-Suhm (Bate 1878).

El zoólogo inglés y director del Museo de la India en Calcuta, el profesor James Wood-Mason, fue pionero en los estudios taxonómicos sobre langostas de aguas profundas en la India a través de varios descubrimientos y revisiones taxonómicas (Padate et al. 2021). Estableció una nueva familia, Polychelidae para la langosta ciega de aguas profundas *P. typhlops* Heller, 1862 (Wood-Mason 1875).

El biólogo Sidney Irving Smith (1880) describe un nuevo ejemplar encontrado a 250 brazas (457 m) en la costa de Nueva Escocia, dada la similitud con la descripción en la publicación de Heller (1862) nombra al espécimen *P. sculptus*.

Históricamente, los géneros de los Poliquélidos han sido controvertidos. Galil (2000) realizó una revisión a nivel mundial de las especies de la familia Polychelidae en la que reconoce dos nuevos géneros: *Cardus* y *Homeryon*, y consideró a *Stereomastis* como sinonimia de *Polycheles*. Sin embargo; el análisis sistemático y filogenético realizado por Ahyong (2009) demostró que *Stereomastis* es un grupo monofilético e independiente de *Polycheles*.

Se han obtenido nuevos registros para *S. sculpta* en países como Australia (Ahyong y Brown 2002), Taiwan (Ahyong y Chan 2004) y el oeste del Océano Pacífico (Ahyong y Galil 2006); basados en estos registros, se identificaron especímenes de la División de Zoología de Invertebrados del Museo Peabody de Historia Natural de la Universidad Yale (Boyko 2006).

Abelló y Cartes (1992) analizaron las poblaciones de *S. sculpta* y *P. typhlops* en el Mediterráneo occidental. Estos mismos autores, realizaron estudios comparativos con relación a los hábitos alimenticios de *S. sculpta* y *P. typhlops* en la cuenca batial del Mediterráneo occidental.

Sardà y Cartes (1993) analizaron la relación talla-profundidad en nueve especies de crustáceos decápodos del Mediterráneo en un intervalo de 900 a 2,200 m de profundidad. Estos autores observaron una tendencia en la disminución de la talla conforme aumentaba la profundidad en especies tales como *Aristeus antennatus*, *Acantheephyra eximia*, *Pontophilus norvegicus* y *P. typhlops*. Sin embargo; la talla media de *S. sculpta* no presentó un claro patrón en relación con la profundidad.

Briones-Fourzán et al. (2020) realizaron un estudio sobre cuatro especies de langostas de profundidad pertenecientes a la familia Polychelidae y cinco de la familia Nephropidae colectadas durante 21 cruceros de investigación en un rango de profundidad de 300 a 1,100 m en el talud continental del Sur del Golfo de México. Dentro de los poliquélidos más abundantes se registró a *S. sculpta* con 1,265 de los 3,343 individuos de las capturas totales, distribuyéndose ampliamente en el talud continental por debajo de los 1,200 m de profundidad.

Con relación a estudios sobre las etapas de desarrollo gonadal en *S. sculpta*, en el talud continental del Atlántico al este de Estados Unidos, Wenner (1979) definió seis etapas del desarrollo ovárico en el género *Stereomastis*. Dicha autora observó que los ovarios inmaduros se encuentran en hembras con una talla promedio de 36 mm de longitud de cefalotórax (LC), en contraposición, los ovarios completamente maduros pertenecían a hembras cuyas tallas promedio eran >38 mm de LC.

III. OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar los principales aspectos reproductivos de la langosta ciega *S. sculpta* en el Golfo de México

Objetivos particulares

Determinar la distribución geográfica y batimétrica de la especie en la parte suroeste del Golfo de México

Analizar la estructura de tallas, tallas con respecto a la profundidad y la talla de primera madurez sexual en hembras ovígeras

Determinar el periodo reproductivo de *S. sculpta*

Estimar la fecundidad de *S. sculpta*

Estimar el rendimiento reproductivo de *S. sculpta*

IV. ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de México es una cuenca semicerrada situada en las zonas tropicales y subtropicales del océano Atlántico occidental, entre los 18° y 30° latitud Norte y los 82° y 98° longitud Oeste (Monreal-Gómez y Salas de León 1997). Se comunica con el mar Caribe y el Océano Atlántico a través del Canal de Yucatán y del Estrecho de Florida, respectivamente (Monreal-Gómez et al. 2004). Su diámetro es de aproximadamente 1,500 km (Bryant et al. 1991), tiene una superficie de 1.51×10^6 km² (Wiseman y Sturges 1999) y profundidades máximas cercanas a los 3,900 m (Roberts et al. 1999).

La circulación de gran escala en el Golfo de México está dominada por dos características semi-permanentes, la intensa Corriente de Lazo y un gran giro anticiclónico, los cuales se sitúan en la parte oriental y occidental, respectivamente (Behringer et al. 1977). El principal mecanismo de la circulación en el golfo es el viento y el transporte asociado al flujo que entra a través del Canal de Yucatán y que sale por el Estrecho de Florida (Vukovich et al. 1979, Hurlburt y Thompson 1980, Sturges & Evans 1983, Sturges y Bozec 2013, Monreal-Gómez y Salas de León 1997). En primavera y verano la Corriente de Lazo penetra al norte, mientras que en otoño e invierno se repliega hacia Cuba dando origen al gran giro anticiclónico de aproximadamente 300 km de diámetro. En las zonas de las plataformas costeras de Texas-Luisiana, Florida y la Bahía de Campeche se observan giros ciclónicos que alcanzan diámetros máximos de aproximadamente 150 km (Monreal-Gómez y Salas de León 1990).

La estacionalidad climática meteorológica se caracteriza por un periodo de secas de febrero a mayo, de lluvias de junio a octubre con presencia de depresiones tropicales, y uno de frentes fríos anticiclónicos (nortes) de octubre a febrero (de la Lanza 2008).

El contenido de oxígeno en el Golfo de México es uniforme en la capa superficial de mezcla de 0 a 150-250 m de profundidad con 4.5 ml/L. Entre 200 y 600 m de profundidad se registra la presencia de la capa mínima de oxígeno con una concentración de 2.0 ml/L al noroeste y a una profundidad de 600 m en la Corriente de Lazo con <3.0 ml/L (Vidal et al. 1990).

En la región sur del Golfo de México descargan sus aguas dos ríos importantes: el Coatzacoalcos y el sistema Grijalva-Usumacinta. Estos ríos son la principal fuente de sedimentos en la zona costera y representan aproximadamente un tercio de la descarga fluvial en México (Carranza et al. 1993).

El área de estudio abarcó el sector SW y SE del Golfo de México, entre los 18° y los 24° de latitud Norte y los 86° y 97° de longitud Oeste dentro de las porciones WSW, SSW y ESE (Fig. 2) (Felder y Camp 2009), la cual incluye el talud continental del Este del Golfo México, la Bahía de Campeche y el Banco de Campeche.

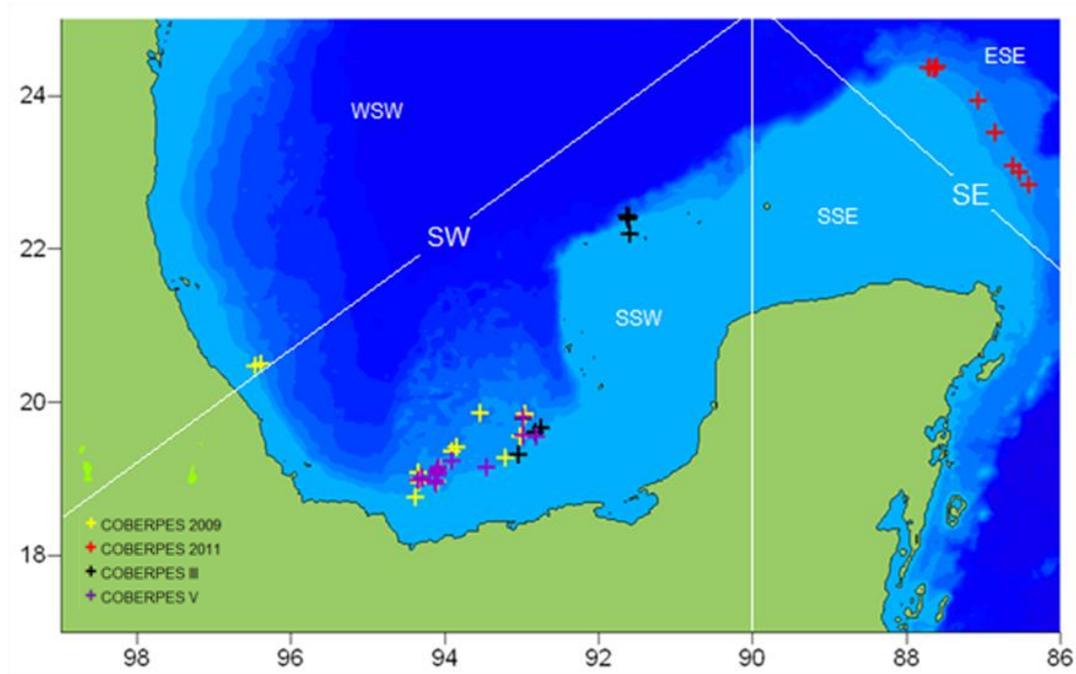


Figura 2.- Área de estudio con las divisiones propuestas por Felder y Camp (2009) Localidades donde se colectó a *S. sculpta* localizadas dentro de los sectores SW y SE

V. MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras empleadas para este estudio se obtuvieron durante cuatro campañas oceanográficas a bordo del Buque Oceanográfico “Justo Sierra” de la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de los proyectos COBERPES 2009 (verano 2009), COBERPES 2011 (primavera 2011), COBERPES 3 (otoño 2011) y COBERPES 5 (primavera 2013) (Comunidades Bentónicas y Recursos Pesqueros Potenciales del Mar Profundo y Golfo de México), como parte del proyecto: “Biodiversidad y Recursos Pesqueros Potenciales del Mar Profundo del Golfo de México”.

La colecta de organismos se efectuó mediante muestreos nocturnos con una red de arrastre camaronera tipo comercial de 18.3 m (60 pies) de apertura de boca y luz de malla en el cuerpo de la red de 2.5 cm. Previo a las operaciones de muestreo se realizó una prospección con ecosondas con el fin de detectar fondos propicios para el arrastre.

La velocidad de arrastre fue en promedio de 2.25 nudos (1.15 m/s) con una duración para cada lance de 30 minutos. El muestreo se realizó en un rango de 300 a 1,200 m de profundidad.

El material biológico obtenido en cada arrastre fue separado por especie determinando el sexo para cada espécimen capturado. La identificación de la especie se basó en la morfología, siguiendo las claves y la terminología de la descripción original de Smith (1880), Galil (2000) y Ahyong (2009). Una vez identificados, los organismos se conservaron en etanol al 70° para su manejo en el laboratorio.

En el laboratorio se midió la longitud del cefalotórax (LC) (Fig. 3) en milímetros a cada uno de los organismos desde la línea media dorsal de la base de las espinas rostrales hasta el margen medio posterior del caparazón. Mediante un examen

visual se registró la presencia o ausencia de espermatóforo y se registró la presencia o ausencia de huevos externos en hembras.

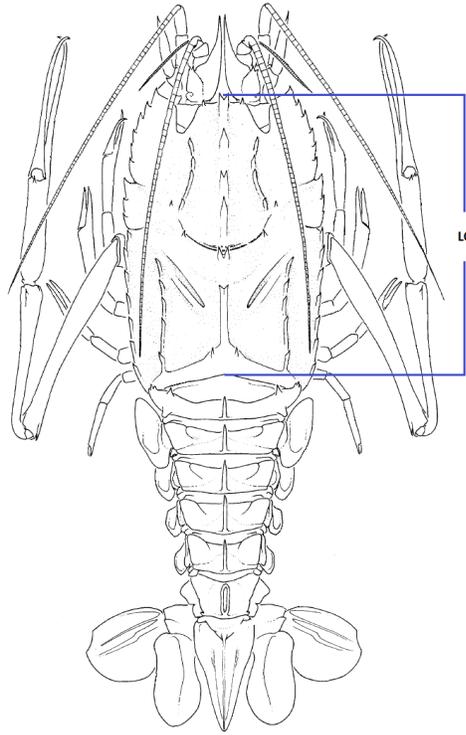


Figura 3.- Diagrama de *S. sculpta* mostrando la longitud del cefalotórax (LC) para el análisis morfológico. Tomado de Galil (2000)

Se utilizó el programa Surfer 8.0 para la realización de mapas correspondientes a la distribución de *S. sculpta* en cada campaña oceanográfica.

La descripción de la estructura de tallas se efectuó con base en 11 intervalos de 5 mm de LC. Las tallas con respecto a la profundidad se agruparon por estratos de 100 m y se realizaron pruebas de ANOVA de una vía y post-hoc de Tukey para comprobar si existían diferencias significativas.

Se utilizaron 42 hembras ovígeras correspondientes a las cuatro campañas oceanográficas en estudio para hacer una primera estimación de la fecundidad. Todas las hembras ovígeras capturadas en la campaña oceanográfica COBERPES 5 se almacenaron individualmente en bolsas de plástico *Whirl-Pak* para evitar la pérdida de huevos.

Para determinar el número de huevos se removió la masa ovígera de los pleópodos de las hembras y se colocaron en un vaso de precipitado en 80 ml de solución de hipoclorito de sodio al 5%. Una vez en el vaso, se homogeneizó agitando el contenido para extraer cinco submuestras con una micropipeta de 1 ml. Posteriormente el conteo de huevos se efectuó mediante un microscopio estereoscópico.

Los huevos fueron secados en un horno a una temperatura de 37 °C durante 20 h para la obtención del peso seco, utilizando una balanza analítica *Mettler Toledo* con precisión 0.001 g.

La fecundidad parcial se determinó con la ecuación de Pineda et al. (1975).

$$F = \frac{G * N (X)}{g}$$

dónde: F = fecundidad parcial en número de huevos, G = peso total de la masa ovígera (g), N (X) = número promedio de huevos de las cinco submuestras, g = peso promedio de las cinco submuestras (g). Para determinar las relaciones entre fecundidad-LC y fecundidad-peso total se aplicó un análisis de regresión lineal mediante el programa RStudio.

Posteriormente se estimó el rendimiento reproductivo (Ro) por periodo climático mediante la ecuación señalada por Clarke (1992):

$$Ro = \frac{Wo}{Wh}$$

donde Ro = peso seco de la masa ovígera (Wo)/ peso seco de la hembra sin huevos (Wh).

La talla de 50% de madurez (LC₅₀) en hembras se determinó con el ajuste de la regresión logística con relación al tamaño del cuerpo (LC) (Somerton, 1980).

Para el análisis histológico se realizó una disección para la extracción de las gónadas localizada en la parte dorsal del cefalotórax del organismo (Fig. 4).

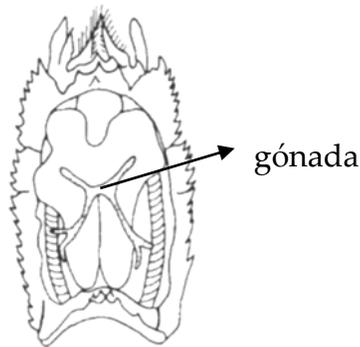


Figura 4.- Vista posterodorsal de *S. sculpta* donde se localiza la gónada. Tomado de Wenner (1979)

Los análisis histológicos de las gónadas se realizaron mediante el método de inclusión en parafina, que consiste en (a) fijación del tejido gonadal, (b) inclusión en resina acrílica LR White (preparada con catalizador Benzoyl peroxide), (c) corte y montaje, y (d) tinción con Azul de Toluidina que es una tinción metacromática que da colores graduales del azul al guinda. (Drury y Wallington 1980, Bell y Lightner 1988). Se observaron secciones histológicas bajo un microscopio óptico para registrar

la estructura y disposición de las células germinales ováricas y determinar su etapa de desarrollo.

VI. RESULTADOS

DISTRIBUCION GEOGRÁFICA Y BATIMÉTRICA

Stereomastis sculpta se localizó en el sector SW; porción WSW del Golfo de México en la plataforma del estado de Veracruz entre 633 y 1,004 m de profundidad, en la porción SSW entre los ríos Coatzacoalcos y Tonalá (Veracruz y Tabasco) en un intervalo de 505-1,148 m de profundidad, y en el sector SE; porción ESE del talud de Yucatán, entre 715 y 945 m de profundidad (Fig. 5).

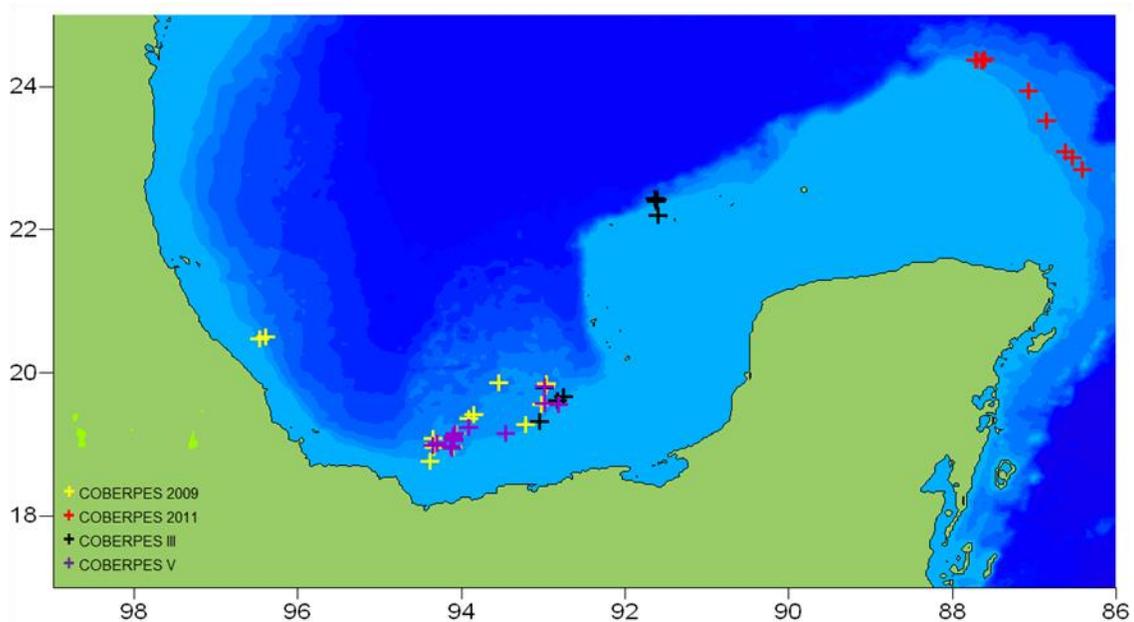


Figura 5.- Distribución geográfica de *S. sculpta* por estación de muestreo

Se obtuvieron especímenes de *S. sculpta* en 21 estaciones oceanográficas de la campaña COBERPES 2009, 10 estaciones de COBERPES 2011, 7 estaciones en COBERPES 3 y 14 estaciones en la campaña COBERPES 5.

ABUNDANCIA

Se colectó un total de 354 individuos de *S. sculpta* de los cuales las hembras representaron el 56.2% con 199 individuos y los machos el 43.8% con 155 individuos. Las hembras ovígeras constituyeron el 11.8% del total de hembras con 42 individuos (Fig. 6).

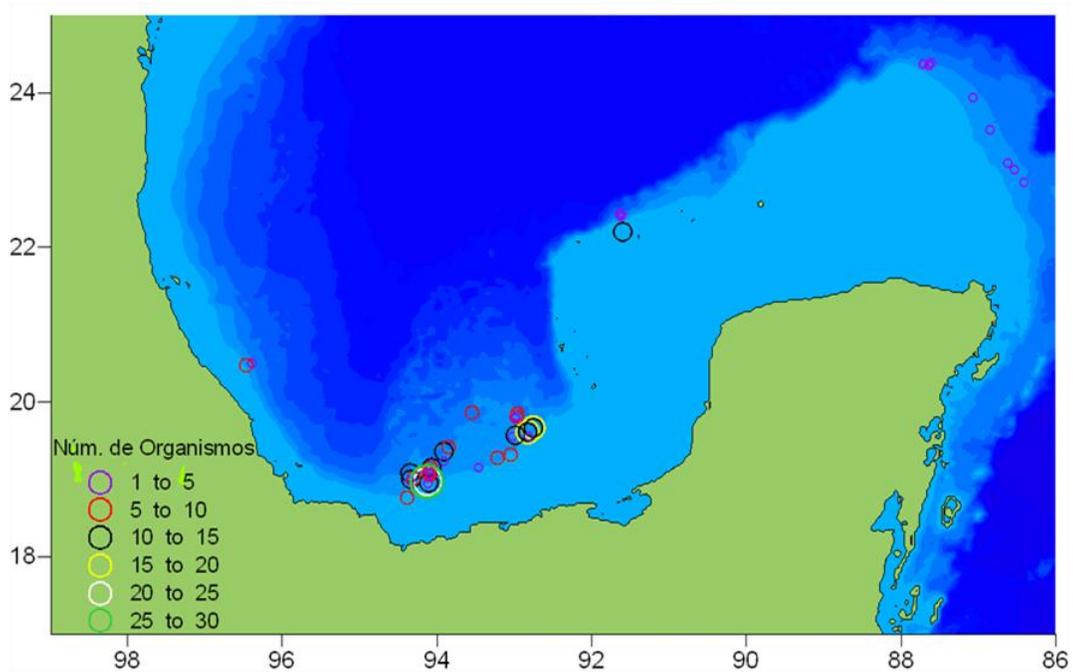


Figura 6.- Distribución y abundancia de *S. sculpta* en cada estación de muestreo

La mayor abundancia de organismos se obtuvo en verano del 2009 con el 59.3% de la muestra total, seguido de primavera del 2013 con el 24%, y otoño del 2011 con el 12.2 %, mientras que la menor abundancia se obtuvo en primavera del 2011 con el 4.5% de la muestra total.

ESTRUCTURA DE TALLAS

El intervalo de tallas de *S. sculpta* para ambos sexos fue de 17.2 a 69.1 mm de LC, con una media de 42.9 mm. La clase de talla de 40-44.9 mm de LC presentó la mayor frecuencia de individuos, mientras que la menor frecuencia se registró en el intervalo de 15.0-19.9 y de 65.0-69.9 mm de LC (Fig. 7).

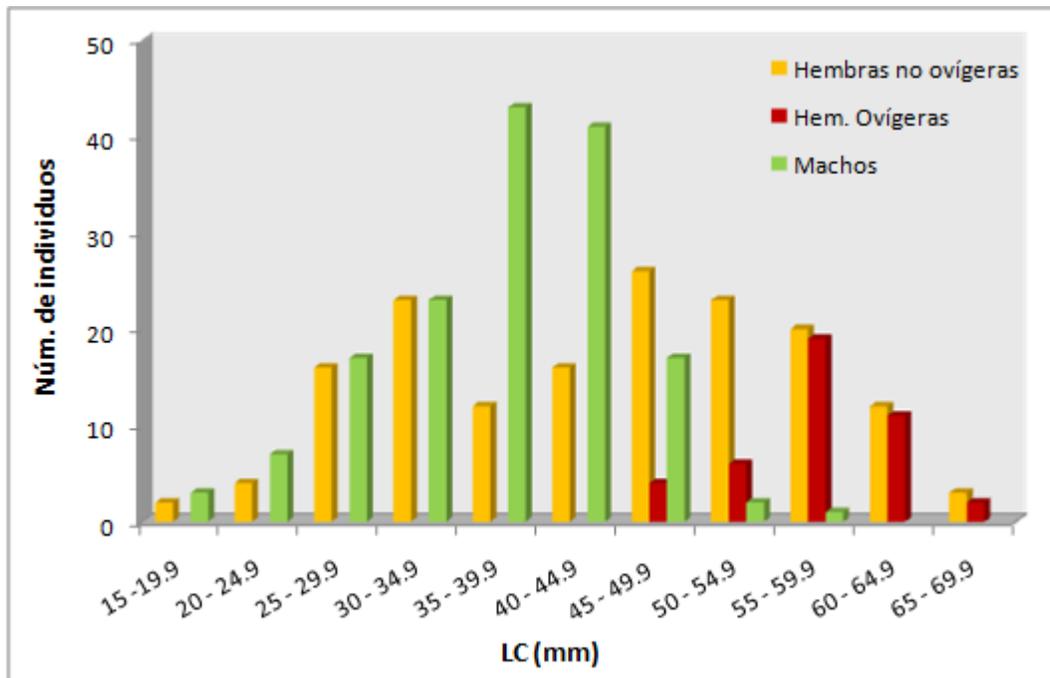


Figura 7.- Histograma de frecuencia de talla en hembras no ovígeras, hembras ovígeras y machos de *S. sculpta*

Las tallas de hembras no ovígeras variaron entre 18.4 y 68 mm de LC, con una media de 44.4 mm. La mayor frecuencia de tallas se presentó en la clase de talla de 45-49.9 mm de LC, y la menor frecuencia en la clase de talla de 15.0-19.9 mm de LC. Las hembras con presencia de espermatóforo tuvieron una talla media de 55.5 mm LC, mientras que las hembras con ausencia de espermatóforo presentaron una media de 38.6 mm de LC.

Las hembras ovígeras presentaron un intervalo de 45.4-69.1 mm de LC, con una media de 57.8 mm. La mayor frecuencia se encontró en la clase de talla de 55-59.9 mm. Los machos presentaron tallas entre 17.2 y 57.0 mm de LC, con una media de 37.2 mm. La mayor frecuencia de tallas se presentó en la clase de talla de 35.0-39.9 mm de LC.

DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO CON RESPECTO A LA PROFUNDIDAD

En verano de 2009, se registraron las mayores tallas en el estrato de 800-899 m de profundidad, fueron significativamente diferentes ($F(6,203) = 2.09$ $p = 0.056$) al estrato de 1,100-1,199 m en el que se registraron tallas menores (Fig. 8). En primavera del 2013, las tallas de los organismos en los estratos 500-599, 700-799 y 900-999 m fueron significativamente diferentes ($F(5,78) = 2.86$ $p = 0.02$) (Fig. 9). Las tallas mayores se encontraron en el estrato de 500-599 m, mientras que las tallas menores se observaron en el estrato de 900-999 m. No hubo diferencia significativa en la talla media de las langostas entre estratos de profundidad en primavera ($F(2,13) = 0.06$ $p = 0.93$) y otoño del 2011 ($F(4,38) = 0.95$ $p = 0.44$).

De manera particular, las tallas de las hembras ovígeras presentaron diferencias significativas ($p = 0.01$) entre estratos en primavera del 2011; los estratos diferentes fueron los intervalos de 700-799 y 800-899 m.

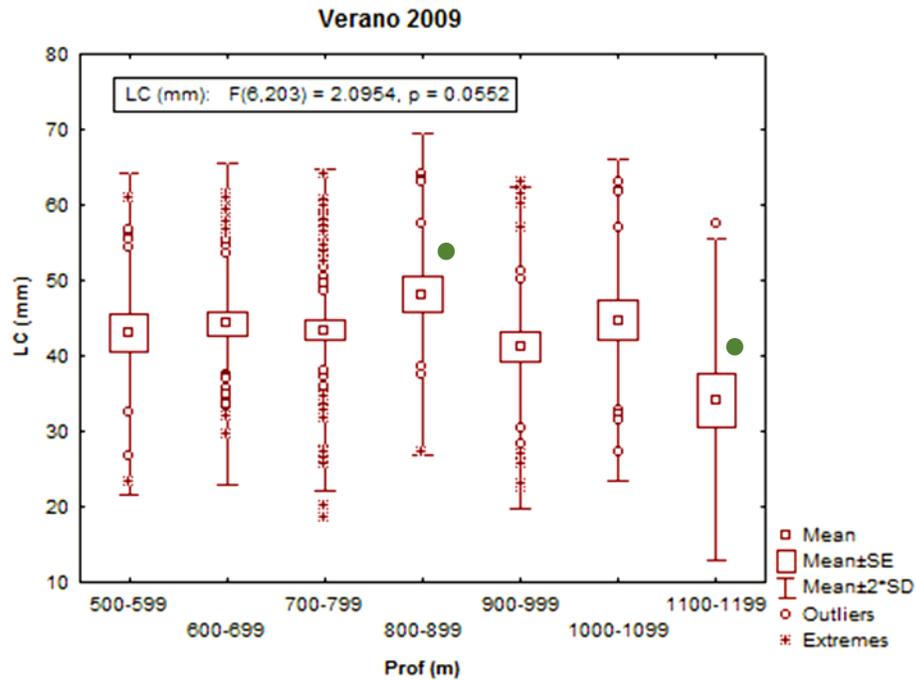


Figura 8.- Distribución de tallas respecto a la profundidad en verano del 2009.

(●) En el intervalo de profundidad 800-899 m se distribuyeron las mayores tallas, este intervalo fue significativamente diferente al de 1,100-1,199 ya que las menores tallas se distribuyeron en dicha profundidad.

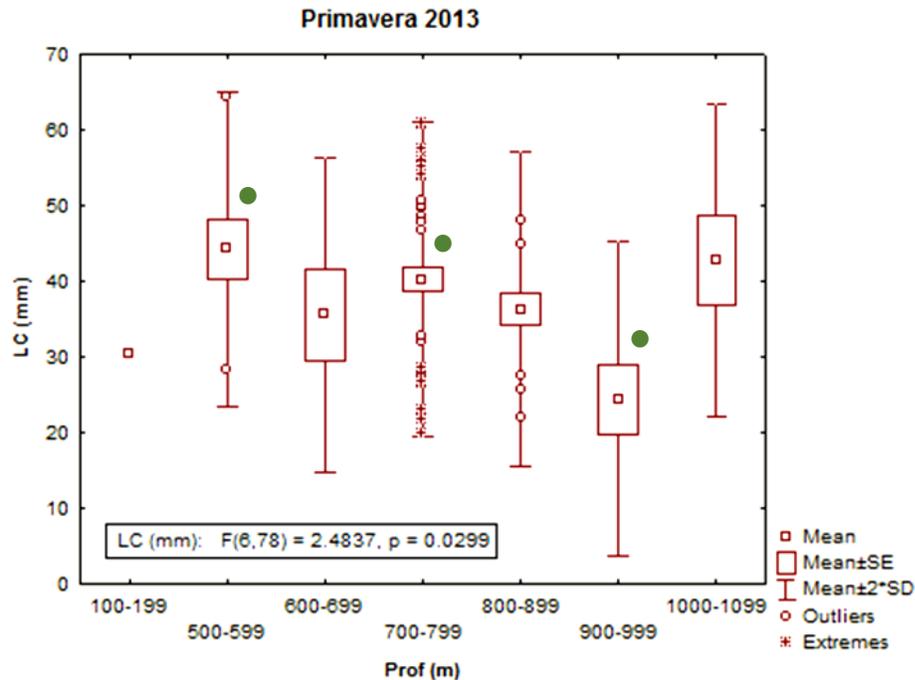


Figura 9.- Distribución de tallas respecto la profundidad en primavera del 2013.

(●) 500-599, 700-799 y 900-999 fueron los intervalos de profundidad significativamente diferente. Las mayores tallas se distribuyeron a los 500-599 m mientras que las menores tallas se distribuyeron a los 900-999 m.

DESCRIPCIÓN HISTOLÓGICA

Se obtuvieron cinco muestras de gónadas correspondientes a dos hembras no ovígeras y tres hembras ovígeras. Las muestras correspondieron a verano del 2009, primavera y otoño del 2011.

En las fotomicrografías se observa el interior de gónadas de hembras en proceso de ovogénesis, Se distingue claramente el tejido conjuntivo el cual sostiene a las células germinales, así como los ovocitos que se encuentran en diferentes etapas de desarrollo.

La fase de previtelogénesis está representada por los ovocitos en tres diferentes etapas de desarrollo. En la etapa 2, el núcleo se encuentra cerca de la membrana y en la etapa 3, los núcleos están adheridos a la superficie interna de la membrana nuclear. En la fase de ovogénesis se observan los ovocitos vitelogénicos en etapa 1, 2 y 3, este último presenta plaquetas y vesículas vitelinas. Por el tipo de desarrollo ovocitario presentando las fases de previtelogénesis y ovogénesis, *S. sculpta* es una especie con un tipo de desarrollo asincrónico (Fig. 10 a 14).

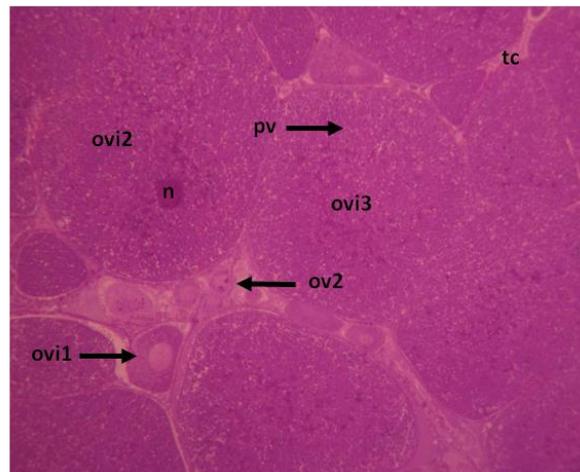


Figura 10.- Gónada de hembra ovígera de *S. sculpta*. Se observa tejido conjuntivo (tc) rodeando a los ovocitos previtelogénicos en etapa 2 (ov2) presentando nucléolos definidos. Se observan ovocitos vitelogénicos en etapa 1 (ovi1), 2 (ovi2) presentando núcleo (n) y ovocitos vitelogénicos en etapa 3 (ovi3) este último presenta en el interior plaquetas vitelinas (pv).

Técnica Azul de Toluidina. Aumento 10X. Otoño del 2011

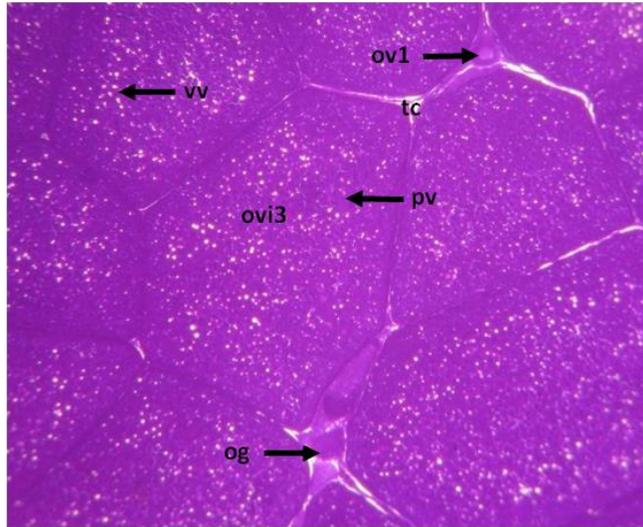


Figura 11.- Gónada de hembra no ovígera de *S. sculpta* con espermátóforo. Se presentan ovogonias (og). Se observa ovocitos previtelogénicos en etapa 1 (ov1). Presencia de ovocitos vitelogénicos en etapa 3 (ovi3) con presencia de plaquetas vitelinas en el interior (pv) y vesículas vitelinas (vv). Se observa tejido conjuntivo rodeando a los ovocitos (tc).

Técnica Azul de Toluidina. Aumento 10X. Otoño del 2011

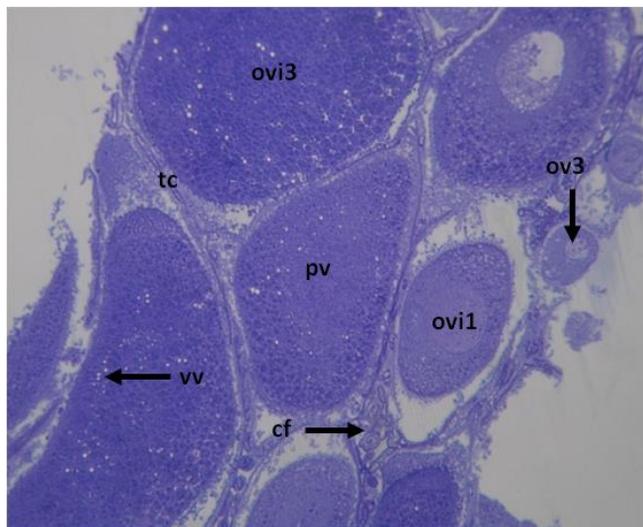


Figura 12.- Gónada de hembra no ovígera de *S. sculpta* con espermátóforo. Se presentan ovocitos previtelogénicos en etapa 3 (ov3). Se observa tejido conjuntivo (tc) y células foliculares (cf), ovocitos vitelogénicos en etapa 1 (ovi1) y 3 (ovi3) con plaquetas vitelinas (pv), vesículas vitelinas (vv) en el interior y células foliculares alrededor del ovocito.

Técnica Azul de Toluidina. Aumento 40X. Otoño del 2011

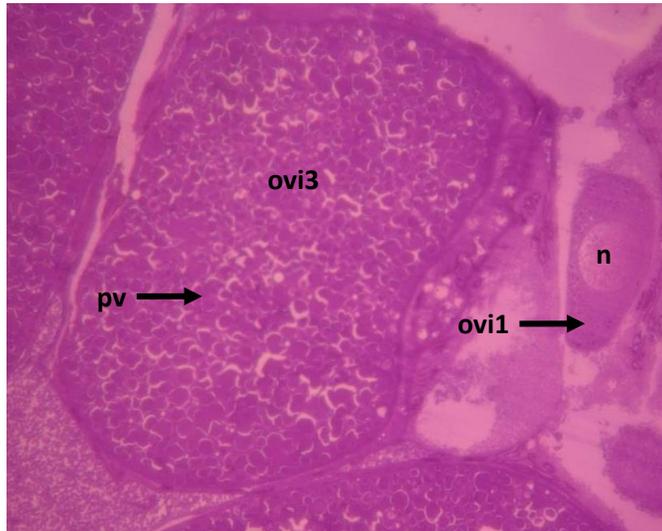


Figura 13.- Gónada de hembra ovígera de *Stereomastis sculpta*. Se observan ovocitos vitelogénicos en etapa 1 (ovi1) presentando núcleo (n) y en etapa 3 (ovi3) este último presenta en el interior plaquetas vitelinas (pv).
Técnica Azul de Toluidina. Aumento 10X. Otoño 2011.



Figura 14.- Gónada de hembra ovígera de *S. sculpta*. Se observan ovocitos vitelogénicos en etapa 1 (ovi1) presentando núcleo, etapa 2 (ovi2) y etapa 3 (ovi3), presentando en el interior plaquetas vitelinas (pv) y vesículas vitelinas (vv)
Técnica Azul de Toluidina. Aumento 10X. Primavera 2011

FECUNDIDAD

El valor mínimo de fecundidad correspondió a una hembra de 60.8 mm de LC con 1,701 huevos y 4.5 g de peso seco; la máxima fecundidad fue de 15,052 huevos, correspondiendo a una hembra de 69.1 mm de LC y 6.4 g de peso seco. La fecundidad total promedio fue de 5,586 huevos por hembra. En la tabla 1 se presentan los valores de fecundidad promedio obtenidos para hembras ovígeras.

Campaña	LC media (mm)	Peso total seco (g)	Fecundidad media (N° ovocitos)	Desviación estándar
Verano 2009	57.2	169.6	4,767	2,557.2
Primavera 2011	56.3	20.3	5,932	2,685.08
Otoño 2011	64.4	28.7	8,562	4,718.07
Primavera 2013	57.2	38.6	7,385	3,386.5

Tabla 1. Variación estacional en la fecundidad de *S. sculpta* y su relación con la longitud cefalotorácica (LC, mm)

El modelo de regresión lineal, donde la fecundidad se consideró como variable dependiente de la LC, indicó una relación significativa ($r^2 = 0.35$, $p = 0.02$) (Fig. 15). El número de huevos se relacionó positivamente con la talla de las hembras; a mayor tamaño de LC mayor cantidad de huevos contenido bajo el abdomen. La relación e

de la fecundidad con el peso seco de las hembras no fue significativa ($r^2 = 0.19$, $p = 0.11$).

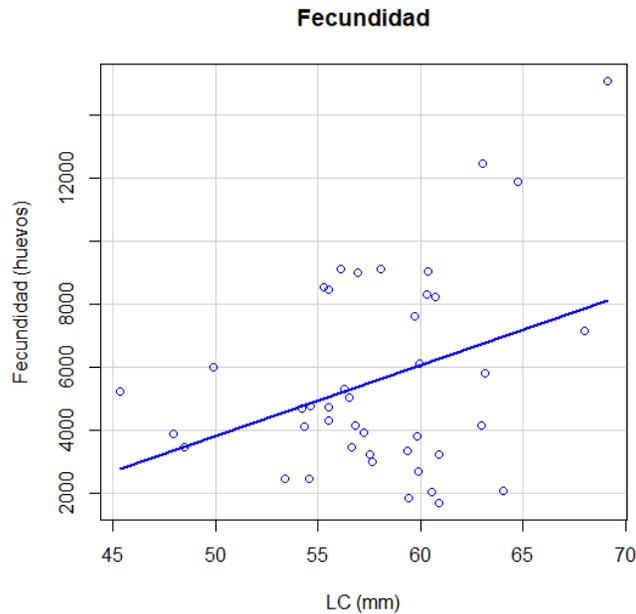


Figura 15.- Modelo de regresión de fecundidad correspondiente a 42 hembras ovígeras en verano 2009, primavera y otoño 2011, primavera 2013

RENDIMIENTO REPRODUCTIVO

La inversión energética en el proceso reproductivo expresada como rendimiento reproductivo (R_o) presentó una importante disminución en otoño y primavera. En las tres estaciones del año consideradas en el presente estudio, el rendimiento reproductivo de las hembras de *S. sculpta* fue 13.5% de su peso seco en otoño, 28.8% en primavera y 90.6% en verano (Fig. 16). No se encontró ninguna tendencia en la inversión reproductiva que se relacionara con el tamaño de las hembras ($r^2 = 0.07$, $p = 0.06$), mientras que la relación R_o y fecundidad ($r^2 = 0.16$, $p = 0.008$) fue positiva mostrando una correlación lineal moderada.

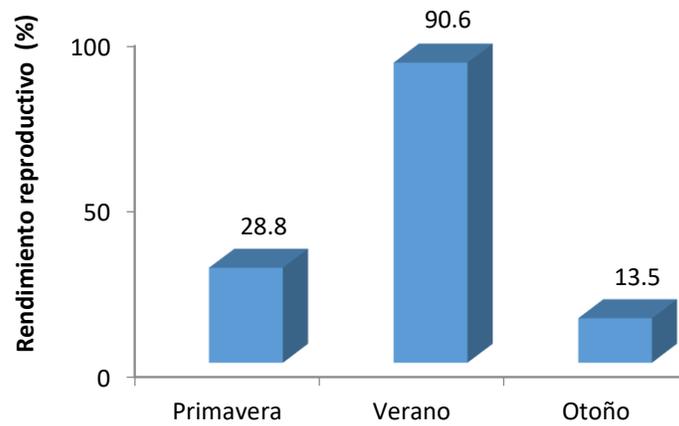


Figura 16.- Rendimiento reproductivo (R_o) de *S. sculpta*

TALLA DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL

La talla mínima de primera madurez de las hembras de *S. sculpta* se registró en 45 mm de LC. La estimación de la longitud total a la cual madura el 50% de la población muestreada (L_{50}) fue de 53 mm de LC (Fig. 17).

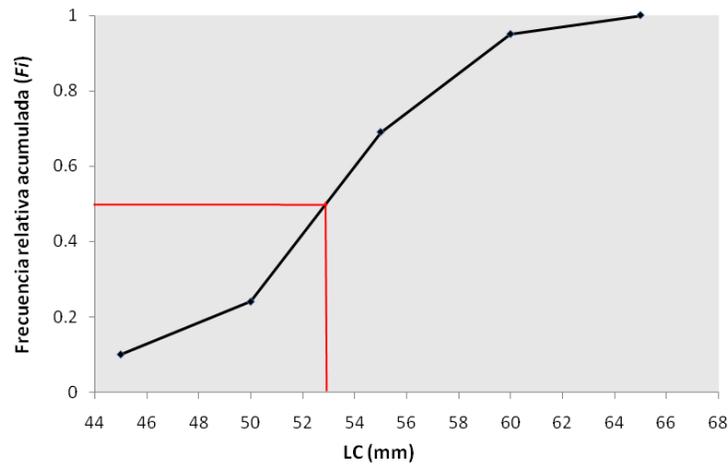


Figura 17.- Talla de primera madurez sexual en hembras ovígeras de *S. sculpta*.

VII. DISCUSIÓN

DISTRIBUCION GEOGRÁFICA Y BATIMÉTRICA

En el presente estudio, *S. sculpta* se distribuyó a lo largo del talud continental dentro del sector SW y SE del Golfo de México entre 505 y 1,148 m de profundidad. Dicho intervalo concuerda con el reportado por Briones-Fourzán et al. (2020) de 401 a 1,148 m, con una amplia distribución en los cinco sectores del Golfo de México. Firth y Pequignat (1971) y Roberts (1977) afirman que *S. sculpta* es el poliquélido más comúnmente capturado tanto en el Golfo de México como el Mar Caribe y probablemente una de las especies numéricamente más importantes en el talud continental. En este estudio, la mayor concentración de individuos se localizó frente a la desembocadura de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá.

Existen reportes batimétricos para *S. sculpta* en otras regiones geográficas. Para el oeste del Atlántico norte Wenner (1979) registró un rango de 486 a 2,257 m de profundidad para la distribución de la especie. Abelló y Cartes (1992) realizaron estudios poblacionales al oeste del mar Mediterráneo cuyos rangos de colecta se encontraron entre los 981 a 2,253 m de profundidad. Ahyong y Chan (2004) reportan para Taiwán un intervalo de profundidad entre 200 a 4,000 m.

La distribución batimétrica de la especie entre las regiones geográficas anteriormente citadas se encuentra en un intervalo de profundidad similar. Sin embargo; por las distintas condiciones geomorfológicas regionales de cada área, éstas no son totalmente comparables. La importancia en estos estudios consiste en que *S. sculpta* es una especie característica abundante de los fondos bentónicos cuyo rango de profundidad se encuentra desde 200 hasta los 4,000 m (Galil 2000, Chang et al. 2013).

ABUNDANCIA

En este estudio la mayor densidad promedio de *S. sculpta* se obtuvo en verano del 2009 con 3.94 ind/ha en un rango de 506 a 1,144 m de profundidad. En otoño del 2011 y primavera del 2012 las densidades no difirieron en gran medida, se encontraron entre 2.48 y 2.31 ind/ha respectivamente, en un rango de profundidad entre 513 y 1,095 m. La densidad en primavera del 2011 fue baja con 0.77 ind/ha. Los valores obtenidos en el suroeste del Golfo de México no muestran un patrón claro de aumento o disminución de la densidad con respecto a la profundidad tal como lo reporta Roberts (1977) para el noreste del Golfo de México con 394 ind/ha (565 y 918 m), 343 ind/ha (1,061 y 1,829 m) y de 88 ind/ha (2,744 a 3,256 m); donde existe una clara disminución de la densidad conforme aumenta la profundidad. Sin embargo; en el mar Catalán (Cartes y Sardà 1992) y mar Mediterráneo (Abelló y Cartes 1992), *S. sculpta* presenta densidades más altas conforme aumenta la profundidad (>981 m). Probablemente los resultados en este estudio no presentaron un patrón más definido de la densidad debido a que el número y localización de las estaciones de muestreo se restringieron hasta 1,100 m por la longitud del cable disponible y la topografía propia del talud continental del Golfo de México.

Es posible que *S. sculpta* esté adaptada a zonas limitadas en recursos alimenticios (Cartes y Abelló 1992). La disponibilidad de alimento puede llegar a ser un factor por el cual se explique la abundancia de la especie. La competencia por el alimento podría estar relacionada con la profundidad (Cartes y Sardà 1992), conforme aumenta la profundidad mayor puede ser la competencia por el recurso que estaría constituido de la materia orgánica proveniente del principal aporte al Golfo de México como lo es la desembocadura del río Coatzacoalcos o de partículas de origen fotosintético provenientes de la superficie ya sea en forma de detrito, agregados de diatomeas y de heces fecales del zooplancton, sin embargo; no hay elementos

adicionales para sustentar esta aseveración. Probablemente varios factores permiten a estas langostas tener éxito en el intervalo de profundidad reportado para este estudio, lo cual es motivo de estudios adicionales.

ESTRUCTURA DE TALLAS

Las tallas obtenidas para *S. sculpta* en este estudio fluctuaron de los 17.2 a 69.1 mm de LC (\bar{x} = 42.8 mm). En general las hembras presentan tallas más grandes que los machos; particularmente las hembras grávidas que registraron mayores tallas. Briones-Fourzán et al. (2020), reportan un rango de talla de 16.5 a 70.4 mm de LC y de igual forma el mayor tamaño de talla lo presentan las hembras. Abelló y Valladares (1988) ya sugerían este marcado dimorfismo de tamaño para *S. sculpta* en el Mediterráneo con rangos de tamaño en machos entre 13.4 y 24.2 mm y en hembras entre 16.5 y 32.8 mm LC. De igual manera Wenner (1979) reporta para el Atlántico norte tallas mayores para hembras ovígeras (\bar{x} = 54 mm) que para machos (\bar{x} = 32 mm) y hembras no ovígeras (\bar{x} = 35 mm).

RELACIÓN TALLA-PROFUNDIDAD

La distribución de tallas con respecto a la profundidad en verano del 2009 presentó una diferencia significativa en los estratos 800-899 y 1,100-1,199 m ya que la talla de los organismos fue mayor con el aumento de la profundidad. De igual forma en primavera del 2013 los estratos 500-599 m presentaron las mayores tallas y a los 900-999 m de profundidad las menores. Briones-Fourzán et al. (2020) reportan para el suroeste del Golfo de México una disminución del tamaño con el aumento de la profundidad para las hembras, pero no para los machos. Por otro lado, Sardà y

Cartes (1993) en un estudio realizado abarcando profundidades de 900 a 2,200 m en el mar Mediterráneo occidental, no encuentran diferencias entre el tamaño de *S. sculpta* a lo largo de un gradiente de profundidad. Cabe mencionar que dichos autores señalan la posibilidad de que la población del área estuviera compuesta principalmente de organismos juveniles.

La disminución de la talla conforme aumenta la profundidad se podría deber a la respuesta de diferentes procesos biológicos y metabólicos propios de la especie. Entre los biológicos se podría mencionar el apareamiento, desove y crecimiento; aunque estos procesos no han sido del todo estudiados para la especie.

La causa más comúnmente aceptada para la disminución del tamaño con el aumento de la profundidad es la disponibilidad de alimento. Dado que el recurso disminuye hacia zonas profundas del océano, Thiel (1975) sugiere que, desde un punto de vista metabólico, las tallas pequeñas estarían beneficiadas a mayores profundidades donde los recursos alimenticios son menos abundantes en el meio- y macrobentos. Otro posible factor a considerar es la presión trófica ejercida por organismos megabentónicos como depredadores potenciales de *S. sculpta*, lo que podría favorecer la supervivencia de individuos de tallas pequeñas a mayores profundidades (Thiel 1979, Sardà y Cartes 1993, Stefanescu et al. 1993, Briones-Fourzán et al. 2020).

DESCRIPCIÓN HISTOLÓGICA

El tamaño reducido de las muestras empleadas para el estudio limitó la identificación del desarrollo gonadal para *S. sculpta*. La descripción del desarrollo de la ovogénesis en decápodos mediante técnicas histológicas generalmente involucra la división del proceso en cinco fases de desarrollo (proliferación,

previtelogénesis, vitelogénesis primaria, vitelogénesis secundaria y madurez) (Cabiddu et al. 2008). Wenner (1979) definió seis estadios del desarrollo ovárico para *Stereomastis* spp. basándose en el tamaño y composición gonadal. Siguiendo la descripción de dicha autora, con las muestras obtenidas en primavera del 2013 en el presente estudio, las gónadas se encontraron en estado de maduración por la presencia de ovocitos previtelogénicos junto a ovocitos vitelogénicos. Probablemente, durante el proceso de la ovogénesis, algunos ovocitos maduran mientras que otros permanecen inactivos (Cabiddu et al. 2008).

FECUNDIDAD , RENDIMIENTO REPRODUCTIVO Y TALLA DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL

Se presentó una correlación entre la fecundidad de *S. sculpta* y la talla. La fecundidad varió entre 1,701 y 15,052 con un promedio de 5,586 huevos por hembra. El rango en el número de huevos por hembra registrados en el presente trabajo fue menor al reportado por Wenner (1979) cuya variación fue de 10,093 a 19,080 huevos, aunque la talla de hembras ovígeras fue mayor para este trabajo.

La fecundidad aumenta conforme lo hacen las dimensiones corporales de la hembra, las hembras grávidas de mayor tamaño corporal aportan mayor cantidad de huevos que individuos más pequeños, esto conllevaría a una alta tasa en la supervivencia, siendo una estrategia reproductiva propia de la especie. Es importante mencionar que la fecundidad está determinada no solo por el tamaño del cuerpo de la hembra, sino también por el promedio del tamaño de los huevos (Vargas et al. 2016).

No se encontró ninguna tendencia en la inversión reproductiva que se relacione positivamente con el tamaño de las hembras. La mayor inversión en el aporte de huevos fue en verano (90.6%). Para otros decápodos, existen evidencias de una

relación alométrica entre el tamaño de la hembra y su rendimiento reproductivo (Calder 1984, Marshall et al. 2010), este hecho se ha demostrado en crustáceos como la centolla (Firpo et al. 2012, Militelli et al. 2020) y porcelánidos (Hernández 2001).

En el presente estudio, la madurez sexual de las hembras de *S. sculpta* se presentó a los 53 mm de LC, talla a la cual el 50% de la población muestra gónadas maduras listas para la puesta o desove. Esta talla es mayor a la reportada por Wenner (1979) y Abelló y Cartes (1992), quienes estimaron la madurez sexual de *S. sculpta* a partir de los 45 y 19 mm de LC respectivamente.

VIII. CONCLUSIONES

- La distribución batimétrica de *Stereomastis sculpta* en el talud continental del sur del Golfo de México se registró en un rango de 505 a 1,148 m de profundidad.
- *S. sculpta* presentó la mayor abundancia en verano del 2009 entre los ríos Coatzacoalcos y Tonalá (Veracruz y Tabasco).
- El intervalo de tallas para ambos sexos de *S. sculpta* fue de 17.2 a 69.1 mm de LC.
- La talla de *S. sculpta* disminuyó conforme aumenta la profundidad.
- *S. sculpta* presentó una talla de madurez sexual a los 53 mm de LC.
- Se encontró una relación positiva entre la fecundidad y el tamaño de *S. sculpta*. La fecundidad varió entre 1,701 y 15,052 huevos.
- En verano fue mayor la inversión reproductiva en el aporte de huevos.

REFERENCIAS

- Audo D., H. Matúš, C. Sylvain. 2018. The early polychelidan lobster *Tetrachela raiblana* and its impact on the homology of carapace grooves in decapod crustaceans. *Contributions to Zoology*, 87(1), 41-57.
- Abelló P. and J. E. Cartes. 1992. Population characteristics of the deep-sea lobsters *Polycheles typhlops* and *Stereomastis sculpta* (Decapoda: Polychelidae) in a bathyal mud community of the Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 114, 109-117.
- Abelló P. and F. J. Valladares. 1988. Bathyal decapod crustaceans of the Catalan Sea (northwestern Mediterranean). *Mésogée*, 48: 97-102.
- Ahyong S. T. 2009. The polychelidan lobsters: Phylogeny and systematic (Polychelida: Polychelidae). In: Martin, J. W., K. A. Crandall & D. L. Felder (eds). Crustacean Issues 18: Decapod Crustacean Phylogenetics. Taylor & Francis/CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 369-396.
- Ahyong S. T., J. K. Lowry, M. Alonso, R. N. Bamber, G. A. Boxshall, P. Castro, S. Gerken, G. S. Karaman, J. W. Goy, D. S. Jones, K. Meland, D. C. Rogers and J. Svavarsson, 2011. Subphylum Crustacea Brünnich, 1772. In: Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness, Z. Q. Zhang (ed.). *Zootaxa*, 3148: 165-191.
- Ahyong S. T. and D. E. Brown. 2002. New species and new records of Polychelidae from Australia (Decapoda: Crustacea). *The Raffles Bulletin of Zoology*, 50: 53-79.
- Ahyong S. T. and T. Y. Chan. 2004. Polychelid lobsters of Taiwan (Decapoda: Polychelidae). *Raffles Bulletin of Zoology*, 52(1): 171-182.
- Ahyong S.T. and B.S. Galil. 2006. Polychelidae from the southern and western Pacific (Decapoda, Polychelida). *Zoosystema*, 28(3): 757-767.
- Bate C. S. 1878. XXXII On the *Willemoesia* group of Crustacea. *Annals and Magazine of Natural History, London*, (5) 2: 273-283, pi. 13.
- Behringer D. W., R. L. Molinari and J. F. Festa. 1977. The variability of anticyclonic current patterns in the Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*, 82(34): 5469-5476.
- Bell T. A. and D. V. Lightner. 1988. A handbook of normal penaeid shrimp histology. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA.

Boyko C. B. 2006. New and Historical Records of Polychelid Lobsters (Crustacea: Decapoda: Polychelidae) from the Yale Peabody Museum Collections. *Bulletin of the Peabody Museum of Natural History*, 47: 37-46.

Briones-Fourzán P., E, Lozano-Álvarez, A. R. Vázquez-Bader and A. Gracia. 2020. Deep-Sea Lobsters (Polychelidae and Nephropidae) from the Continental Slope of the Southern Gulf of Mexico: Distribution and Morphometric Relationships. In: Hendrickx, M.E. (eds) Deep-Sea Pycnogonids and Crustaceans of the Americas. Springer, Cham., p. 311-341.

Bryant W. R., J. Lugo, C. Cordova, and A. Salvador. 1991. Physiography and bathymetry. In: Salvador, A. (ed.). The Gulf of Mexico Basin: Boulder, Colorado, Geological Society of America, The Geology of North America, v. J., p. 13-30.

Cabiddu S., M. C. Follesa, A. Gastoni, C. Porcu, A. Cau. 2008. Gonad development of the deep-sea lobster *Polycheles typhlops* (Decapoda: Polychelidae) from the central Western Mediterranean. *Journal of Crustacean Biology*, 28(3): 494-501

Calder W. 1984. Size, function, and life history. Harvard University Press, Massachusetts, USA.

Carranza-Edwards A., L. Rosales-Hoz and A. Monreal-Gómez. 1993. Suspended sediments in the southeastern Gulf of México. *Marine Geology*, 112 (1-4): 257-269.

Cartes J. E. and P. Abelló. 1992. Comparative feeding habits of polychelid lobsters in the Western Mediterranean deep-sea communities. *Marine Ecology Progress Series*, 84 (2): 139-150.

Cartes J. E. and F. Sardà. 1992. Abundance and diversity of decapod crustaceans in the deep-Catalan Sea (Western Mediterranean). *Journal of Natural History*, 26: 1305-1323.

Cartes J. E. and F. Sardà. 1993. Zonation of the deep-sea decapod fauna in the Catalan Sea (Western Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*, 94, 27-34.

CONANP, 2008. <https://www.conanp.gob.mx>

Chan T. Y. 2010. Annotated checklist of the world's marine lobsters (Crustacea: Decapoda: Astacidea, Glypheidea, Achelata, Polychelida). *Raffles Bulletin of Zoology Supplement*, 23: 153-181.

- Chang S. C., S. T. Ahyong, T. Y. Chan. 2013. New records of deep-sea blind lobsters (Crustacea: Decapoda: Polychelidae) from Taiwan. *Journal of Marine Science and Technology*, Supplement 21: 8–14
- Chang S. C. and T. Y. Chan. 2019. On the clawed lobsters of the genus *Nephropsis* Wood-Mason, 1872 recently collected from deep-sea cruises off Taiwan and the South China Sea (Crustacea, Decapoda, Nephropidae). *ZooKeys*, 833: 41–58.
- Chang S. C., T. Y. Chan and A. B. Kumar. 2020a. A new clawed lobster of the genus *Nephropsis* Wood-Mason, 1872 (Crustacea: Decapoda: Nephropidae) from the Indonesian deep-sea cruise. *Raffles Bulletin of Zoology*, 68: 50–55.
- Chang S. C., T. Y. Chan and A. B. Kumar. 2020b. Deep-sea clawed lobster *Nephropsis stewarti* Wood-Mason, 1872 species complex in the Indo-West Pacific (Crustacea, Decapoda, Nephropidae), with description of a new species. *ZooKeys*, 1008: 37–60.
- Clarke A. 1992. Reproduction in the cold: Thorson revisited. *Invertebrate Reproduction & Development*, 22(1-3): 175-183.
- De Grave S., N. D. Pentcheff, S. Ahyong, T. Chan, K. Crandall, P. Dworschak, D. Felder, R. Feldmann, C. Fransen, L. Goulding, R. Lemaitre, M. Low, J. Martin, P. Ng, C. Schweitzer, S. Tan, D. Tshudy and R. Wetzer. 2009. A classification of living and fossil genera of decapods crustaceans. *Raffles Bulletin of Zoology Supplement*, 21: 12-109.
- De la Lanza E. G. and J. R. Gómez. 2008. Physical and chemical characteristics of the Gulf of Mexico. In: Withers, K., M. Nipper. *Environmental Analysis of the Gulf of Mexico*. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. Texas, USA, Vol 1, p. 41-61.
- Desmarest A. G. 1817. Crustacés fossiles. in: Société de Naturalistes et d'Agriculteurs, eds. *Nouveau Dictionnaire d'Histoire naturelle, appliquée aux Arts, à l'Agriculture, à l'Économie rurale et domestique, à la Médecine, etc.* 7. Déterville, Paris. Pp. 495-519.
- Drury R. A. and E. A. Wallington. 1980. Carleton's histological technique. Oxford University Press, Toronto, Canada. Pp. 1-450
- Felder D. L., F. Álvarez, J. Goy and R. Lemaitre. Decapoda (Crustacea) of the Gulf of Mexico, with Comments on the Amphionidacea. In: Felder, D. L., y D. K. Camp,

(eds.). 2009. Gulf of Mexico-Origins, Waters, and Biota. Volume 1. Biodiversity. Texas A&M University Press, College Station, Texas. 1393 pp.

Firpo C., J. Wyngaard y M. I. Iorio. 2012. Estimación de parámetros reproductivos para el inicio de un plan de monitoreo de la fecundidad de la centolla *Lithodes santolla*, en el sector patagónico central, Argentina. SB2012. In Actas del II Simposio Iberoamericano de Ecología Reproductiva, Reclutamiento y Pesquerías. p. 93. Mar del Plata.

Firth R. W. and Pequegnat W. E. 1971. Deep sea lobsters of the families Polychelidae and Nephropidae (Crustacea, Decapoda) in the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. Department of Oceanography, Texas A&M University, Texas, 106p.

Galil B. S. 2000. Crustacea Decapoda: Review of the genera and species of the family Polychelidae Wood-Mason, 1874. In: A. Crosnier (ed.), Résultats des Campagnes Musorstom, Volume. 21. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle, 184: 285-387.

Grote A. R. 1873. *Deidamia*. *Nature* 8: 485.

Heather D. B., S. T. Ahyong, D. W. Richard D, M. F. Rodney, E. S. Carrie, W. B. Jesse, B. Matthew, P. Ferran, T. Y. Chan, L. F. Darryl, R. Rafael, K. Chu, M. T. Ling, K. Dohyup, J. W. Martin, A. C. Keith. 2014. The Emergence of Lobsters: Phylogenetic Relationships, Morphological Evolution and Divergence Time Comparisons of an Ancient Group (Decapoda: Achelata, Astacidea, Glypheidea, Polychelida), *Systematic Biology*, 63 (4): 457–479.

Heller C. 1862. Beiträge zur näheren Kenntniss der Macrouren. Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Klasse der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Wien, 45 (1): 389–426, pls. 1–2.

Heller C. 1863. Die Crustaceen des südlichen Europa. Crustacea Podophthalmia. Mit einer Übersicht über die horizontale Verbreitung sämtlicher europäischer Arten. Wilhem Braumüller, Wien, 336 pp.

Hernández P. 2001. Producción y rendimiento reproductivo en *Petrolisthes granulatus* (Decapoda, Anomura, Porcellanidae) en diferentes localidades del norte de Chile: una comparación latitudinal. *Investigaciones Marinas*, Valparaíso, 29(1): 73-81.

Holthuis L. B. 1991. FAO species catalog. volume 13. Marine lobsters of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries known to

date. FAO Fisheries Synopsis, 125. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 292 pp.

Hurlburt H. E. and J. D. Thompson. 1980. A numerical study of loop current intrusions and eddy shedding. *Journal of Physical Oceanography* 10: 1611-1651.

Marshall D. J., S. S. Heppell, S. B. Munch, and R. R. Warner. 2010. The relationship between maternal phenotype and offspring quality: Do older mothers really produce the best offspring? *Ecology*, 91(10), 2862–2873.

Militelli M. I., C. Firpo, A. C. Mauna, K. A. Rodrigues, and G. J. Macchi. 2020. Reproductive potential of southern king crab (*Lithodes santolla*) in South Patagonian Sector (south 48°S), a new fishery area. *Fisheries Research*, 229: 105595.

Monreal-Gómez M. A. y D. A. Salas-de-León. 1990. Simulación de la circulación de la Bahía de Campeche. *Geofísica Internacional* 29(2): 101-111.

Monreal-Gómez M. A. y D. A. Salas-de-León. 1997. Mareas y circulación residual en el Golfo de México. En M. F. Lavin, editor. Contribuciones a la Oceanografía Física en México, Monografía No. 3. Unión Geofísica Mexicana, 201-223 pp.

Monreal-Gómez M. A., D. A. Salas-de-León, y H. Velasco-Mendoza. 2004. La hidrodinámica del Golfo de México. In: Caso, M., I. Pisanty & E. Ezcurra, (eds.), Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. México: Hart Research Institute for Gulf of Mexico Studies, pp. 47-68.

Museums Greenwich [https://www. rmg.co.uk](https://www.rmg.co.uk)

Padate V. P., S. C. Sherine and N. Saravanane. 2021. Compendium of deep-sea and coral-reefassociated lobsters (Crustacea: Decapoda: Astacidea, Achelata and Polychelida) of the Indian waters collected during the expeditions of Forv Sagar Sampada. Centre for Marine Living Resources & Ecology Ministry of Earth Sciences, government of India Atal Bhavan, Puthuvype, Kochi – 682508. 2021.

Pineda B. J., C. A. J. Díaz de León y F. O. Uribe. 1975. Fecundidad de la langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall, 1842) en Baja California. *Ciencia Pesquera* 1:99-118.

Roberts H. H., R. A. McBride and J. Coleman. 1999. Outer shelf and slope geology of the Gulf of Mexico: an overview. In: Kumpf, H., D. Steidinger & K. Sherman, (eds.).

The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem: Assessment, Sustainability, and Management. Blackwell Science, Berlin, pp. 205-234.

Roberts T. W. 1977. An analysis of deep-sea benthic communities in the northeast Gulf of Mexico. Ph. D. Thesis, Texas A&M Univ. College Station, 270 p.

Sardà F. and J. Cartes. 1993. Relationship between size and deep in decapods crustacean populations on the deep slope in the Western Mediterranean. *Deep-Sea Research* 4 (11-12): 2398-2400.

Sellanes J., E. Quiroga, V. A. Gallardo and C. Neira. 2008. Megafaunal community structure and trophic relationships at the recently discovered Concepción methane seep area (Chile, ~36°S). *ICES Journal of Marine Science*, 65: 1102-1111.

Somerton D. 1980. A computer technique for estimating the size of sexual maturity in crabs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*: 37, 1488-1494.

Smith S. I. 1880. Notice of a new species of the "Willemoesia Group of Crustacea", recent Eryontidae. Proceedings of the United States National Museum, Washington, 2: 345-353, pi. 7.

Stefanescu C., Lloris D., and Rucabado J. 1993. Deep-sea fish assemblages in the Catalan Sea (Western Mediterranean) below a depth of 1000m. *Deep-Sea Research I* 40: 695-707.

Sturges W. and J. C. Evans. 1983. On the variability of the Loop Current in the Gulf of Mexico. *Journal of Marine Research*, 41: 639-653.

Sturges W. and A. Bozec. 2013. A Puzzling Disagreement between Observations and Numerical Models in the Central Gulf of Mexico. *Journal Physical Oceanography*, 43(12), 2673–2681.

Vargas T. I. and Vázquez L. H. 2016. Fecundity of *Cardisoma crassum* Smith, 1870 in an estuary of the Mexican Pacific. *BIOCYT Biología Ciencia y Tecnología*, 9: 33-36.

Thiel H. 1975. The size structure of the deep-sea benthos. *Internationale Revue der Gesamter Hydrobiologie* 60: 575-606.

Vidal V. M. V., F. V. Vidal y O. A. F. Hernández. 1990. Atlas Oceanográfico del Golfo de México, Vol. 3. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Grupo de Estudios Oceanográficos, Cuernavaca, Morelos.

Vukovich F. M., B. W. Crissman, M. Bushnell and W. J. King. 1979. Some aspects of the oceanography of the Gulf of Mexico using satellite and in situ data. *Journal of Geophysical Research* 84(C12): 7749-7768.

Wenner L. E. 1979. Some aspects of the biology of deep-sea lobsters of the family polychelidae (Crustacea, Decapoda) from the western north Atlantic. *Fishery Bulletin*, (77) 2: 435-444.

Wiseman W. J. and W. Sturges. 1999. Physical oceanography of the Gulf of Mexico: Processes that regulate its biology. In: Kumpf H., Steidinger K., Sherman K. (eds.). *The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem: assessment, sustainability, and management*. Blackwell Science, Oxford, p. 77-92.

Wood-Mason J. 1874. On blind crustaceans. *Proceedings of the Asiatic Society of Bengal*, Calcutta, 1874: 180- 181.

Wood-Mason J. 1875. On the genus *Deidamia* Willemoes-Suhm. *Annals and Magazine of Natural History, London*, (4) 15: 131-135.

Yang C. H. and T. Y. Chan. 2020. A new slipper lobster of the genus *Galearctus* Holthuis, 2002 (Decapoda, Scyllaridae) from Madagascar. *Crustaceana*, 93 (11– 12): 1461–1470.