



UNIVERSIDAD DEL MAR

Campus Puerto Ángel, Oaxaca

Estructura de tallas, talla de primera madurez y fecundidad de *Octopus hubbsorum* (Mollusca: Cephalopoda) de la costa de Oaxaca, México.

T E S I S

Para obtener el título de:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA MARINA

Presenta:

LORENA ROCHA TEJEDA

Directora de tesis:

DRA. MARÍA DEL CARMEN ALEJO PLATA


Puerto Ángel, Oaxaca, septiembre de 2013





ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

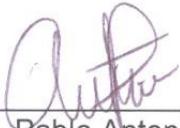
Después de haber analizado y evaluado la tesis "Estructura de tallas, talla de primera madurez y fecundidad de *Octopus hubbsorum* (Mollusca: Cephalopoda) de la costa de Oaxaca, México", presentada por la pasante de Biología Marina Lorena Rocha Tejeda, se considera que cumple con los requisitos académicos y la calidad necesaria para ser defendida en el examen profesional.


Comisión Revisora


Dra. María del Carmen Alejo Plata
Directora de Tesis
UMAR-Puerto Ángel


Ocean. Ángel Cuevas Aguirre
Asesor Interno
UMAR-Puerto Ángel


Dr. José Luis Gómez Márquez
Asesor Externo
UNAM-FES-Zaragoza


M. en C. Pablo Antonio Pintos Terán
Asesor Interno
UMAR-Puerto Ángel


M. en C. Juan Francisco Meraz Hernando
Asesor Interno
UMAR-Puerto Ángel

Puerto Ángel, Oaxaca, septiembre de 2013

*“No te rindas, por favor no cedas, aunque el frío queme,
aunque el miedo muerda, aunque el sol se esconda, y se
calle el viento, aún hay fuego en tu alma, aún hay vida en
tus sueños. Porque la vida es tuya y tuyo también el deseo,
porque cada día es un comienzo nuevo, porque esta es la
hora y el mejor momento.”*

Mario Benedetti

Dedicatoria

*A mis grandiosos y amorosos padres Agustín y
M. Esther, a mis ejemplares hermanos Atzu y
Jin, a la hermana de mi madre M. Paz, que es la
mejor madrina...*

*Y a los pescadores de Oaxaca, con la esperanza de
que este trabajo les favorezca en un futuro próximo.*

Agradecimientos

Al proyecto "Biología del pulpo *Octopus sp.* en la costa de Oaxaca" CLAVE: 2IR1105.

A mis padres por su amor, enseñanzas, confianza y apoyo incondicional que me han brindado desde pequeña y en ésta meta de mi vida; porque sin ellos no hubiera sido posible la culminación de mi carrera... siempre les estaré agradecida inmensamente, los amo.

A mis hermanos Azu y Tin, por echarme porras en todo momento, por su apoyo, por su amor, por creer en mí, y porque han sido un ejemplo a seguir, siempre trabajadores (como mis padres), son los mejores hermanos que pude haber tenido, los adoro.

A mi madrina Ma. Paz, a mi primo preferido José, y a mi tía Martha, que también son como parte de mi familia nuclear; gracias por sus constantes ánimos, apoyo y amor brindado siempre.

A Jorge, por estar siempre a mi lado (a pesar de la distancia), por su invaluable apoyo, paciencia, ánimos, amor, y excelentes consejos durante la carrera y la elaboración de mi tesis.

A mi tío Poncho y su familia, por la confianza, el cariño y ánimo brindado en todo este tiempo; a mi tía Mago, por su buena vibra y apoyo, y a mis padrinos Alfredo y su esposa Lucero (Q.E.P.D), por el cariño, confianza, y apoyo que me dieron desde pequeña, y a mis demás ti@s (por parte de mamá y papá), por su buena vibra durante mi estancia aquí.

A mis abuelitos (Mateo y Julita; Alfredo y Cuca; Q.E.P.D), que desde el cielo me cuidaron y guiaron.

A mi directora de tesis, la Dra. Ma. del Carmen Alejo Plata, por su confianza en mí y en este trabajo, por hacer una exhaustiva revisión de la tesis más de una vez, por sus comentarios, correcciones y recomendaciones que hicieron ampliara mi conocimiento y confianza, y mejorara mi tesis, por todo su apoyo y comprensión en los momentos difíciles, por su paciencia y ánimos brindados desde el principio.

A mi comité de revisores (Ocean. Ángel Cuevas Aguirre, Dr. José Luis Gómez Márquez, M. en C. Pablo Antonio Pintos Terán y M. en C. Juan Francisco Meráz Hernando), por aceptar revisar mi tesis y por el tiempo dedicado a ésta, por su apoyo, amabilidad, por sus correcciones, y consejos que ayudaron en mucho para que ésta se enriqueciera y mejorara.

A mis mejores amigas de León, Gto, Cris, Ana Laura, Lilianne y Mariana, porque a pesar de la distancia siempre tuve su gran amistad, apoyo, ánimos y cariño durante todo este tiempo.

A mis amig@s y compañeros de generación, que pasaron a convertirse en familia, Dulce, Mildred, Edith, Vivis, Fátima, Blanquita, Tania, Diana, Luis, Mario, Lauss, Piña, "el negro", "Campa", Rubi, Eder,

Rebe, Cotsi, "el flaco", Carlo, Jimy, "El chiquito", "brujis", Mirnita, y "Pochu", por compartir muchos muy buenos momentos en la escuela, salidas de campo y fuera de la escuela; siempre los recordare.

Gracias a los demás compañeros biólogos de mi generación (2007-2012), considerados por nosotros mismos y algunos maestros como de las mejores generaciones...(jaja); gracias por todos los momentos compartidos.

A otros amigos y compañeros de generaciones más avanzadas, Wily, Elio (Pelon), Javier (Oaxaco), Edith (la gordita), Perla, Zule, y Vianey, por los consejos y buenos momentos compartidos a lo largo de la carrera.

Al equipo de trabajo de Cefalópodos Dulce, Sairy, Tania, Campa, y Rubén, por las buenas horas que pasamos en laboratorio, ustedes hicieron que el trabajo fuera mucho más ameno; muchas gracias por compartirme su conocimiento y por su ayuda cuando la necesite.

Agradezco enormemente a los pescadores de Puerto Ángel y Huatulco que facilitaron en mucho al muestreo de los organismos; a las pescaderías "Citlally" y "El Delfin" por su paciencia y ayuda al momento de tomar las medidas morfométricas, a los dueños y pescadores de las embarcaciones "Coyula" porque aceptaron ayudarnos en este proyecto, a los pescadores Alberto y su Papá (dueños de la embarcación "Rosa" y "Perlas del Mar") por su generosa y gratuita ayuda, la cual me ayudo a terminar la última fase del muestreo; y a los demás pescadores que en algún momento nos brindaron su apoyo, así mismo por proporcionarme valiosa información de campo.

También agradezco que durante le elaboración del escrito me ayudaran con tomas fotográficas (Tania García, Biól. Mar. Fátima Castillejos Moguel y Biól. Mar. Rubén García Guillen), y con la edición de éstas mismas (Arq. Agustín Rocha Tejeda); así también agradezco la ayuda con la elaboración del mapa a la Biol. Mar. Edith Peralta, gracias a compañeras de la carrera de biología marina: Daniela Jiménez y Mariela Ramos por haberme proporcionado los cortes histológicos.

A la Universidad del Mar por ser mi casa de estudios, y a su personal académico, por mi formación. A la Lic. Maylet, Jorgito, Claudia, Reynita, Esme de servicios escolares y Juanito por ser tan alentadores, pacientes y amigables siempre.

A Don Javier y Dña. Luci por su cariño y amistad ilimitada durante mi estancia en Puerto Ángel.

A mi gran amiga Dulce, por sus cuidados (de "mamá"), por su apoyo, cariño, amistad, consejos, comidas, y muy buenos momentos compartidos, y por mostrarme lo maravilloso que son los pulpos, porque hiciste que me enamorara de ellos, gracias "Tina". Agradezco también a mis grandes amigos, por su inmenso apoyo, confianza, invaluable ayuda y cariño, por reanimarme a seguir adelante cuando hizo falta, muchas gracias Vivis, Mily, Faty, Tania, Edith, Blanquita, Luis y Mario, que hicieron este camino uno muy divertido y llevadero; gracias por mostrarme la vida de diferentes grandiosas maneras.

ÍNDICE

Resumen	1
Abstract	1
1. Introducción	3
1.1 Posición taxonómica de la especie.....	5
1.2 Descripción de la especie.....	5
a) Biología.....	5
b) Distribución geográfica.....	13
c) Pesca artesanal.....	14
2. Antecedentes	16
3. Justificación	18
4. Hipótesis	18
5. Objetivos	18
5.1 Objetivo general.....	18
5.2 Objetivos particulares.....	19
6. Material y Métodos	19
6.1 Área de estudio.....	19
6.2 Trabajo de campo.....	21
6.3 Trabajo de laboratorio y gabinete.....	23
6.3.1 Criterio de clasificación gonádica.....	23
6.3.2 Fecundidad.....	24
6.3.3 Fecundidad real.....	25
6.3.4 Tamaño de ovocitos.....	26
6.3.5 Estimación del número de espermatozoides en machos maduros.....	26
6.3.6 Proporción sexual.....	27
6.3.7 Relación talla-peso.....	28
6.3.8 Estimadores de densidad por Kernel (EDK'S).....	29
6.3.9 Evaluación de la multimodalidad.....	30
6.3.10 Talla (LM_{50}) de primera madurez.....	30
7. Resultados	32
7.1 Estructura de tallas.....	32
7.2 Proporción de sexos.....	34

7.3 Relación talla-peso.....	36
7.4 Potencial reproductivo.....	38
7.4.1 Fecundidad real.....	43
7.5 Tamaño de ovocitos.....	43
7.6 Evaluación de la frecuencia de tallas y multimodalidad de ovocitos.....	44
7.7 Talla (LM_{50}) de primera madurez.....	46
8. Discusión.....	48
8.1 Estructura de tallas.....	48
8.2 Proporción de sexos.....	49
8.3 Relación talla-peso.....	50
8.4 Potencial reproductivo.....	51
8.5 Tamaño de ovocitos.....	53
8.6 Evaluación de la frecuencia de tallas y multimodalidad de ovocitos.....	53
8.7 Talla (LM_{50}) de primera madurez.....	54
9. Conclusión.....	57
10. Literatura citada.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Ejemplar hembra de *Octopus hubbsorum* (vista dorsal) 7
- Figura 2.** Fotografías del aparato reproductor de hembra de *O. hubbsorum*, en diferentes estadios. A) gónada madura (estadio IV), y B) gónada post-fresa (estadio VI). 8
- Figura 3.** Fotografías de ovocitos maduros de *O. hubbsorum*. A) y B) ovocitos vitelogénicos de gónada en estadio IV, y C) ovocito vitelogénico mostrando apertura del corion (flecha azul), indicativo de formación avanzada. 9
- Figura 4.** Cortes transversales de gónada madura de *Octopus hubbsorum*. A) Sección del ovario mostrando epitelio germinal (EG) con ovocitos en desarrollo de diferente tamaño, y B) ampliación de ovocitos en maduración de la misma gónada. Tinción Hematoxilina-Eosina. 9
- Figura 5.** Fotografías del aparato reproductor de macho de *O. hubbsorum*, A) Gónada de macho (testículo, saco de Needham y pene), B) hectocotilo de un macho maduro (se muestra la lígula con flecha). 10
- Figura 6.** Fotografías de espermátóforos extraídos del saco de Needham de un ejemplar maduro A), B) y C) espermátóforos a diferente objetivo óptico mostrando hélice de espermatozoides (masa espermática). 11
- Figura 7.** Cortes transversales de un espermátóforo maduro de *Octopus hubbsorum* A) sección del espermátóforo con aumento de 4X, y B) ampliación del empaquetamiento de espermatozoides (EZ), mostrando tejido conectivo (TC), con aumento de 40X. Tinción Hematoxilina-Eosina. 11
- Figura 8.** Fotografías de huevos de *O. hubbsorum* en etapa inicial y avanzada, A) y B) Festón de huevos recién depositados a diferente objetivo óptico, C) huevo recién puesto, extraído del festón, D) y E) Festón de embriones en estadio avanzado (estadio XVIII, Naef 1928) a 12

diferente objetivo óptico, y F) embriones desprendidos del festón, en estadio avanzado.

Figura 9. Distribución geográfica del pulpo *O. hubbsorum* en el litoral mexicano, (se indica con sombreado sus límites (modificado de López-Uriarte, 2006). 14

Figura 10. Fotografías del arte de pesca y organismo capturado en Puerto Ángel, Oaxaca: A) Pescadores mostrando el “gancho”, y B) pescador sosteniendo ejemplar de *O. hubbsorum* en la zona de descargue. 15

Figura 11. Fotografías de las embarcaciones en zonas de descargue. A) Zona de desembarque “La Crucecita”, y B) lanchas en la zona de descargue de Puerto Ángel, en algunas de ellas se muestra el compresor encubierto que llevan abordo para captura del bentos 16

Figura 12. Áreas de estudio: 1) Bahía Conejos, 2) El Bufadero, 3) Bahía Salchi, 4) Pacheco, 5) Boquilla, 6) Estacahuite, 7) Puerto Ángel, 8) El Faro, 9) San Agustinillo, y 10) Mazunte. 21

Figura 13. Morfometrías tomadas de *O. hubbsorum* (vista lateral) (tomado de Roper *et al.*, 1995). 22

Figura 14. Dispositivo elaborado de pvc para separación de ovocitos 25

Figura 15. Esquema de ovocito, con medidas señaladas: A) longitud del ovocito, B) diámetro del ovocito, y C) longitud del corión (modificado de Márquez *et al.*, 2006). 26

Figura 16. Esquema de espermátforo, con medidas señaladas: A) longitud total del espermátforo, y B) longitud del capo o masa espermática (modificado de Rodríguez-Marian, 2011). 27

Figura 17. Estructura de tallas de la población de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca. 33

Figura 18. Variación mensual de la longitud total (LT) para machos y hembras de <i>O. hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca.	34
Figura 19. Relación entre la proporción sexual y los meses de muestreo de <i>O. hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca.	35
Figura 20. Relación entre el peso total (PT) y longitud del manto (LM) en hembras de <i>O. hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca.	36
Figura 21. Relación entre el peso total (PT) y longitud del manto (LM) en machos de <i>O. hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca.	37
Figura 22. Relación entre el peso total (PT) y longitud del manto (LM) para machos y hembras de <i>O. hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca.	37
Figura 23. Relación entre la fecundidad potencial y el peso total (PT) en hembras maduras de <i>O. hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca.	39
Figura 24. Relación entre la fecundidad potencial y la longitud del manto (LM) en hembras maduras de <i>O. hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca.	39
Figura 25. Relación entre la fecundidad potencial y el peso del ovario en hembras maduras de <i>O. hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca.	40
Figura 26. Relación entre la fecundidad relativa y el peso total (PT) en hembras maduras de <i>O. hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca.	40
Figura 27. Relación entre el número de espermatozoides y el peso total (PT) en machos maduros de <i>O. hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca.	41
Figura 28. Relación entre el número de espermatozoides y la longitud del (LM) en machos maduros de <i>O. hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca.	42
Figura 29. Relación entre el número de espermatozoides y el peso del testículo en machos maduros de <i>O. hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca.	42

Figura 30. Variacion mensual entre el mes y el diametro de ovocitos de hembras maduras de <i>O. hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca.	43
Figura 31. Comparación de la sección transversal de una gónada madura de <i>Octopus hubbsorum</i> , con la distribución de frecuencia de tallas del largo de los ovocitos (mm), y número de modas presentes aplicando la amplitud de banda promedio sugerida por la prueba de Silverman.	45
Figura 32. Talla de primera madurez en longitud del manto en hembras de <i>O.hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca durante febrero 2011 a mayo 2012.	46
Figura 33. Talla de primera madurez en la longitud del manto en machos de <i>O.hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca durante febrero 2011 a mayo 2012.	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proporción sexual por mes de <i>O. hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca durante febrero 2011 a mayo 2012.	35
Tabla 2. Tipo de alometría estimada mediante el análisis de los Residuales de la Suma de Cuadrados para <i>O. hubbsorum</i> en la costa de Oaxaca durante febrero de 2011 a mayo de 2012. * a=intercepto; b= pendiente; sc=suma de cuadrados; ni=número de organismos por sexo; N=número de organismos en total (suma de machos y hembras); gl=grados de libertad; F= estadístico de prueba; p=valor de probabilidad.	38



Resumen

Los pulpos se distribuyen en todos los ambientes marinos del mundo y juegan un papel importante tanto en la red trófica como en su aprovechamiento pesquero. Sin embargo se desconoce el grado en que algunas poblaciones de pulpo pueden soportar la presión por pesca para la mayoría de las especies de interés comercial debido a la falta de conocimiento biológico. En México, la pesca de pulpo se realiza sobre cinco especies pertenecientes al género *Octopus*, (*O. maya*, *O. vulgaris*, *O. hubbsorum*, *O. macropus* y *O. bimaculatus*), las tres últimas registradas en el litoral del Pacífico. En el presente trabajo se realizaron muestreos semanales de la especie *Octopus hubbsorum* obtenidos de la pesca artesanal durante el periodo de febrero de 2011 a mayo de 2012, registrándose 744 organismos, encontrando diferencias significativas entre sexos en la estructura de tallas, y en la variación mensual con respecto a ésta. Del mismo modo se determinó la proporción de sexos, predominando los machos en las capturas en una proporción 0.46H:1M, la relación talla-peso evidenció alometría negativa para la población. La fecundidad potencial por hembra es de 240,050 ovocitos, y la de machos de 1,265 espermatozoides; la fecundidad real se evaluó en 105,000 huevos por puesta. Se observaron 4 grupos modales con respecto al largo de los ovocitos, mostrando un desarrollo asincrónico terminal. En abril y octubre los ovocitos alcanzaron el mayor tamaño (3.7 mm), con base en esto se determinó que la temporada reproductiva de la especie se presenta en dos pulsos, lluvias (octubre) y secas (abril). La talla (L_{50}) de primera madurez es de 94.5 mm y 88.5 mm de longitud del manto (LM) para hembras y machos respectivamente.

Abstract

Octopus are distributed in all marine environments of the world and play an important role both in the food chain and as a fishing resource. However, the extent to which some populations of octopus can withstand the fishing pressure is unknown for most species of commercial importance because of the lack of biological knowledge. In Mexico, the fishing of octopus is on five species belonging to the genus *Octopus* (*O. maya*, *O. vulgaris*, *O. hubbsorum*, *O. macropus*, *O. bimaculatus*), and the last three belong to the Pacific coast, composing the catch of this region. In the present work sampling of the species *Octopus hubbsorum*, obtained of the artisanal fisheries during the period february 2011 – may of 2012 was performed weekly, size structure were obtained from 744 organisms sampled, showing



significant differences between sexes in the size structure, and the monthly variation with respect to this. In the same way, it determined the proportion of sexes, getting 0.46H:1M, with a predominance of males in the catches, the length-weight relationship showed negative allometry to population. The fertility potential per female is 240, 050 oocytes and 1, 265 spermatophores per male, and actual fertility is 105, 000 eggs per batch. There were 4 modal groups with regard to the length of the oocytes, showing asynchronic development toward the end of the study. In April and October the oocytes reached the biggest size (3.7 mm), with this it's determinate that the reproductive season of this specie it is showed in two periods, wet (October) and dry (April). The size (L_{50}) of first maturity is 94.5 mm and 88.5 mm mantle length (LM) for females and males respectively.

Palábras clave: *Octopus hubbsorum*, pesca artesanal, estructura poblacional, potencial reproductivo, desarrollo asincrónico terminal, talla de primera madurez, costa de Oaxaca.



1. INTRODUCCIÓN

El phylum Mollusca se caracteriza por su gran diversidad morfológica, y son de gran interés para el ser humano por ser una importante fuente de alimento. Entre los grupos que incluye se encuentra la clase Cephalopoda (Octopoda, Teuthoidea y Sepioidea) que es el grupo más complejo del phylum y también de los demás invertebrados (Guerra-Sierra 1992). La familia Octopodidae se encuentra representada por 175 especies bentónicas incluidas en cuatro subfamilias (Octopodinae, Granelodinae, Eledoninae y Bathypolypodinae), abordando 21 géneros, de los cuales solo *Octopus* mantiene una gran relevancia pesquera (Voss 1977, Nesis 1987, Roper *et al.* 1995).

Los cefalópodos son moluscos que poseen una desarrollada anatomía; son bilateralmente simétricos, y poseen una cabeza bien diferenciada con una corona circumoral de brazos provistos de ventosas y garfios; existe un claro dimorfismo sexual entre machos y hembras que incluye el desarrollo de estructuras propias para cada sexo (Rocha 2003).

El comportamiento reproductor de los pulpos incluye una conducta agonística, es decir, el conjunto de pautas que abarcan la lucha, la invitación, y el rechazo que generalmente ocurre entre los machos; así mismo se compone del cortejo y de las diversas maniobras que acompañan la cópula, que no necesariamente conlleva una fecundación instantánea de los ovocitos, y el cuidado parental de los huevos hasta su eclosión. Durante el cuidado de los huevos la hembra los limpia con los brazos y los airea constantemente, arrojando sobre ellos chorros de agua a través del sifón, durante éste periodo, la hembra apenas o nunca se alimenta, este cuidado parental lleva asociados un comportamiento y unos cambios fisiológicos que acaban con la muerte de la hembra una vez que se produce la eclosión de las paralarvas (Rocha 2003).

La fecundidad de las hembras es muy variable, pueden producir desde 50 a 10 000 000 óvulos según la especie. La puesta puede llevarse a cabo de formas muy variadas, durante las primeras etapas del desarrollo pueden ser reflejadas las adaptaciones de las especies a las diversas condiciones impuestas por el ambiente (Huysentruyt & Adriaens 2005).

El tiempo de desarrollo embrionario es variable, dependiendo de la especie y de su estrategia reproductiva, así como de la temperatura del agua (Guerra-Sierra 1992, Rocha 2003). Los cefalópodos pueden seguir tres patrones de formación y desarrollo de los ovocitos dentro del ovario: a) desovador terminal simultáneo, que consiste en un patrón de ovulación sincronizada seguido de un corto periodo de desove monocíclico, b) desovador



múltiple, implica la ovulación sincrónica por grupos y desove en lotes y c) desovador terminal intermitente, estrategia de desove con un patrón asincrónico de ovulación y un continuo desove (Barratt *et al.* 2007).

De acuerdo a la revisión realizada por Rocha *et al.* (2001), el género *Octopus* presenta dos tipos de desarrollo, la mayoría son desovadores terminales simultáneos, y el otro tipo es el desovador múltiple. Únicamente en *O. chierchiae* se ha observado este patrón reproductivo Pliego-Cárdenas *et al.* (2011).

Los pulpos se distribuyen en todos los ambientes marinos del mundo, juegan un papel importante como presa y depredador, son de vida corta y crecimiento rápido y ecológicamente oportunistas (Cady & Rodhouse 1998). Muchas especies son un recurso alimenticio importante para millones de habitantes alrededor del mundo (FAO 2005). La mayoría de las especies comerciales completan su ciclo de vida en uno o dos años, lo cual implica que las poblaciones naturales puedan estar sometidas a importantes fluctuaciones estacionales causadas por las condiciones ambientales o la explotación del recurso (Rocha 2003).

La explotación de los pulpos se ha dado por más de 200 años, mediante el empleo de variadas artes de pesca, destacando las nasas, trampas, arpones, anzuelos e incluso han sido utilizadas redes de arrastre para aquellas especies que viven sobre el fondo (Carta Nacional Pesquera 2010). Sin embargo el grado en que algunas poblaciones de pulpo soportan esta presión de pesca es en gran parte desconocida para la mayoría de las especies de interés comercial, debido a la falta de conocimiento sobre ciertas características poblacionales como lo es la edad, el crecimiento, reproducción, fecundidad, reclutamiento y mortalidad entre otros aspectos importantes sobre su biología (Guerra-Sierra 1992).

En México, la pesca de pulpo se realiza sobre cinco especies pertenecientes al género *Octopus*, tales son *O. hubbsorum*, *O. macropus*, *O. bimaculatus*, *O. maya* y *O. vulgaris*. La pesquería de estas especies en el Golfo de México y Caribe mexicano es la tercera en importancia a nivel nacional, situándose entre las pesquerías de pulpo con mayor potencial mundial (Solís-Ramírez 1994, Arreguín-Sánchez *et al.* 2000, Carta Nacional Pesquera 2004-2006), además se cuenta con estudios en proceso y reglamentación para la zona (INP 2004). En el litoral del Pacífico las capturas están conformadas por *O. macropus*, *O. bimaculatus* y *O. hubbsorum* (Carta Nacional Pesquera 2006).

O. hubbsorum sostiene una pesquería importante en el sur de Sinaloa y Jalisco, en el Pacífico mexicano, siendo el segundo estado el principal productor de pulpo (Carta Nacional Pesquera 2006), por lo que es una región con importantes investigaciones biológico-



pesqueras continuas sobre el recurso (Aguilar-Chávez 1995, López-Uriarte 2006). Aunque recientemente la investigación sobre octópodos está cobrando atención, no existen los estudios suficientes sobre la biología de las diferentes especies que conforman las capturas artesanales en el estado de Oaxaca. Debido a esta carencia, no se cuenta con elementos de índole biológico que puedan sustentar un ordenamiento pesquero adecuado. En este sentido, los estudios sobre biología aportan datos básicos como tallas mínimas de captura, época y potencial de reproducción, los cuales son fundamentales para un manejo adecuado de cualquier recurso.

1.1 Posición taxonómica de la especie (Voss 1977):

Reino Animalia

Phylum Mollusca

Clase Cephalópoda

Subclase Coleoidea

Orden Octopoda

Suborden Incirrata

Familia Octopodidae

Subfamilia Octopodinae

Género *Octopus*

Especie *Octopus hubbsorum* (Berry 1953)

1.2 Descripción de la especie

a) Biología

O. hubbsorum presenta un manto redondo a ovalado, con una coloración que va del gris oscuro, café o verde (dependiendo del patrón de cromatóforos presentes al momento de observarlo) en ejemplares vivos, a una coloración púrpura para los organismos preservados en formol. Tiene brazos robustos y musculosos en los extremos proximales, y cónicos con



puntas finas en los extremos distales, la longitud de estos es de 3 a 4 veces la longitud del manto, y el segundo par tiende a ser más largo que los demás. Posee el segundo y tercer par de ventosas proximales engrandecidas en ambos sexos, y branquias con 9 o 10 lamelas por demibranchia. La umbrela es carnosa, cubriendo los brazos en un cuarto de su longitud y continuando con un par de estrechas quillas con reducido ángulo distal del brazo; así mismo el sifón que se encuentra en la parte ventral, es robusto y carnoso (Raymundo 1995) (Fig. 1).

Son dioicos, es decir, tienen los sexos separados y presentan dimorfismo sexual, por la presencia de estructuras diferenciables entre machos y hembras, así mismo por divergencias en tamaño (Guerra-Sierra 1992). Las hembras suelen ser de mayor peso corporal (López-Uriarte 2007). Los machos presentan el brazo derecho del tercer par modificado, mostrando una estructura en la parte distal del brazo llamada hectocotilo, utilizada para el traspaso de espermatóforos (estructuras que transportan los espermios) a la hembra (Pliego-Cárdenas *et al.* 2011) que se caracteriza por ser diminuto (aproximadamente 1.3 mm). La lígula y el cálamo son estructuras de forma cónica presentes en la parte final del hectocotilo. Los espermatóforos son largos (27.80 mm en promedio) y delgados, con la masa espermática de coloración blanquizca, mientras que los ovocitos de las hembras son pequeños (1.99 mm en promedio) de color amarillo traslucido, de forma ovalada, y con un corión largo y delgado. La maduración se produce por el constante desarrollo y crecimiento de las partes reproductoras.



Figura 1. Ejemplar hembra de *Octopus hubbsorum* (vista dorsal) Foto: © Fátima Castillejos y Lorena Rocha.

El aparato reproductor de las hembras de *O. hubbsorum* se compone de un ovario formado por una capa de tejido conectivo fibroso, dos oviductos (parte distal y proximal de cada uno), y por las glándulas oviductales (Fig. 2); en ésta misma (Fig. 2 A) se muestra la coloración crema característica de un ovario maduro, así como su tamaño y la coloración que presentan las glándulas oviductales. Por otra parte, en un ovario post-fresa (Fig. 2 B), se observa la reabsorción de la membrana ovárica casi en su totalidad, así como la coloración que presenta la gónada y las glándulas oviductales debido al desove, y a la inanición que sufrió durante la puesta.

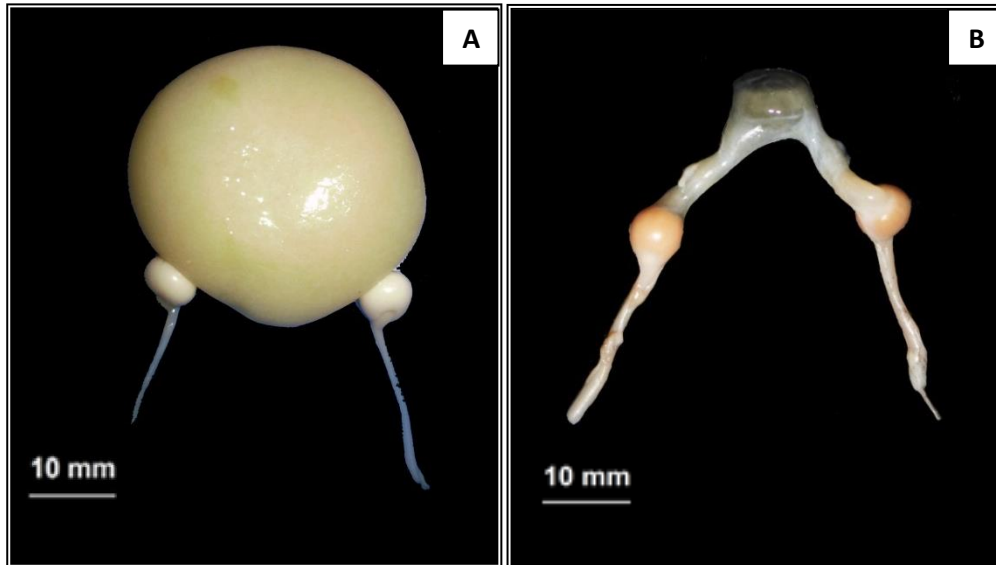
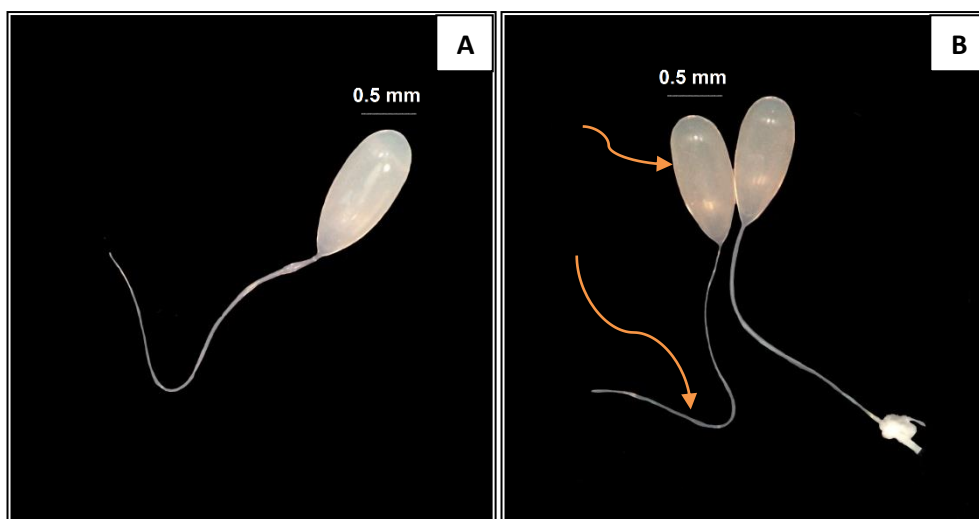


Figura 2. Fotografías del aparato reproductor de hembra de *O. hubbsorum*, en diferentes estadios. A) gónada madura (estadio IV), y B) gónada post-fresa (estadio VI). Foto: © Tania García y Lorena Rocha.

Los ovocitos se localizan en el estroma ovárico, estos son envueltos en su totalidad por una cubierta llamada corion (Fig. 3 B, flechas anaranjadas), éste les brinda soporte y protección, dicha cubierta se prolonga formando un filamento coriónico, el cual utiliza la hembra para conformar el cordón de huevos. El estadio que presentan los ovocitos puede ser determinado macroscópicamente, debido a la coloración, presencia de vitelo, y corion totalmente formado (Fig. 3), y microscópicamente pueden ser determinados mediante cortes histológicos (Fig.4).



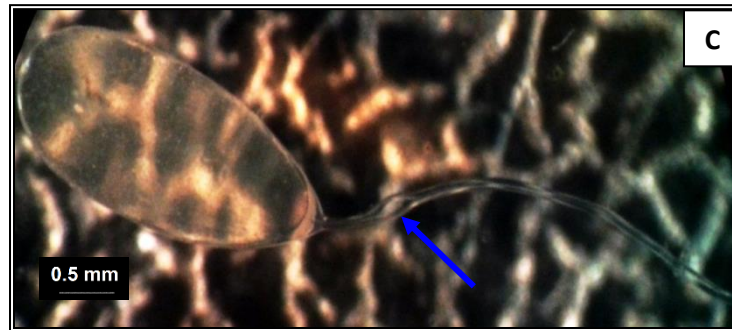


Figura 3. Fotografías de ovocitos maduros de *O. hubbsorum*. A) y B) ovocitos vitelogénicos de gónada en estadio IV, y C) ovocito vitelogénico mostrando apertura del corion (flecha azul), indicativo de formación avanzada. Foto: © Lorena Rocha.

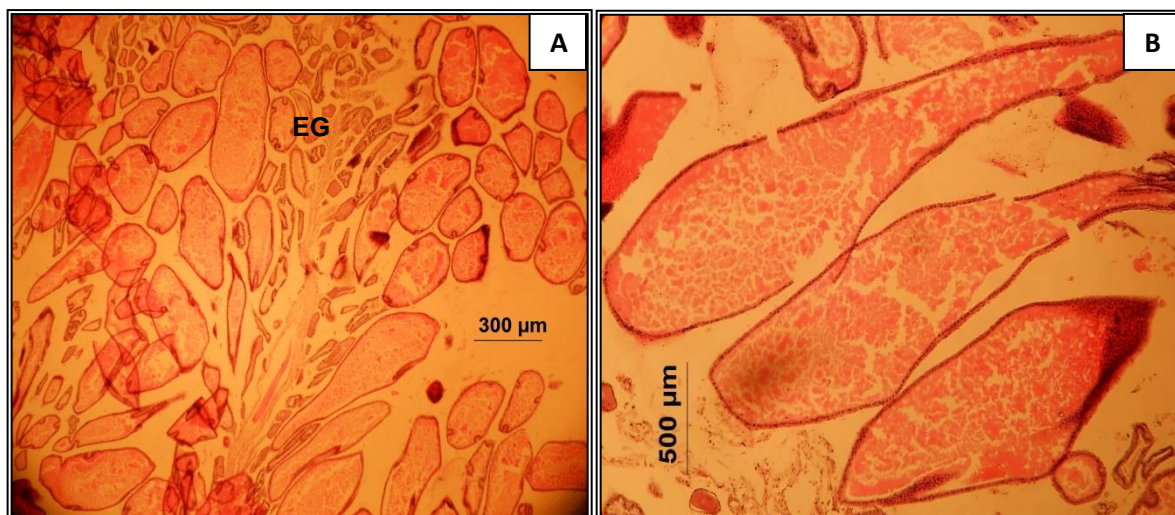


Figura 4. Cortes transversales de gónada madura de *Octopus hubbsorum*. A) Sección del ovario mostrando epitelio germinal (EG) con ovocitos en desarrollo de diferente tamaño, y B) ampliación de ovocitos en maduración de la misma gónada. Tinción Hematoxilina-Eosina. Laminillas: © Mariela Ramos & Daniela Jiménez, Foto: © Lorena Rocha.

El aparato reproductor de los machos de *O. hubbsorum* está compuesto por el testículo, el saco de Needham, también llamado saco espermatóforo y el pene (erróneamente llamado así porque no es un órgano intromitente) (Fig. 5, A). La coloración que presenta el testículo y el saco de Needham muestran un estadio de madurez avanzada, así mismo como la presencia de espermátóforos en el saco espermatóforo. Se muestra la estructura que ha sido modificada para el traspaso de espermátóforos (Fig. 5 B), llamada hectocotilo, el cual está presente en organismos de éste sexo, siendo éste un indicativo práctico en campo para la diferenciación de sexos.

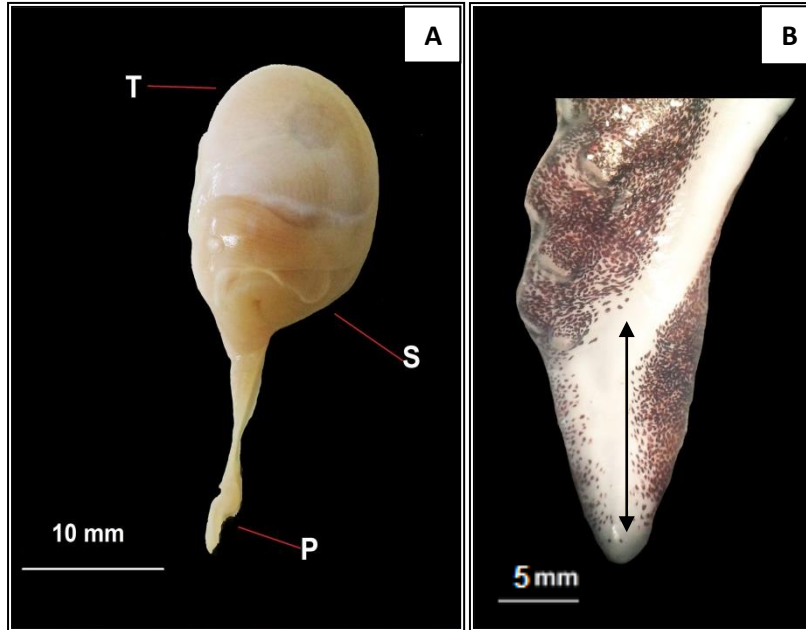


Figura 5. Fotografías del aparato reproductor de macho de *O. hubbsorum*, A) Gónada de macho (testículo (T), saco de Needham (S) y pene (P)), B) hectocotilo de un macho maduro (se muestra la lígula con flecha). Foto: © Lorena Rocha.

Los espermátóforos se componen principalmente de una masa espermática (Fig. 6 C, línea azul) y una cubierta que lo rodea en su totalidad adquiriendo una forma cilíndrica. Internamente está provisto de espermatozoides empaquetados lo que da forma a una visible hélice blanquizca (masa espermática; Fig. 6, A y C). De igual manera, en los machos se puede determinar la madurez microscópicamente mediante cortes histológicos, donde se muestran características de este estadio, como lo es el empaquetamiento de espermatozoides (Fig. 7).

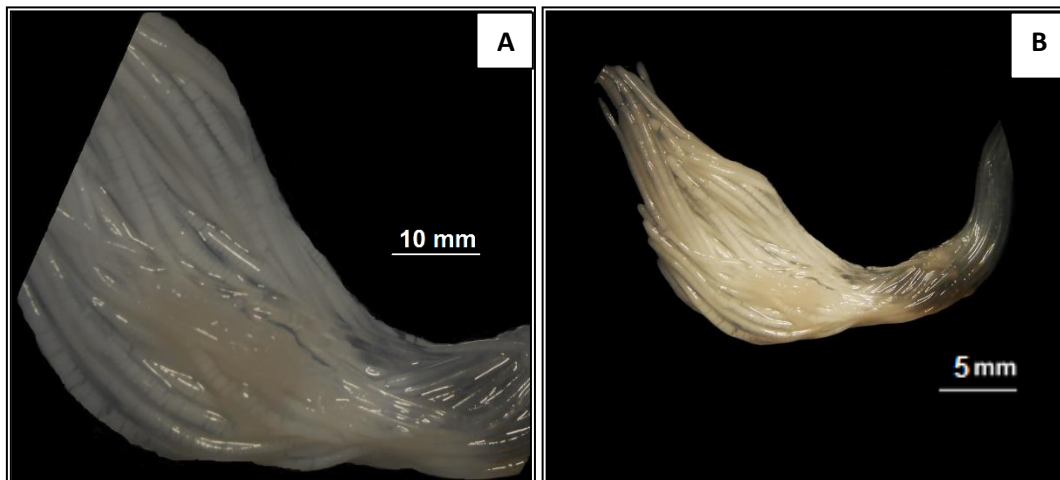




Figura 6. Fotografías de espermatóforos extraídos del saco de Needham de un ejemplar maduro a diferente objetivo óptico, A) y B) paquete de espermatóforos mostrándose hélice de espermatozoides, y C) masa espermática (línea azul). Foto: © Lorena Rocha.

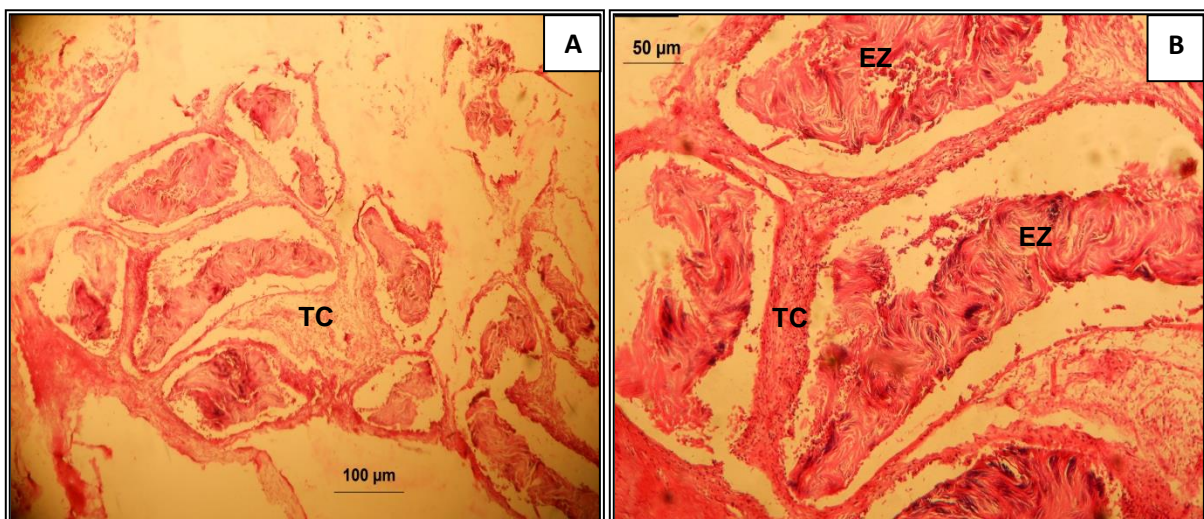


Figura 7. Cortes transversales de un espermatóforo maduro de *Octopus hubbsorum* A) sección del espermatóforo, y B) ampliación del empaquetamiento de espermatozoides (EZ), mostrando tejido conectivo (TC). Tinción Hematoxilina-Eosina. Laminillas: © Mariela Ramos & Daniela Jiménez, Foto: © Lorena Rocha.

Posterior a la fecundación, los huevos son colocados de uno en uno sobre el substrato del fondo, y/o en grietas, unidos por una substancia producida por las glándulas oviductales que sirve de pegamento, de tal forma que cada festón da la apariencia de un racimo de uvas (Fig. 8), a este también se le denomina cordón de huevos.

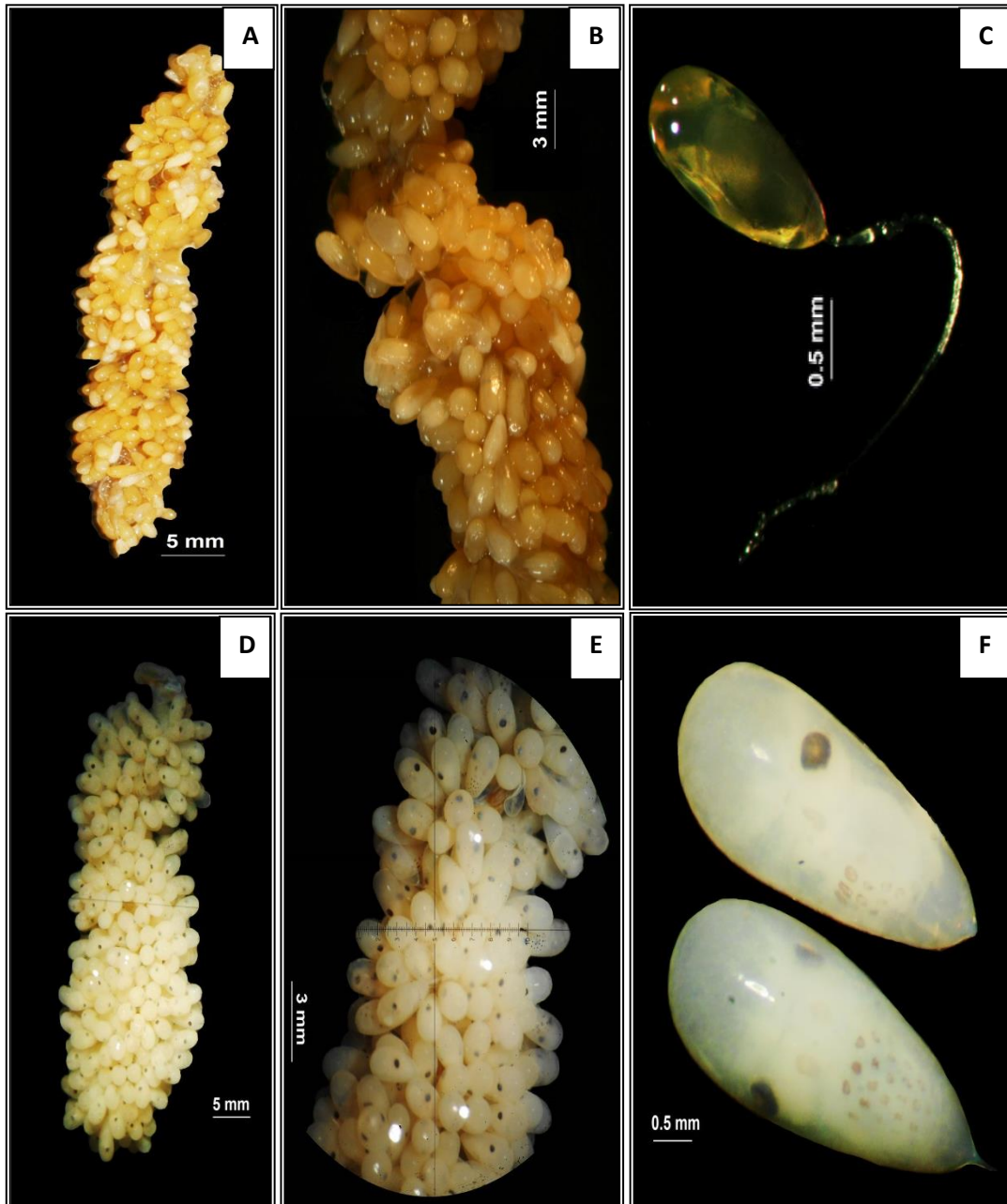


Figura 8. Fotografías de huevos de *O. hubbsorum* en etapa inicial y avanzada, A) y B) Festón de huevos recién depositados a diferente objetivo óptico, C) huevo recién puesto, extraído del festón, D) y E) Festón de embriones en estadio avanzado (estadio XVIII, Naef 1928) a diferente objetivo óptico, y F) embriones desprendidos del festón, en estadio avanzado. Obtención de muestras: © M. del Carmen Alejo-Plata, Foto: © Rubén García-Guillen y Lorena Rocha.



Una peculiaridad que presentan los octópodos es que los machos maduran a menor talla y peso que las hembras. (Cortez *et al.* 1995, Hernández-García *et al.* 2002, Silva *et al.* 2002, Cardoso *et al.* 2004, Boyle & Rodhouse 2005, Rodríguez-Rúa *et al.* 2005, López-Uriarte 2007, Otero *et al.* 2007, Castellanos-Martínez 2008). Esta especie vive aproximadamente 10 meses, sin embargo, las hembras pueden alcanzar una longevidad de 15 meses (López-Uriarte 2006).

O. hubbsorum es una especie béntica que presenta cuidado parental, ya que protege y limpia los huevos durante la incubación (López-Uriarte 2006). Así mismo presenta estadios de paralarva, a diferencia de otras que tienen un desarrollo directo. Habita sustratos rocosos y arenosos de las zonas inter y submareal hasta los 30 metros de profundidad (Pliego-Cárdenas *et al.* 2011) Son depredadores oportunistas, que se distinguen por ser carnívoros macrófagos utilizando los brazos para capturar a sus presas, algunas veces tan grandes como ellos. Se alimentan principalmente de crustáceos decápodos, moluscos y peces, aunque también se ha reportado que bivalvos de la familia Carditidae son comunes en su dieta. López-Uriarte (2006) menciona que las hembras se alimentan principalmente de moluscos mientras que los machos lo hacen de crustáceos.

b) Distribución geográfica

La distribución geográfica de *O. hubbsorum* ha ido ampliándose desde la identificación por Berry (1953) que la limitaba al Golfo de California hasta su distribución actual, que abarca desde Bahía Magdalena al oeste de la península de Baja California, hasta Salina Cruz, Oaxaca (Domínguez-Contreras *et al.* 2013) (Fig. 9), pero posiblemente también se encuentre distribuida hacia Centroamérica (López-Uriarte *et al.* 2005a).



Figura 9. Distribución geográfica del pulpo *O. hubbsorum* en el litoral mexicano [(región sombreada; modificado de López-Uriarte 2006)].

c) Pesca artesanal

En la costa de Oaxaca, es bien conocida la pesca ribereña, la cual es una actividad que en su mayoría aporta el sustento a los pescadores locales; dicha pesca se basa en la captura de organismos bentónicos y pelágicos, se lleva a cabo en embarcaciones de fibra de vidrio, con 7m de eslora, y un motor fuera de borda de 60 Hp.

En la zona de estudio se encuentran operando un total de 24 embarcaciones dedicadas a la captura de organismos bentónicos, llevando a bordo de 2 a 6 buzos “de apnea”. Solo 15 embarcaciones cuentan con permiso para extraer pulpo, todas al Este de Puerto Ángel, Oaxaca (comunicación personal: pescador). Además existen pescadores furtivos que capturan todo el año utilizando compresor a bordo, logrando capturar una mayor cantidad de organismos y a una mayor profundidad que el resto de los pescadores. La jornada de captura de pulpo dura aproximadamente 6 horas diarias, comenzando de las 9:00 a.m a 3:00 p.m, arribando en las tres zonas de desembarque: San Agustiniillo-Mazunte, Puerto Ángel y Bahías de Huatulco (Sánchez-Cruz 2006).

La pesca de pulpo en el área es selectiva porque se elige el tamaño del octópodo, y del mismo modo es capturado con un arte de pesca de tipo artesanal utilizada



exclusivamente para organismos bentónicos (Fig. 10), los pescadores utilizan el “gancho” mediante buceo libre o semi-autónomo (en caso de utilizar el compresor); dicho gancho es una varilla de hierro de 60 a 80 cm de largo y en uno de sus extremos posee un anzuelo, que es la parte con la que se penetra al organismo (Sánchez-Cruz 2006). Este método ya ha sido criticado y prohibido en algunas regiones por la selectividad de la presa debido a que el pescador busca los individuos de mayor talla (Guerra-Sierra & Pérez-Gandaras 1983) y de fácil acceso, por lo que las hembras encuevadas son presa fácil, por eso es que esta actividad es manejada de manera negativa al impedir indirectamente la eclosión de las paralarvas.

Así mismo se trata de una captura multiespecífica porque capturan otros organismos como los moluscos bivalvos tal es el caso del ostión (*Saccostrea palmula*), el callo margarita (*Spondylus princeps*) y gasterópodos con predominancia por el caracol calavera (*Malea ringens*), y algunos crustáceos decápodos como las langostas verde (*Panulirus gracilis*) y espinosa (*Panulirus inflatus*) (Sánchez-Cruz 2006).

Cuando la captura de pulpo es considerable el producto es distribuido a otras zonas de consumo, como el estado de México y Guerrero entre otros, donde tiene una fuerte demanda, y es bien sostenida al ser transportados 200 kg diarios a éstas zonas (información de intermediarios-compradores).



Figura 10. Fotografías del arte de pesca y organismo capturado en Puerto Ángel, Oaxaca: A) Pescadores mostrando el “gancho”, y B) pescador sosteniendo ejemplar de *O. hubbsorum* en la zona de desembarque. Foto: © Lorena Rocha.



Figura 11. Fotografías de las embarcaciones en zonas de desembarque. A) Zona de desembarque “La Dársena”, en las bahías de Huatulco y B) lanchas en la zona de desembarque de Puerto Ángel, en algunas de ellas se muestra el compresor encubierto que llevan abordo. Foto: © Lorena Rocha.

2. ANTECEDENTES

A pesar de la importancia económica que muestran los octópodos en el Pacífico mexicano, los aspectos biológicos, ecológicos y pesqueros de *Octopus hubbsorum* son escasos.

En el Pacífico mexicano se reporta en 24 localidades costeras, desde el Golfo de California hasta Salina Cruz, Oaxaca, pero posiblemente también se encuentra al sur de las costas mexicanas y en Centroamérica (López-Uriarte *et al.* 2005a). Recientemente Domínguez-Contreras *et al.* (2013) reportan a *O. hubbsorum* en Bahía Magdalena, al oeste de la península de Baja California, ampliando su distribución septentrional, así mismo presentan su tamaño máximo reportado, encontrando así los mayores valores de talla y peso reportados seguidos por los especímenes de la costa de Jalisco.

La abundancia relativa y preferencias alimenticias de *O. hubbsorum* fueron determinadas en Bahía de Cuestecomates, Jalisco, encontrando diferencias de abundancias entre sexos, así mismo registra un mayor porcentaje de aparición de ocho especies de bivalvos y dos de gasterópodos (López-Uriarte 2006).

En el sur del Golfo de California *O. hubbsorum* es considerado una especie anual, de rápido crecimiento, que puede llegar a vivir 14 meses; presenta precocidad en la reproducción, con una talla de madurez poblacional (LM₅₀) de 490 y 390 mm de LM para



hembras y machos respectivamente (Pliego-Cárdenas *et al.* 2011). Para la región sur del Golfo de California la temporada de desove depende de cambios ambientales y de la presión pesquera. Pliego-Cárdenas *et al.* (2011) reportan 205,144 ovocitos por hembra y para la costa de Jalisco López-Uriarte (2006) estimó una fecundidad promedio de 172,046 ovocitos por hembras.

Con el fin de evaluar el crecimiento de los ovocitos de *O. hubbsorum*, mediante preparaciones histológicas, Bravo-Olivas (2008) realizó un estudio en el parque nacional “Bahía de Loreto” Golfo de California, sobre aspectos reproductivos, en el cual obtuvo un área promedio de 38.19 mm² (± 1.49) en los ovocitos, encontrando notables fluctuaciones mensuales a través del ciclo. Aunado a esto Alejo-Plata & Herrera (Publicación en revisión) describen los estadios tempranos para la especie.

López-Galán & Alejo-Plata (2012) evaluaron la forma de estiletes de *O. hubbsorum* en Puerto Ángel, Oaxaca, mediante descriptores elípticos de Fourier, y lo relacionaron con las biometrías de los organismos (LT, LM, PT), encontrando que el peso total es la biometría más relacionada con la reconstrucción del contorno en estiletes, indicando que organismos de mayor tamaño presentarán estructuras más largas y gruesas.

En el Pacífico centro, López-Uriarte (2006) estudió aspectos sobre la reproducción, el crecimiento, y la dinámica pesquera de *O. hubbsorum* en la costa de Jalisco; menciona una talla de madurez de 50.6 cm LM para hembras y de 30 cm LM para los machos, señala que las hembras fueron mayores en peso y talla durante la época de reproducción. Así mismo realizó un estudio sobre la dieta y hábitos alimenticios.

Alejo-Plata *et al.* (2002b) reportan a *O. hubbsorum* como la especie que sostiene la pesquería artesanal de pulpo en la costa de Oaxaca; por su parte Sánchez-Cruz (2006) describe la pesca artesanal para la especie. Alejo-Plata *et al.* (2009) realizaron un estudio sobre la reproducción, dieta y pesquería de *O. hubbsorum* capturado en la costa de Oaxaca, obteniendo una talla de primera madurez (LM₅₀) de 16 y 14 cm de LM de hembras y machos respectivamente, el esfuerzo de pesca es relacionado con las características oceanográficas y condiciones atmosféricas de la zona, obteniendo que en los meses de marzo y octubre capturan mayores cantidades. Así mismo Sánchez *et al.* (2003) mencionan una íntima relación de las capturas máximas (marzo a julio) con los incrementos en la temperatura superficial del mar (TSM), observando también la ocurrencia de hembras maduras durante marzo y abril en concordancia con altos valores de temperatura.



3. JUSTIFICACIÓN

Los conocimientos biológicos del recurso como la reproducción, talla de madurez y mortalidad, son parámetros importantes que proporcionan información básica sobre el desarrollo de una pesquería, así como la generación de bases para cultivos acuícolas. Debido a la creciente importancia comercial del pulpo, es fundamental conocer la dinámica poblacional que presenta, por lo que considerando el número de estudios de *O. hubbsorum* que se han realizado en el Pacífico mexicano, surge el primer trabajo para la región sobre fecundidad, estructura de tallas y talla de primera madurez de la costa de Oaxaca; esto se planteó con la finalidad de que al estudiar dichos aspectos de la especie generará nuevo conocimiento reproductivo, y ayudará al sector gubernamental a normar su pesquería, con bases científicas y técnicas de pesca, en beneficio a los pescadores ribereños y al manejo adecuado del recurso.

4. HIPÓTESIS

Tomando como referencia los registros de la estructura de tallas, el potencial reproductivo y la talla de primera madurez de los estudios realizados con *O. Hubbsorum* en las costas del norte y centro del Pacífico mexicano, se espera encontrar que dichos aspectos no presenten diferencias significativas con respecto a los organismos de la costa de Oaxaca.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Estimar la fecundidad, la talla de primera madurez, así como otros aspectos biológicos que caracterizan a *Octopus hubbsorum* en la costa de Oaxaca, México, en el periodo febrero del 2011 a mayo del 2012.



5.2 Objetivos particulares

- Describir la estructura de tallas para la población.
- Estimar la proporción de sexos mensual y total.
- Determinar la relación talla-peso para cada sexo y la población.
- Estimar el potencial reproductivo para cada sexo.
- Estimar la talla de primera madurez para cada sexo.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio

Se sitúa en el litoral del Pacífico, en la zona costera comprendida entre la Bahía de Puerto Ángel (15°40'8" N, 96° 29' W) y Bahías de Huatulco (15°45'42.7" N, 96°07'53.01" W), Oaxaca. Presenta un clima tropical subhúmedo y un intervalo de temperatura mínima anual de entre 26 y 28°C que varía de acuerdo a las dos épocas climáticas: estiaje (noviembre-abril) y lluvias (mayo-octubre; INEGI 2003).

La zona de Puerto Ángel pertenece a la región hidrológica 21 de la Costa de Oaxaca, posee tres cuencas hidrológicas, de las cuales el río Copalita es la más grande e importante por su extensión (la superficie de la cuenca es de 153,249.9 hectáreas) y por el aporte de aguas continentales, y se localiza en una zona topográficamente abrupta, a ésta corresponden las subcuencas del río San Pedro Pochutla y río Tonameca. La red hidrográfica del área se compone de escurrimientos que tienen su origen en las partes altas del norte y su desarrollo es perpendicular a la costa. El río Tonameca lleva agua todo el año pero con poco gasto en la época de estiaje, sin embargo descarga volúmenes importantes en lluvias (Barton *et al.* 1993).



Las características propias del área de estudio están determinadas por los amplios intervalos de temperatura registrados por la influencia de surgencias (en época de secas) provocando cambios en la temperatura superficial, densidad, salinidad y la circulación oceanográfica local del agua (Roden 1962, Trasviña & Bartón 1997). Dentro de los factores que tienen mayor influencia sobre las características de la zona son los vientos llamados “Tehuano” y las surgencias. Los primeros tienen influencia de octubre a marzo por los vientos del Norte. Las temperaturas superficiales del mar son bajas cuando las velocidades del viento son altas, debido a que se produce una difusión de agua fría a áreas adyacentes (Roden 1961); la presencia de tales episodios se refleja en las aguas relativamente frías del Golfo de Tehuantepec, responsable en gran medida de la alta productividad de la región (Lavin *et al.* 1992). Con la presencia de los Tehuanos dominan salinidades de entre 33.3 y 34 ups.

Esta área se localiza en la zona de influencia de la primera línea matriz generadora de huracanes, que corresponde al Golfo de Tehuantepec la cual se activa en la última semana de mayo marcando el inicio de temporada de lluvias (INEGI 1998), durante la cual, los vientos Tehuanos son débiles y soplan en dirección oriental, provocando una variación de temperatura de 28 a 30°C en la zona oceánica y en la zona costera de hasta 35°C, presentando una elevada dinámica de los vientos lo cual origina un flujo en las corrientes que pueden afectar la columna de agua hasta los 20 m (Roden 1961, Trasviña *et al.* 1999).

La región se encuentra influenciada por tres corrientes oceánicas: la Corriente Costera de Costa Rica, la Corriente de California, la cual fluye hacia el sur y acarrea agua fría con baja salinidad, a partir de ésta se alimenta la Contra Corriente Ecuatorial del Norte que fluye hacia el oeste; y por último afecta la Contra Corriente Ecuatorial que fluye hacia el este y trae agua caliente con elevada salinidad (Fiedler 1962, Badan 1997). En esta zona existen tres tipos de agua; el agua tropical superficial que se caracteriza por presentar temperaturas mayores a 25°C y 34 ups, agua subtropical superficial transportada por la Corriente de Costa Rica con 15 a 28°C y 33-36 ups y aguas de la Corriente de California con temperaturas de 12 a 18°C y salinidades de 24 ups (Wyrski 1965, Trasviña & Barton 1997).

La influencia que tienen dichas corrientes sobre esta zona cambia en el transcurso del año; durante agosto a diciembre la Contra Corriente Norecuatorial y la Corriente Costera de Costa Rica se extienden hasta la boca del Golfo de California, mientras que la Corriente de California se encuentra a los 25°N y gira alimentando a la Corriente Norecuatorial. En enero la Contra Corriente Norecuatorial se debilita y la Corriente de California se intensifica extendiéndose hacia el sur (Molina-Cruz & Martínez-López 1994).



Puerto Ángel y la zona aledaña forma parte de la región prioritaria de biodiversidad costera # 35, perteneciente a la provincia Panámica, cuyo fondo marino posee cañones submarinos, una plataforma continental muy angosta de entre 10 y 15 km de amplitud y cuya ladera oceánica, describe una banda topográfica irregular, suavemente ondulada (Aguilar-Sierra *et al.* 1998).

6.2 Trabajo de campo

Se ubicaron 10 sitios de captura de este a oeste: Bahía Conejos, El Bufadero, Bahía Salchi, Pacheco, Boquilla, Estacahuite, Puerto Ángel, El Faro, San Agustinillo, y Mazunte (Fig. 12).

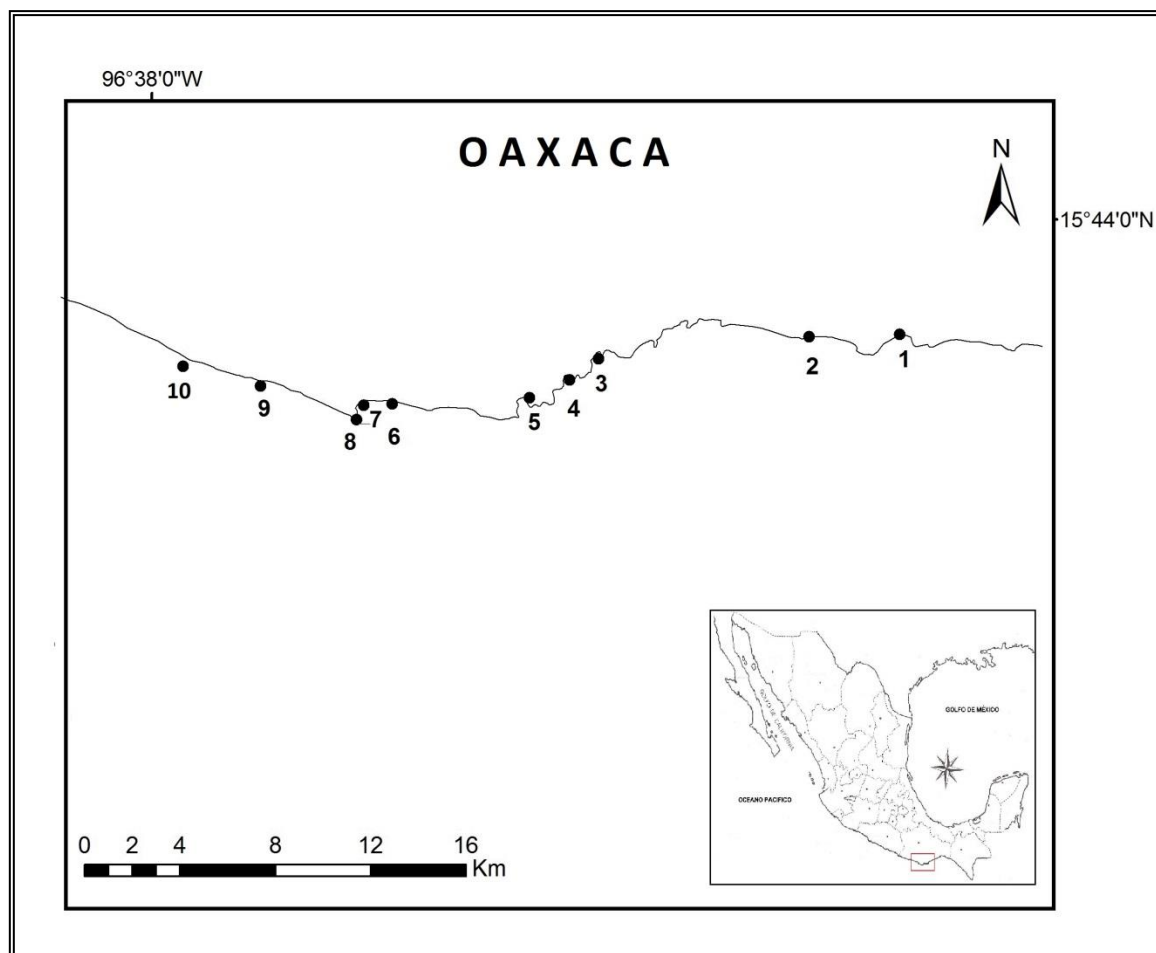


Figura 12. Áreas de estudio: 1) Bahía Conejos, 2) El Bufadero, 3) Bahía Salchi, 4) Pacheco, 5) Boquilla, 6) Estacahuite, 7) Puerto Ángel, 8) El Faro, 9) San Agustinillo, y 10) Mazunte



Durante el periodo febrero de 2011 a mayo de 2012 se realizaron muestreos una vez por semana en los lugares de desembarco de Puerto Ángel. Mediante las capturas de los pescadores se recolectaron 11 organismos como mínimo por semana, ya que los muestreos semanales variaban con base a las capturas de los buzos, obteniendo una muestra total de 744 organismos durante todo el ciclo, los cuales fueron trasladados al laboratorio de Ecología del Bentos de la Universidad del Mar, *Campus* Puerto Ángel. Los ejemplares fueron examinados e identificados usando las claves taxonómicas de Hochberg (1980) y Roper *et al.* (1995), junto con la descripción original de Berry (1953).

Se realizaron morfometrías de cada organismo: longitud total (LT, cm), y longitud del manto (LM, cm) utilizando una cinta métrica flexible al 0.5 cm más cercano (Fig. 13); se registró el peso total del organismo (PT, g), con una balanza digital portable OHAUS sc 2000, con precisión ± 0.1 g. El sexo se determinó por el dimorfismo sexual del brazo derecho del tercer par que se encuentra hectocotilizado en machos (Roper *et al.* 1995); en los casos en que dicho brazo se presentó mutilado, el sexo se determinó por observación directa de la gónada.

Se recolectaron gónadas de hembras y machos maduros (estadios IV y III-IV respectivamente) y se preservaron en formaldehído al 10% neutralizado con borato de sodio. Para determinar las posibles diferencias en talla entre machos y hembras se aplicó una prueba *t*-Student, así mismo se analizaron las diferencias en relación a los meses de muestreo. Las pruebas de distribución (*t*) se hicieron con un nivel de significancia del $\alpha=0.05$, utilizando el programa Statistica V.8 (Statsoft Inc. 2007).

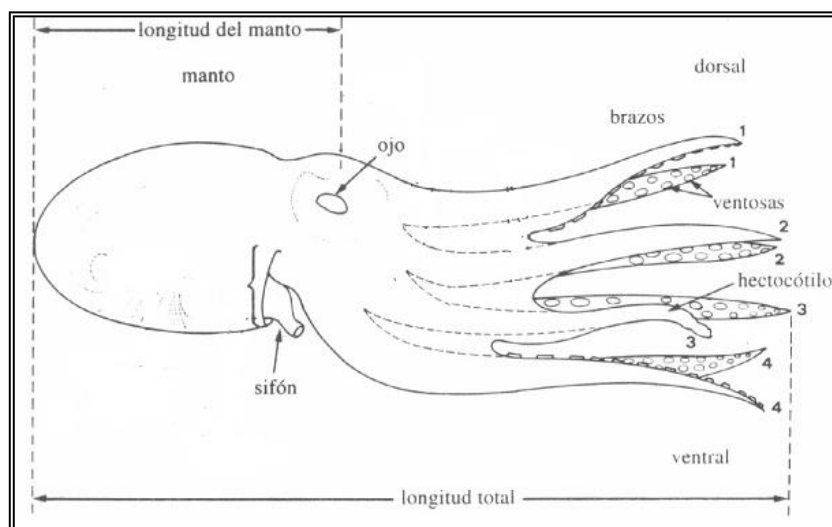


Figura 13. Morfometrías tomadas de un macho de *O. hubbsorum* en vista lateral (tomado de Roper *et al.* 1995).



6.3 Trabajo de laboratorio y gabinete

6.3.1 Criterio de clasificación gonádica

La categorización de las gónadas se realizó utilizando la clasificación macroscópica con base a la escala de Sánchez & Obarti (1993) modificados por Quetglas *et al.* (1998), y por la escala microscópica de Rodríguez-Rúa *et al.* (2005) en conjunto con la de Olivares-Paz *et al.* (2001).

Machos:

- I) Inmaduro: los tubos seminíferos están bien definidos pero son pequeños, así mismo se presentan espermatogónias en las paredes de los tubos seminíferos; macroscópicamente: órgano espermatofórico transparente.
- II) Maduración: espermatogónias, espermatocitos, espermatidas y unos pocos espermatozoides están presentes en los tubos seminíferos; macroscópicamente: órgano espermatofórico con espermatóforos, los cuales presentan un filamento espiral.
- III) Maduro: los tubos seminíferos son largos, no hay espacios vacíos entre células, hay abundantes células espermatidas y espermatozoides en el centro del lumen, comienzan a empaquetarse los espermatozoides; macroscópicamente: saco espermatofórico con espermatóforos.
- IV) Desovados: se observan espacios vacíos, indicativo de que los espermatozoides han sido expulsados del testículo y han sido empaquetados en espermatóforos que son transportados al saco de Needham; macroscópicamente: saco espermatofórico flácido con espermatóforos remanentes.

Hembras:

- I) Inmadura: están presentes algunas oogonias y ovocitos; macroscópicamente: ovario blanquecino muy pequeño.
- II) Maduración: una doble capa de células foliculares rodea el ovocito. La capa interior se compone de células cuboidales y el exterior de células planas. En unos pocos ovocitos las células foliculares han formado un sincitio; la primera producción de glóbulos de vitelo ha comenzado; macroscópicamente: ovario color crema-amarillo tenue con estructuras granulares.



- III) Madura: hay un gran aumento en el diámetro de los ovocitos, los pliegues del sincitio folicular son activados en la vitelogénesis y formación del corión; macroscópicamente: ovario grande con ovocitos color crema.
- IV) Predesove: el citoplasma está lleno de gránulos de vitelo; y los ovocitos cubiertos en su totalidad por el corión; macroscópicamente: ovario muy grande con abundantes ovocitos color amarillo formados en su totalidad.
- V) Desove: ovocitos maduros y completamente bien definidos listos para ser ovulados.
- VI) Post-desove: toma lugar la degeneración del sincitio folicular; macroscópicamente: ovario flácido y pequeño.

6.3.2 Fecundidad

La fecundidad se define como el número de ovocitos maduros encontrados en el ovario de la hembra justo antes del desove (Bagenal 1978). Existen tres formas de cuantificar la fecundidad, la primera es mediante la fecundidad absoluta, que se refiere al número total de ovocitos encontrados en el ovario, la segunda es mediante la fecundidad relativa que se obtiene del número de ovocitos sobre la unidad de peso de la hembra; y la tercera, es la fecundidad poblacional, que es la suma de las fecundidades absolutas y relativas, o bien, el número de ovocitos desovados en una temporada.

Se estimó la fecundidad de gónadas en estadio IV. La gónada y los oviductos se pesaron por separado con una balanza digital OHAUS con una precisión de ± 0.1 g. Se utilizó un dispositivo elaborado con malla para zooplancton, de 0.01 mm de luz de malla (Fig. 14), con el fin de eliminar excedentes de líquido que pudiera estar afectando el peso de la muestra. De cada muestra se obtuvieron tres submuestras de ovocitos de 0.025 g con una balanza analítica OHAUS E12040 con una precisión de ± 0.1 mg, los cuales se colocaran en alcohol al 96% con glicerina, para evitar su deshidratación. Con un microscopio estereoscópico Carl ZEISS-Stemi SV11 se hizo el conteo del número de ovocitos presentes en cada submuestra. La producción de ovocitos se estimó por el cálculo de Love & Johnson (1998):

$$\text{Producción de ovocitos} = PG * \frac{NHP}{PH}$$



dónde:

PG = peso total de la gónada.

NHP = promedio de ovocitos de la submuestra.

PH = peso de la submuestra.

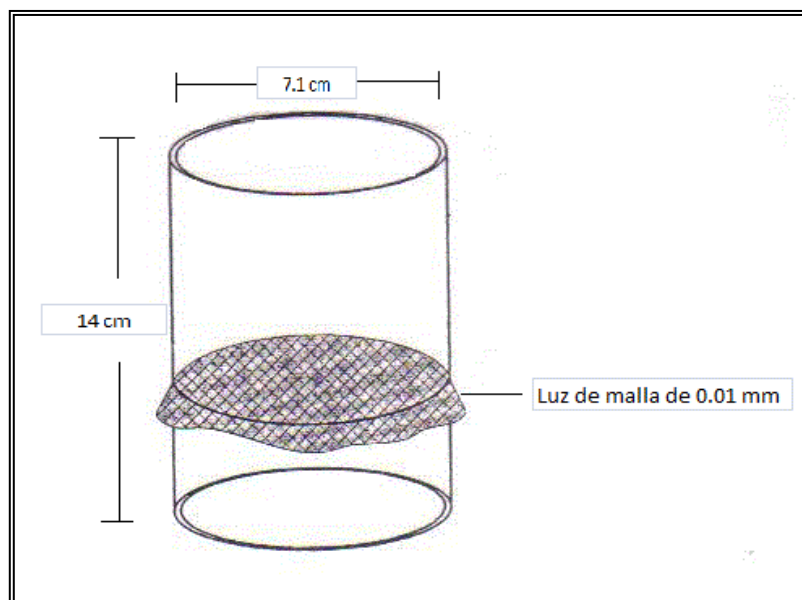


Figura 14. Dispositivo elaborado de pvc para separación de ovocitos (tomado de Lowerre-Barbieri & Barbieri 1993).

Las relaciones gravimétricas de los pesos corporales y el potencial reproductivo de los ejemplares se examinaron utilizando modelos de regresión lineal.

6.3.3 Fecundidad real

Se estimó por método indirecto la fecundidad real mediante un cordón de huevos; se pesó completo utilizando una balanza digital OHAUS con una precisión de ± 0.1 g, así mismo se midió el festón mediante un Vernier Mitutoyo Absolute Digimatic con una exactitud de ± 0.02 mm, y se tomaron tres submuestras, una en cada región del festón (superior, media, e inferior), cada submuestra contenía 15 huevos, se pesaron por separado, y se extrapoló al número aproximado de paralarvas que eclosionan por puesta.



6.3.4 Tamaño de ovocitos

Se analizó el tamaño de los ovocitos mediante el seguimiento del diámetro promedio mensual de los mismos. De cada una de las submuestras se midieron 60 ovocitos, de los cuales se obtuvieron tres mediciones de cada uno: A) longitud, que abarcó de la parte distal a la proximal del inicio del corion, B) diámetro, cuya medida se obtuvo de la parte más ancha del ovocito y C) longitud del cordón coriónico (Fig. 15). Los estimadores de densidad por Kernel (EDKs) se utilizaron para separar los grupos de ovocitos en función de su diámetro, utilizando las rutinas de Salgado-Ugarte *et al.* (1997).

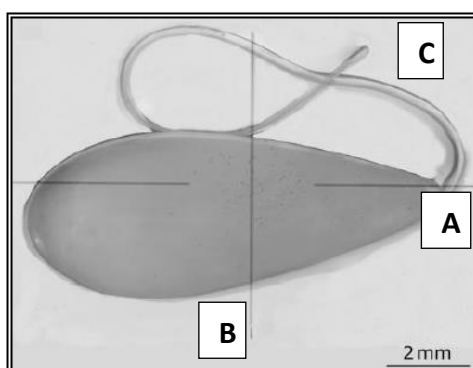


Figura 15. Esquema de ovocito, con las medidas utilizadas: A) longitud del ovocito, B) diámetro del ovocito, y C) longitud del cordón (modificado de Márquez *et al.*, 2006).

Para determinar las posibles diferencias en talla de los ovocitos respecto a los meses se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), utilizando un nivel de confianza del 95%.

6.3.5 Estimación del número de espermatozoides en machos maduros

El potencial reproductivo en machos se determinó con el número de espermatozoides por gramo de peso gonadal de cada organismo. Se obtuvieron gónadas de machos en estadios maduros (III y IV) de acuerdo Sánchez & Obarti (1993) y Rodríguez-Rúa *et al.* (2005), se pesó por separado el testículo y el saco de Needham con una balanza analítica OHAUS E12040 con una precisión de ± 0.1 mg. Del saco de Needham se extrajeron tres submuestras de 10 espermatozoides cada una, y se pesaron utilizando la misma balanza, los cuales se colocaron en alcohol al 96% con glicerina, para evitar su deshidratación.



Se obtuvieron dos medidas de cada uno: la longitud total del espermátforo (A) y del capo o masa espermática (B) sin desdoblar la hélice (Fig. 16), utilizando un Vernier con una precisión de $\pm 0.02\text{mm}$.

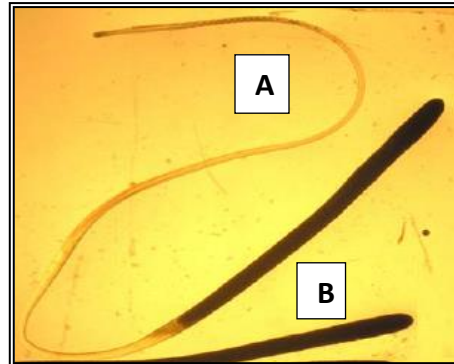


Figura 16. Esquema de espermátforo, mostrando las medidas: A) longitud total del espermátforo, y B) longitud del capo o masa espermática (tomado de Rodríguez-Marian 2011).

Las relaciones gravimétricas de los pesos corporales y el potencial reproductivo de los ejemplares se examinaron utilizando modelos de regresión lineal.

6.3.6 Proporción sexual

La proporción de sexos se calculó dividiendo el número total de hembras entre el número total de machos para determinar si se cumple la proporción de sexos de 1:1. Asumiendo que la muestra presenta una distribución normal se empleó el estadístico χ^2 que se define como:

$$X^2 = \frac{\sum (O - E)^2}{E}$$

donde:

O = proporción observada de hembras.

E = proporción esperada de hembras o machos.



6.3.7 Relación talla-peso

El tipo de crecimiento relativo que tiene un organismo a través del tiempo puede ser indicado por la relación entre su longitud total (LT) y peso, y dicha relación entre éstas variables está dada por una ecuación potencial (Salgado-Ugarte *et al.* 2005).

Para determinar el tipo de relación entre LT y peso se utilizó el análisis de regresión no lineal, y a los mínimos cuadrados como criterio de estimación (Ricker 1975).

$$P = aLT^b$$

donde:

LT= longitud total

b= pendiente o coeficiente de alometría

a= valor de la ordenada cuando x = 0

Así mismo para determinar posibles diferencias en las pendientes de la relación talla-peso por grupos (hembras y machos) y mancomunados se utilizó el análisis de los Residuales de la Suma de Cuadrados (ARSS) con un nivel de confianza del 95% (Haddon 2001).

$$F = \frac{\frac{Rssp - \sum Rssi}{m * (K - 1)}}{\frac{\sum Rssi}{N - (m * k)}}$$

$$gl_1 = m(k - 1)$$

$$gl_2 = N - (m * k)$$



donde:

Rssp= suma de cuadrados residuales mancomunado

Rssi= suma de cuadrados residuales de la función (machos+hembras)

m= número de paraámetros (a,b)

k= número de curvas a comparar (sin mancomunados)

N= numero de organismos en total

6.3.8 Estimadores de densidad por Kernel (EDKs)

Para la determinación de la distribución de frecuencia de tallas para ovocitos, se aplicaron los estimadores de densidad por Kernel (EDK) (Rosenblatt 1956):

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$$

donde:

$\hat{f}(x)$ = estimación de densidad de la variable x.

n = número de observaciones.

h = amplitud de banda (intervalo) o parámetro de suavización.

$K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$ = función kernel (una densidad de probabilidad suave, simétrica y que integra a la unidad).

En todos los casos se utilizó el ancho de banda óptimo de Silverman (1986):



$$\hat{h} = 0.79 (RIC) n^{-1/5}$$

donde:

\hat{h} = amplitud de banda estimada.

n = número de observaciones.

RIC = recorrido intercuartílico.

6.3.9 Evaluación de la multimodalidad

Es bien conocido el carácter multimodal de los datos de frecuencia de tallas en biología pesquera, lo cual por lo general indica varias distribuciones unimodales mezcladas, los EDKs proporcionan formas para probar y evaluar la multimodalidad. Para especificar el ancho de banda adecuado se aplicó la prueba de Silverman (1986), basada en un muestreo repetitivo con reemplazamiento (bootstrap) con las rutinas para Stata 12.0 (Stata Corporation 2003) propuestas por Salgado-Ugarte & Pérez-Hernández (2003) y Salgado-Ugarte *et al.* (2005). Esta prueba sugiere un ancho de intervalo resultante en un número de modas estadísticamente significativo en cada mes de muestreo. Los EDKs con la banda apropiada de cada mes se emplearon para determinar las clases de longitud y su distribución temporal de los ovocitos.

6.3.10 Talla (LM_{50}) de primera madurez

Las hembras se consideran sexualmente maduras cuando se presentan en el ovario ovocitos hidratados. En el caso de los machos, se consideran maduros solo si los espermátóforos están presentes en los ductos espermáticos. La longitud a la que el 50% de los pulpos se encuentren maduros (LM_{50}) será estimada para machos y hembras por separado, usando la función logística (Haddon 2001):



$$L_{50} = \frac{1}{1 + e^{-a(Li-b)}}$$

dónde

L_{50} = fracción de los pulpos maduros

Li = longitud del manto (LM)

Parámetros estimados aplicando la máxima verosimilitud (Haddon 2001):

a = pendiente de la curva que describe la tasa de cambio en Mf

$b = L_{50}$, la longitud al 50% de madurez sexual

$$-\ln \ell(a, b / L_{50}) = \sum_{i=1}^n \ln(DE_w) + \frac{\ln(2\pi)}{2} + \frac{w^2}{2DE_w^2}$$

dónde:

w = residuo de L_{50}

DE_w = desviación estándar de w

$$DE_w = \sqrt{\frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^n w^2}$$

m = número total de individuos de una línea de progresión modal.



7. RESULTADOS

7.1 Estructura de tallas

Durante el periodo de muestreo, se recolectaron un total de 744 organismos, 403 fueron machos, 301 hembras, y 40 no sexados debido a que eran organismos de compradores-intermediarios, lo que imposibilitó sexarlos. La distribución de tallas con respecto a la longitud total de la población (machos y hembras) de *Octopus hubbsorum* se mostró en un intervalo de 100 a 790 mm (Fig. 17).

Los machos tuvieron una talla mínima de 100 mm y una máxima de 775 mm, la talla promedio fue de 420.64 mm (± 96.78 d.s.). Para hembras se registró una talla mínima de 230 mm y una máxima de 790 mm, con una talla promedio de 463.81 mm (± 111.29 d.s.). Entre sexos, las hembras fueron significativamente mayores en talla (*t*-student: $t_{(-1.96)}$; $p = 0.0521$,) que los machos.

La variación mensual en talla para la población mostró diferencias significativas (ANOVA: $F_{(11, 378)} = 2.234$, $p = .01234$; Fig. 18). Los machos tuvieron su talla mínima en abril y junio (2011), y máxima en octubre y noviembre (2011), mientras que las hembras tuvieron su talla mínima en abril (2011-2012) y máxima en julio y octubre (2011).

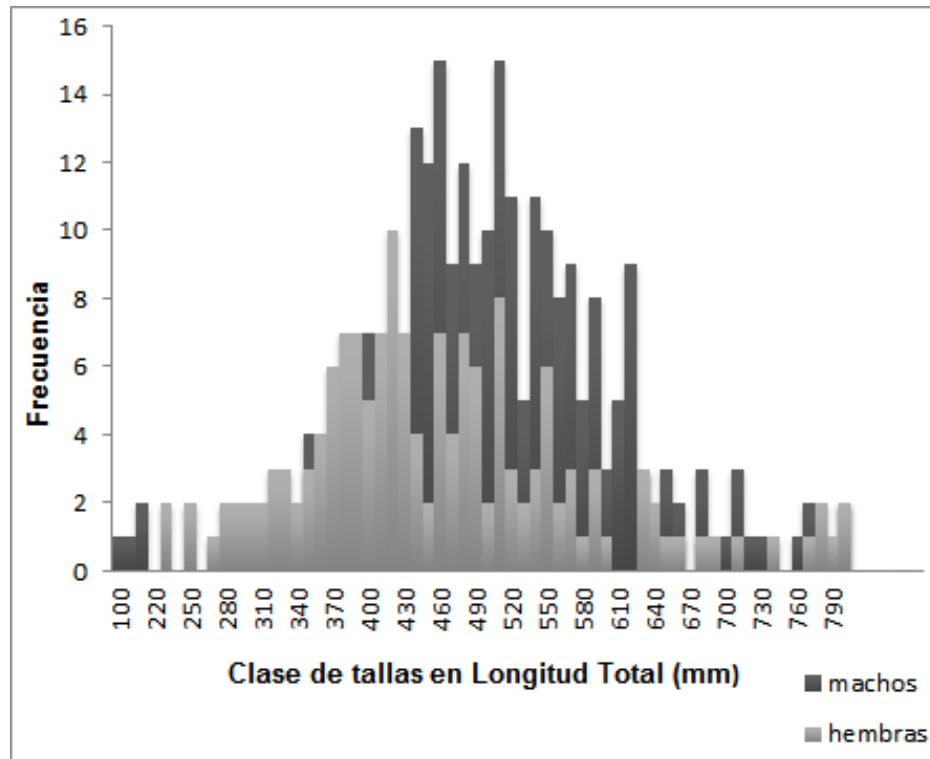


Figura 17. Estructura de tallas de machos y hembras de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca, durante febrero de 2011 a mayo de 2012.

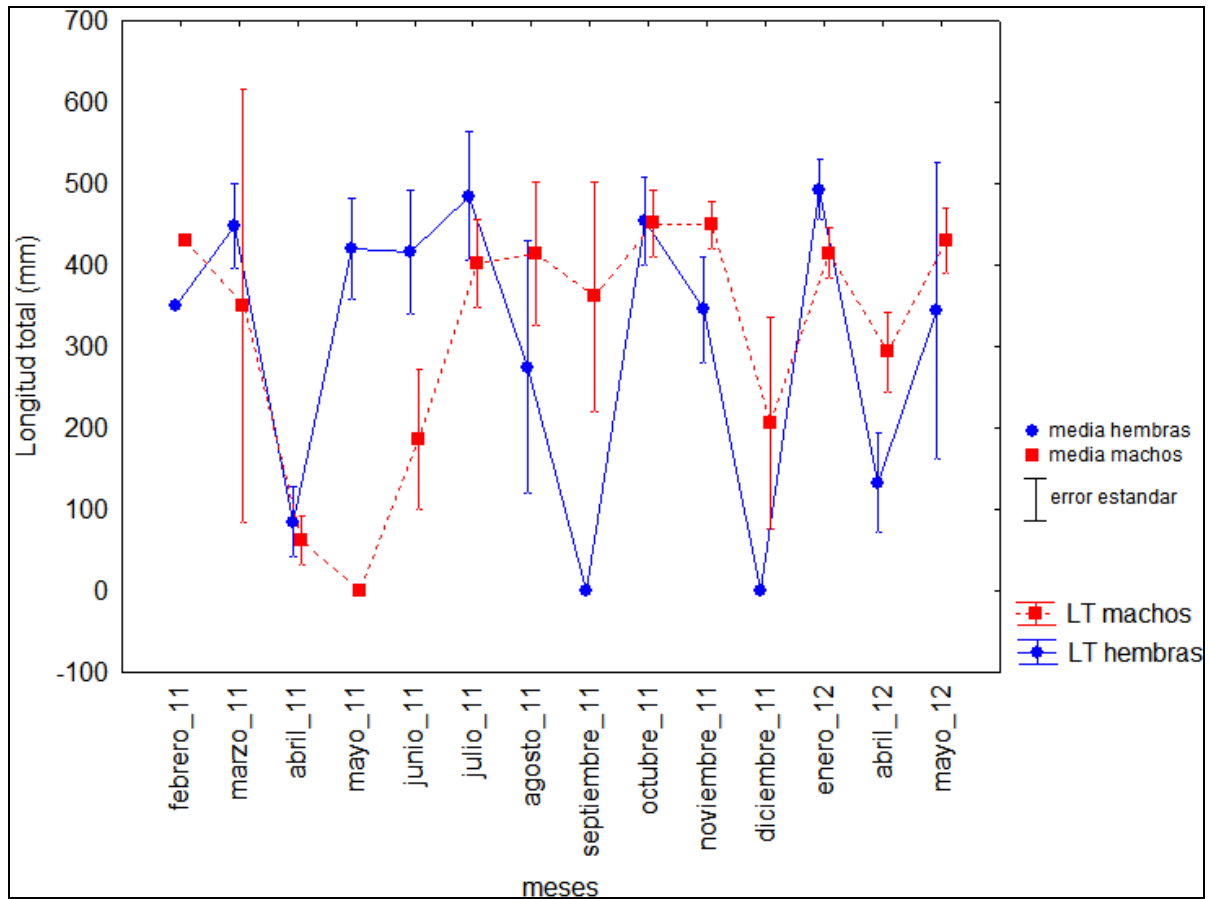


Figura 18. Valores medios mensuales de la longitud total para machos y hembras de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero de 2011 a mayo de 2012.

7.2 Proporción de sexos

La proporción de hembras sobre la de machos fue menor 0.46H:1M significativamente de la que se esperaba 1:1 ($X^2 = 15.61$, $p < 0.05$). En la tabla 1 se muestra la proporción sexual por mes durante el periodo de muestreo de la costa de Oaxaca. Adicionalmente se observaron diferencias en los meses de muestreo favoreciendo a los machos en la mayor parte del ciclo a excepción de diciembre de 2011 donde la proporción se inclinó sobre las hembras, y en febrero y marzo de 2012 donde no fue posible hacer muestreo de las capturas (Tabla 1, Fig. 19).



Tabla 1. Proporción sexual por mes de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero 2011 a mayo 2012.

Mes	No. organismos	No. Hembras	No. Machos	proporción Hembras	proporción Machos	X ² (mensual)	H/M
feb-11	6	3	3	0.500	0.500	0.167	0.50/1
Marzo	17	5	12	0.294	0.706	2.118	0.27/1
Abril	208	92	116	0.442	0.558	2.543	0.44/1
Mayo	24	10	14	0.417	0.583	0.375	0.39/1
Junio	53	24	29	0.453	0.547	0.302	0.45/1
Julio	23	7	16	0.304	0.696	2.783	0.30/1
Agosto	31	10	21	0.323	0.677	3.226	0.32/1
septiembre	9	4	5	0.444	0.556	0.000	0.44/1
Octubre	31	14	17	0.452	0.548	0.129	0.45/1
noviembre	75	34	41	0.453	0.547	0.480	0.45/1
Diciembre	19	14	5	0.737	0.263	3.368	0.66/1
ene-12	65	26	39	0.400	0.600	2.215	0.40/1
Febrero	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0/0
Marzo	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0/0
Abril	104	45	59	0.433	0.567	1.625	0.43/1
Mayo	39	13	26	0.333	0.667	3.692	0.33/1
TOTAL	704	301	403	0.428	0.572	14.490	

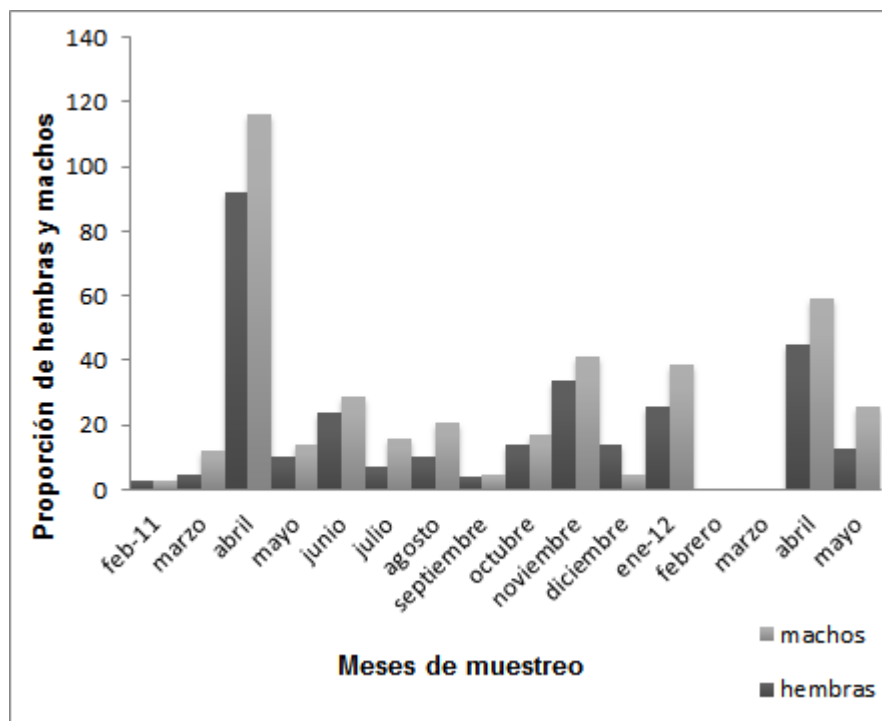


Figura 19. Variación mensual de la proporción de sexos de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero de 2011 a mayo de 2012.



7.3 Relación Talla-Peso

El análisis de la relación talla (LT) - peso (PT) se hizo por sexos y mancomunados, mostrando una tendencia no lineal de las variables. El modelo de regresión con mejor ajuste resultó ser el potencial: $y=a*x^b$ para ambos análisis. Para el caso de las hembras la ecuación que define la relación es $PT= 0.0494LT^{2.368}$, $R^2= 0.722$ ($p<0.05$). En los machos la expresión que define la relación es: $PT= 0.1708LT^{2.056}$, $R^2= 0.568$, ($p<0.05$). Se muestra la curva de ajuste para hembras y machos (Fig. 20 y 21). La expresión que define la relación para la población es $PT= 0.1085LT^{2.172}$, $R^2= 0.647$ ($p<0.05$) (Fig. 22).

La pendiente de la relación “ b ” siempre mostró valores menores a 3, lo que indica un crecimiento alométrico negativo, es decir que los organismos crecen proporcionalmente más en talla que en peso. El análisis de las pendientes mostró que para hembras y machos, así como para la población en general no existen diferencias significativas (Residuales de la Suma de Cuadrados: $F(2, 365; p=0.9930)=0.007$; Tabla 2).

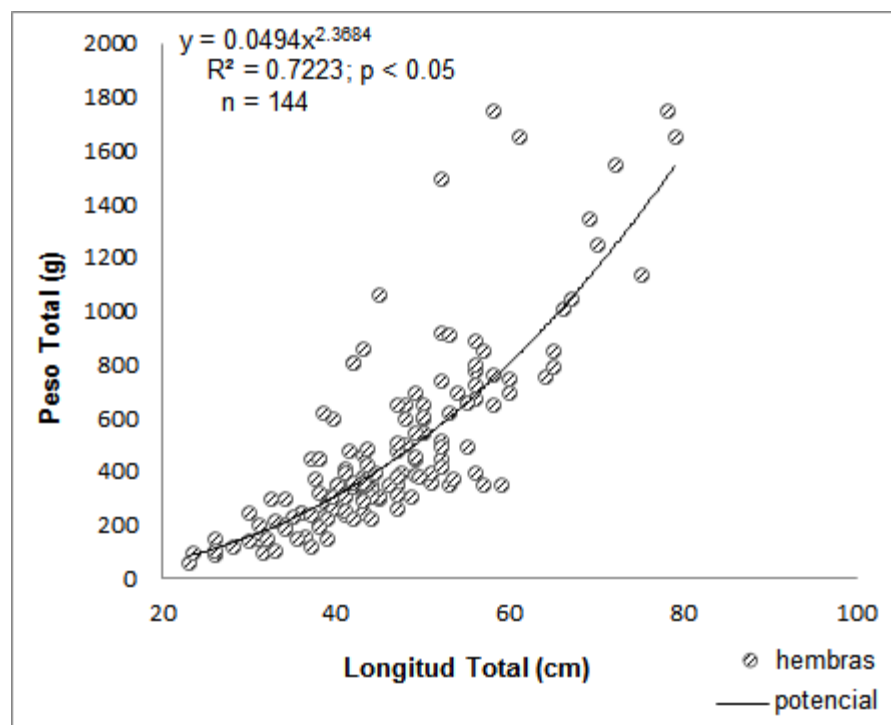


Figura 20. Relación entre el peso total y longitud total en hembras de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero de 2011 a mayo de 2012.

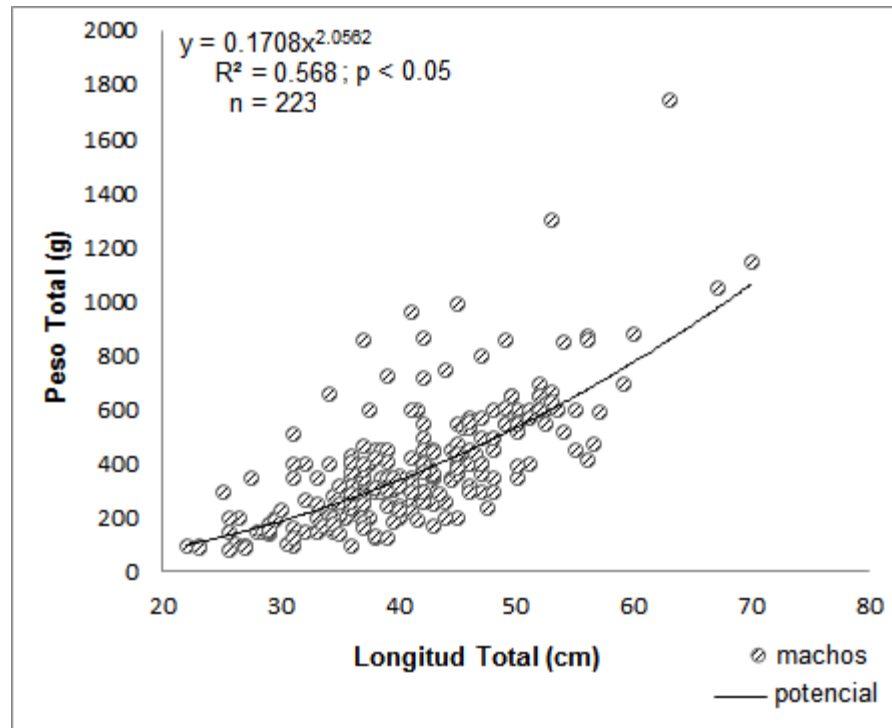


Figura 21. Relación entre el peso total y longitud total en machos de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero de 2011 a mayo de 2012.

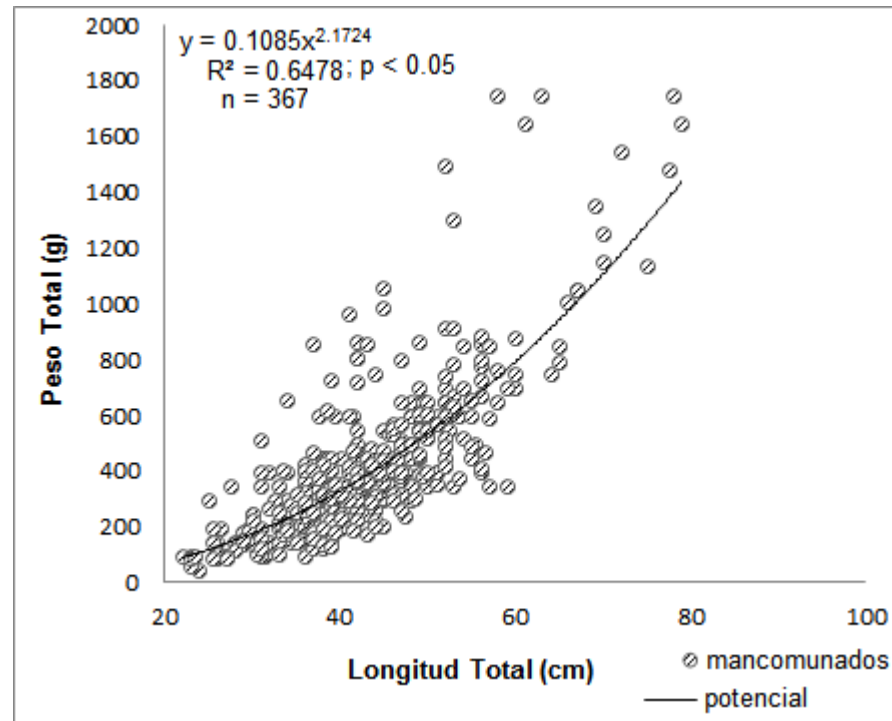


Figura 22. Relación entre el peso total y longitud total en machos y hembras de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero de 2011 a mayo de 2012.



Tabla 2. Tipo de alometría estimada mediante el análisis de los Residuales de la Suma de Cuadrados para *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero de 2011 a mayo de 2012. * a=intercepto; b= pendiente; sc=suma de cuadrados; ni=número de organismos por sexo; N=número de organismos en total (suma de machos y hembras); gl=grados de libertad; F= estadístico de prueba; p=valor de probabilidad.

	HEMBRAS	MACHOS	MANCOMUNADOS
a*	0.049	0.1708	0.1085
B	2.36	2.05	2.17
Sc	6213926.52	6371419.36	12498049.6
Ni	144	225	
N	369		
Gl	2	365	
F	0.0070		
F tablas	1.304		
P	0.9930		
Tipo de alometría	Alométrico negativo	Alométrico negativo	Alométrico negativo

7.4 Potencial reproductivo

Para determinar la fecundidad se utilizaron hembras con intervalos de longitud del manto de 90 a 190 mm, y 90 a 1750 g de peso total. La fecundidad potencial en hembras maduras (estadio IV) fue de 240,050 ovocitos (± 190.06 d.s.) por individuo, con un máximo de 545,444 y con un mínimo de 22,447 ovocitos. El número de ovocitos por gramo de peso total fluctuó entre 34 a 471 ovocitos /g. El largo del ovocito osciló entre 0.7 y 3.7 mm, obteniendo un promedio de 1.99 mm (± 0.673 d.s.), el diámetro del ovocito varió de 0.2 a 1.1 mm, con un promedio de 0.54 mm (± 0.119 d.s.).

En la figura 23 se muestra la relación que existe entre la fecundidad y el peso total por hembra ($R^2=0.690$; $p<0.001$); así mismo se muestra la relación entre la fecundidad potencial y la longitud del manto ($R^2=0.772$; $p<0.001$) en la figura 24, y en la figura 25 se observa la relación entre la fecundidad potencial y el peso del ovario por organismo ($R^2=0.820$; $p<0.001$).

El análisis de la fecundidad relativa y el peso del organismo se muestra en la figura 26 ($R^2=0.277$; $p<0.003$).

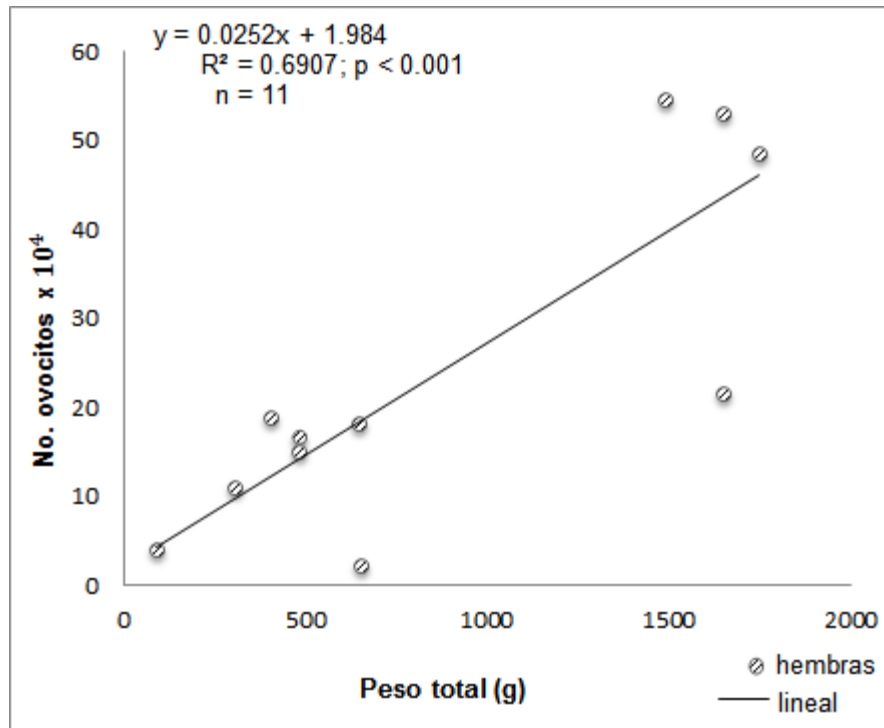


Figura 23. Relación entre la fecundidad potencial y el peso total en hembras maduras (IV) de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero 2011 a mayo 2012.

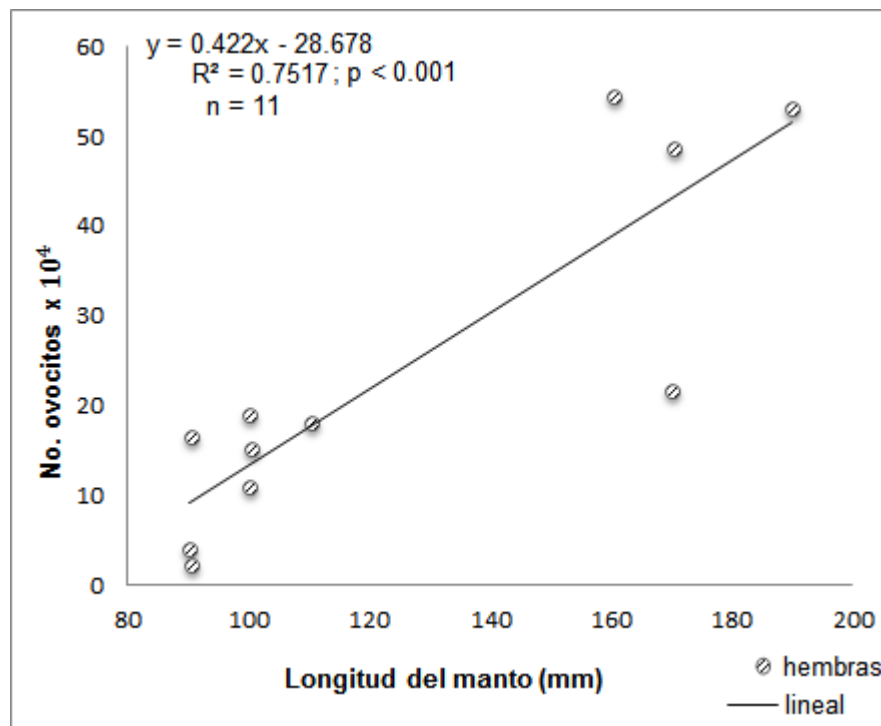


Figura 24. Relación entre la fecundidad potencial y la longitud del manto en hembras maduras (IV) de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero 2011 a mayo 2012.

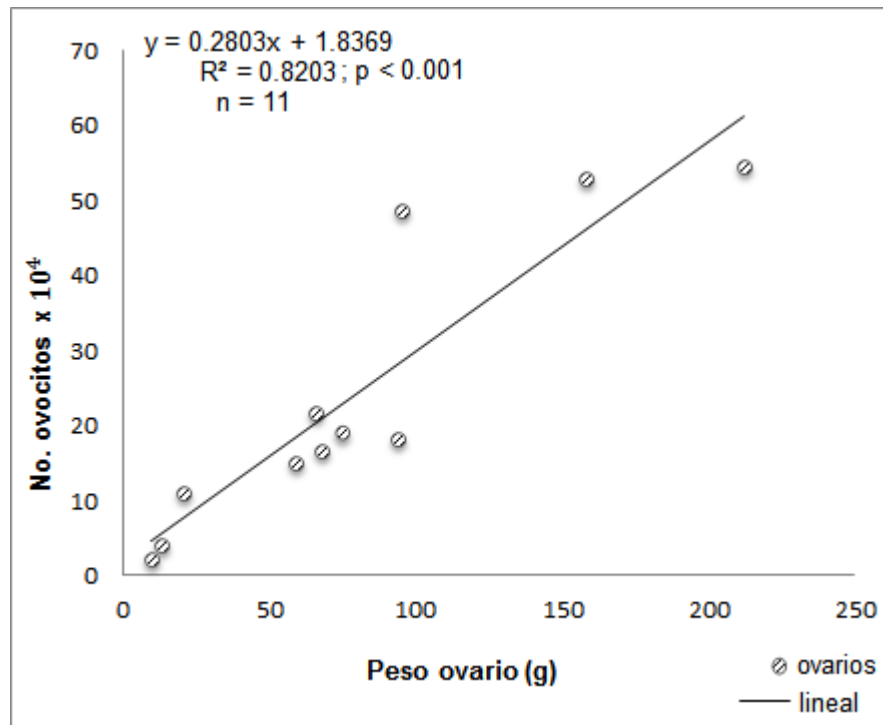


Figura 25. Relación entre la fecundidad potencial y el peso del ovario en hembras maduras (IV) de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero 2011 a mayo 2012.

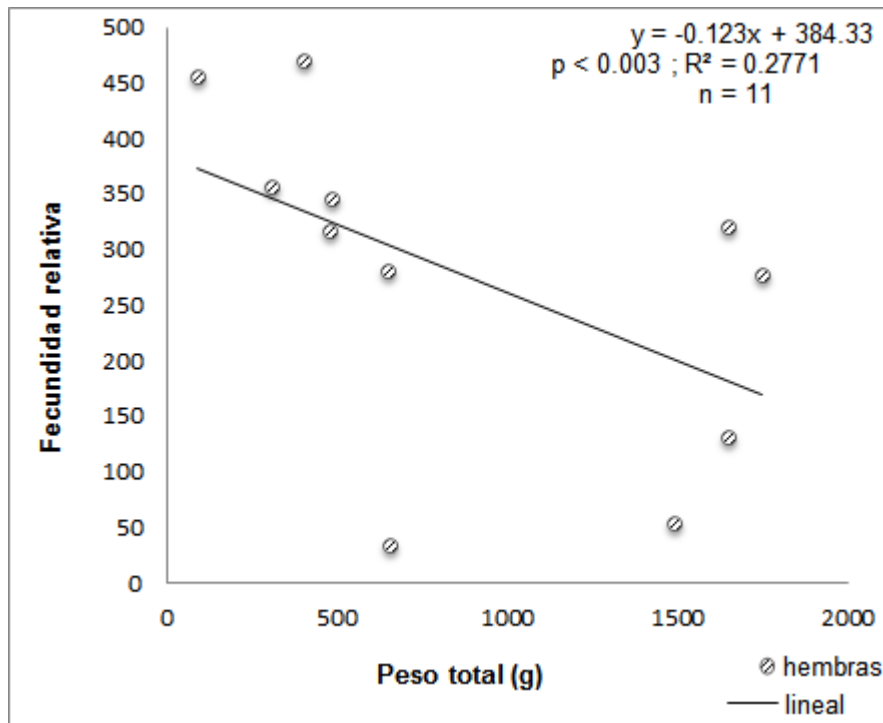


Figura 26. Relación entre la fecundidad relativa y el peso total en hembras maduras (IV) de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero 2011 a mayo 2012.



El potencial reproductivo en machos fue de 1,265.05 espermatozoides (± 686.30 d.s.) por individuo, con un máximo de 3749 y un mínimo de 548 espermatozoides. El número de espermatozoides por gramo de peso total varió entre 1 y 6 espermatozoides/g. El largo del espermatozoides osciló entre 18.16 y 35.84 μm , obteniendo un promedio de 27.80 μm (± 3.346 μm d.s.).

La figura 27 muestra la relación entre el potencial reproductivo en machos maduros y el peso total ($R^2=0.087$; $p < 0.327$), la relación entre el número de espermatozoides y la longitud del manto se observa en la figura 28 ($R^2=0.015$; $p < 0.670$), así mismo se analizó la relación entre el potencial reproductivo y el peso del testículo; la cual fue la única que mostro significancia con un valor de $p < 0.05$ ($R^2=0.202$; $p < 0.027$; Fig. 29).

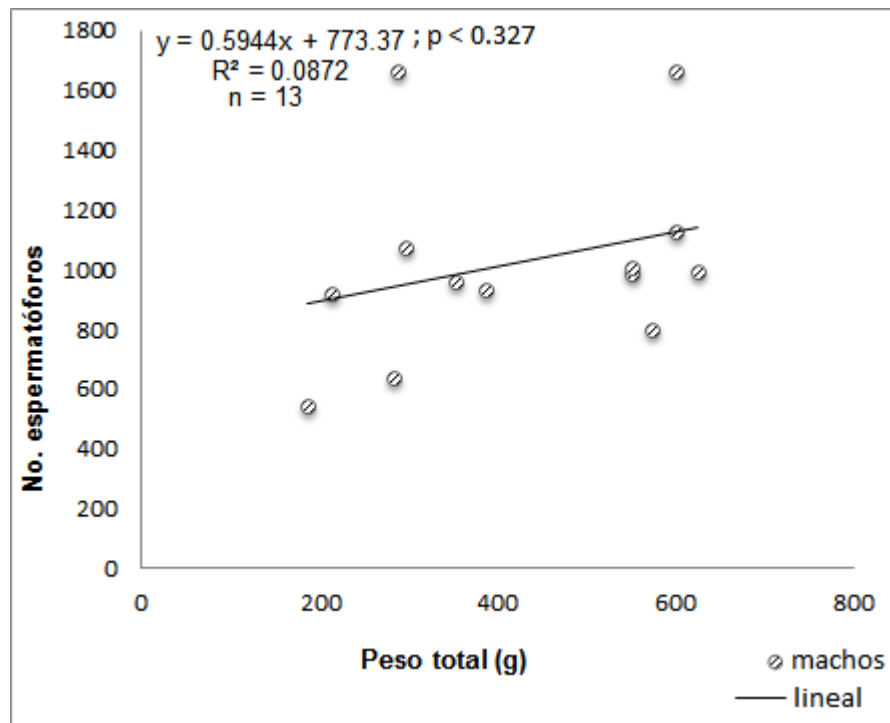


Figura 27. Relación entre el número de espermatozoides y el peso total en machos maduros de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero 2011 a mayo 2012.

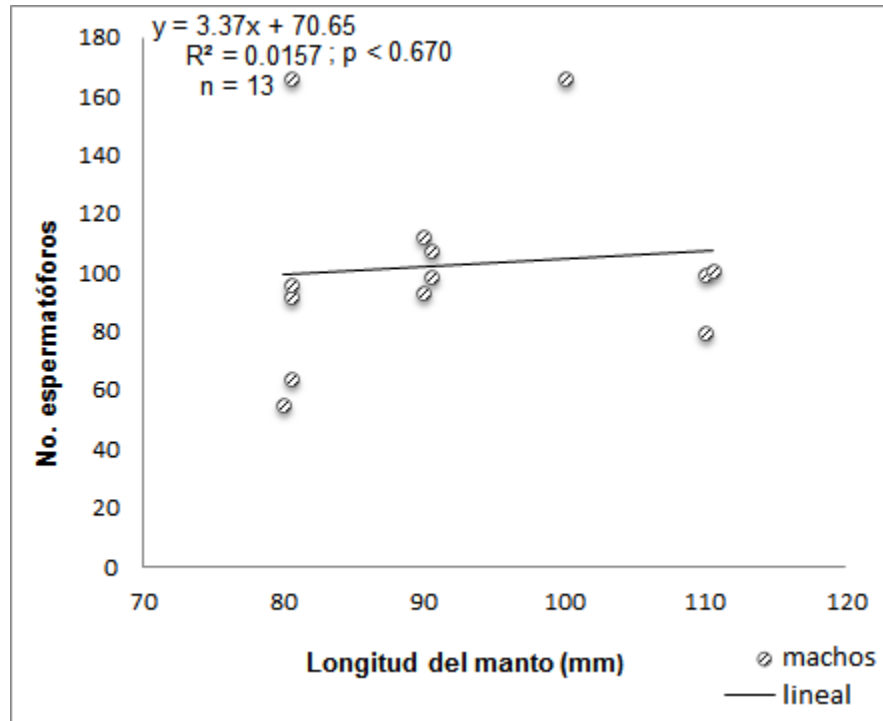


Figura 28. Relación entre el número de espermatozoides y la longitud del manto en machos maduros de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero 2011 a mayo 2012.

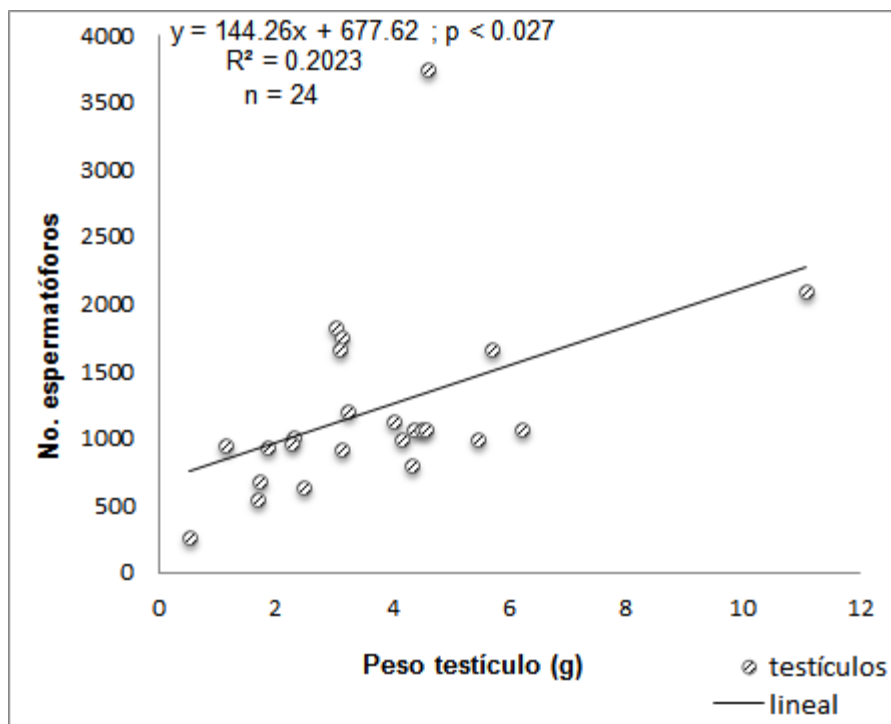


Figura 29. Relación entre el número de espermatozoides y el peso del testículo en machos maduros de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero 2011 a mayo 2012.



7.4.1 Fecundidad real

El número de festones promedio en una puesta es de 200. Cada feston presenta una longitud aproximada de 35 a 40 mm; el número estimado de huevos presentes es de 523 a 715 huevos por feston, y un total de 105,000 huevos en la puesta total por hembra para *O. hubbsorum*.

7.5 Tamaño de ovocitos

Durante el muestreo se obtuvieron variaciones respecto al largo y ancho de los ovocitos, con un promedio de 1.99 mm (± 0.673 d.s.) y 0.54 mm (0.119 d.s.) respectivamente.

Abril es el mes donde se observó un valor promedio alto respecto al diámetro del ovocito, mostrándose un incremento significativo con una media de 0.58 mm, y alcanzaron un valor más alto en el segundo pico que fue en octubre, con un promedio de 0.62 mm mostrando diferencias significativas durante los cinco meses (ANOVA: $F_{(4, 1251)} = 7.899$, $p = .0000$; Fig. 30).

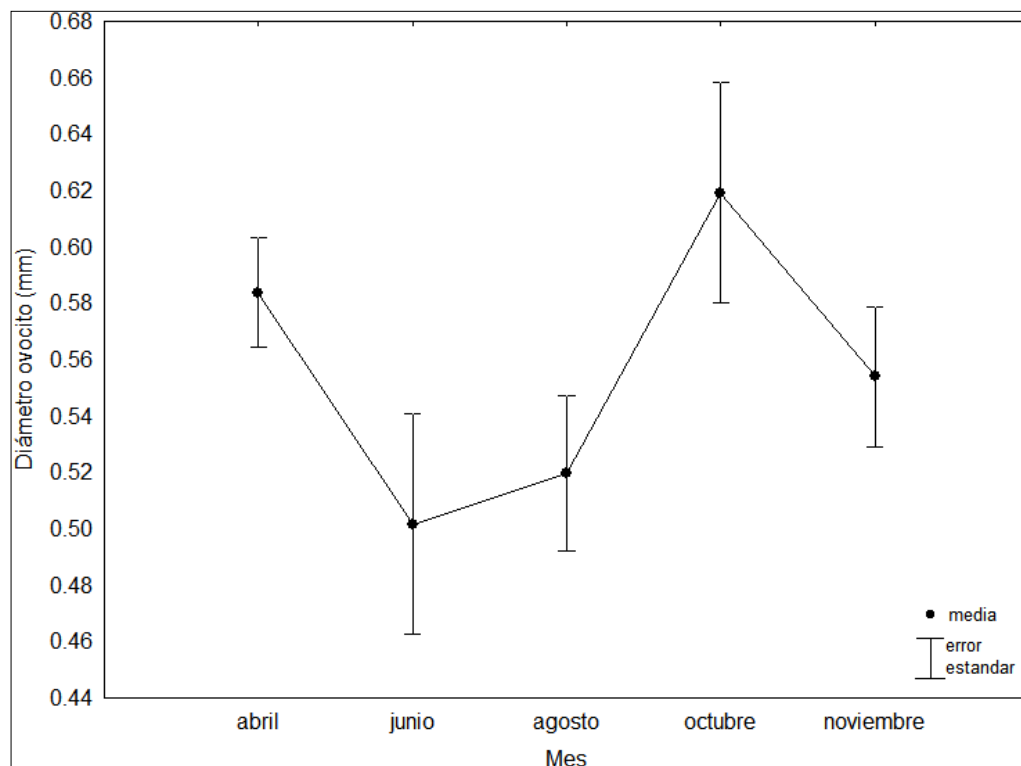


Figura 30. Variación mensual en el diámetro de ovocitos de hembras maduras de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca, durante febrero 2011 a mayo 2012.



7.6 Evaluación de la frecuencia de tallas y multimodalidad en ovocitos

El análisis de la frecuencia de tallas mostró un intervalo de 0.7 a 3.7 mm de longitud del ovocito, con un diámetro de 0.2 a 1.1 mm. Así mismo se estimó mediante la prueba “validación cruzada” de los estimadores de densidad por Kernel (EDK’S) el número de modas presentes (4 modas) con respecto al largo de los ovocitos ($K=6$, $H=.09$, $p=.0000$).

Los valores de los cuatro grupos dominantes resultaron ser: $M1= 1.512$, $M2= 1.980$, $M3= 2.448$, y $M4= 2.916$. En la figura 31 se muestran los picos modales sobresuavizados, indicando los 4 grupos representativos con respecto al largo de los ovocitos, de acuerdo con ésta figura, la prueba apoya la idea de la distribución multimodal de los datos de ovocitos de *O. hubbsorum*, donde se comprueba e indica con número cada moda representada en la gráfica y en el corte histológico.

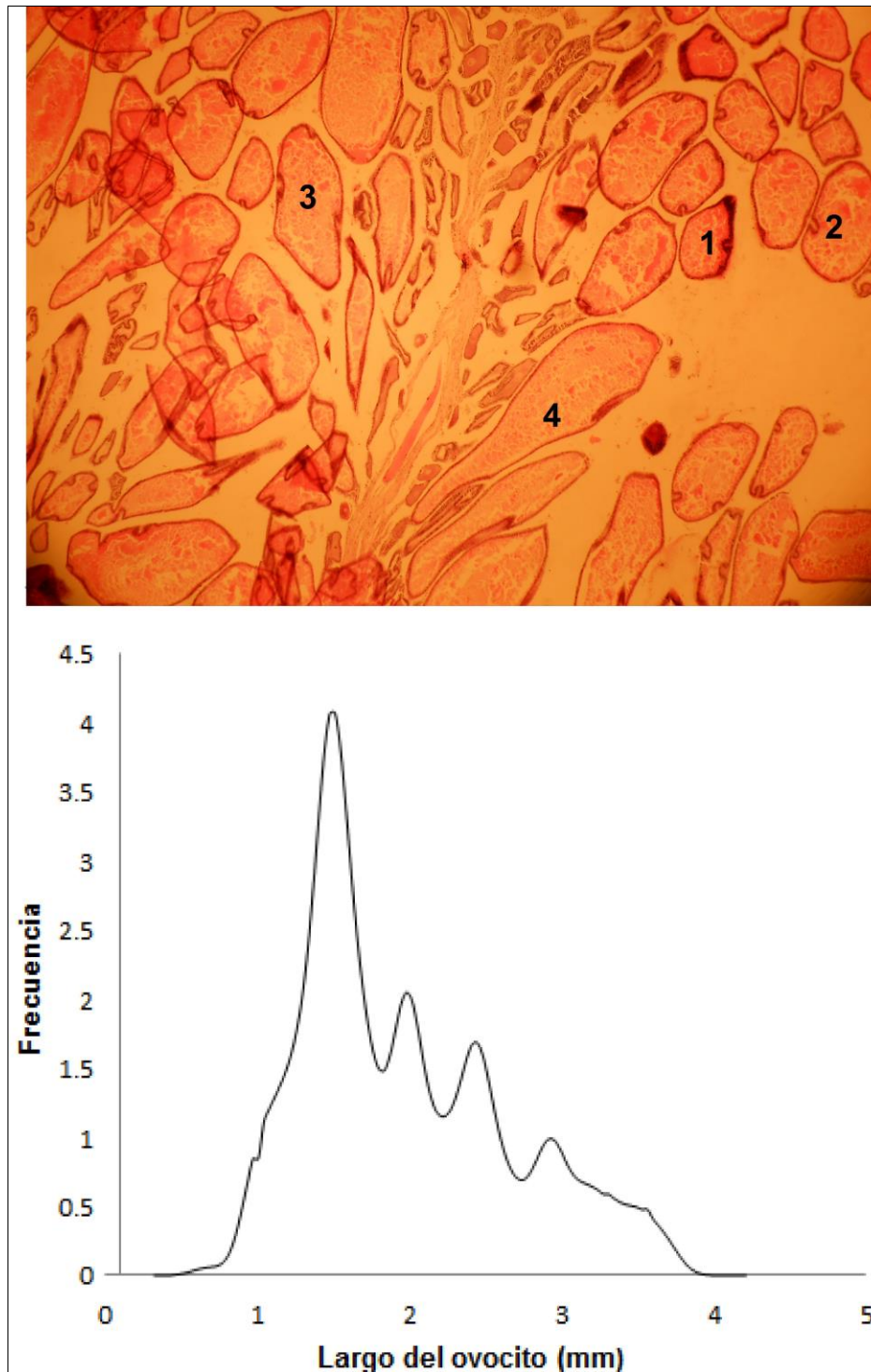


Figura 31. Comparación de la sección transversal de una gónada madura de *Octopus hubbsorum* con la distribución de frecuencia de tallas del largo de los ovocitos, y número de modas presentes utilizando la amplitud de banda promedio ($h=.09, K=6, p=.0000$) sugerida por la prueba de Silverman Laminilla: Mariela Ramos & Daniela Jiménez.



7.7 Talla ($L_{50\%}$) de primera madurez

Se estimó la talla de primera madurez para machos maduros (estadío III y IV) y hembras maduras (estadío IV). La hembra madura de menor talla registrada fue de 75 mm de longitud de manto. El modelo logístico de ajuste de datos mostró la talla de madurez de hembras, siendo alcanzada a los 94.5 mm de longitud del manto (Fig. 32).

El macho maduro de menor talla que fue registrado presentaba una longitud del manto de 55 mm. El resultado del modelo logístico para el ajuste de datos muestra que la talla de primera madurez en machos es alcanzada a los 88.5 mm de longitud de manto (Fig. 33).

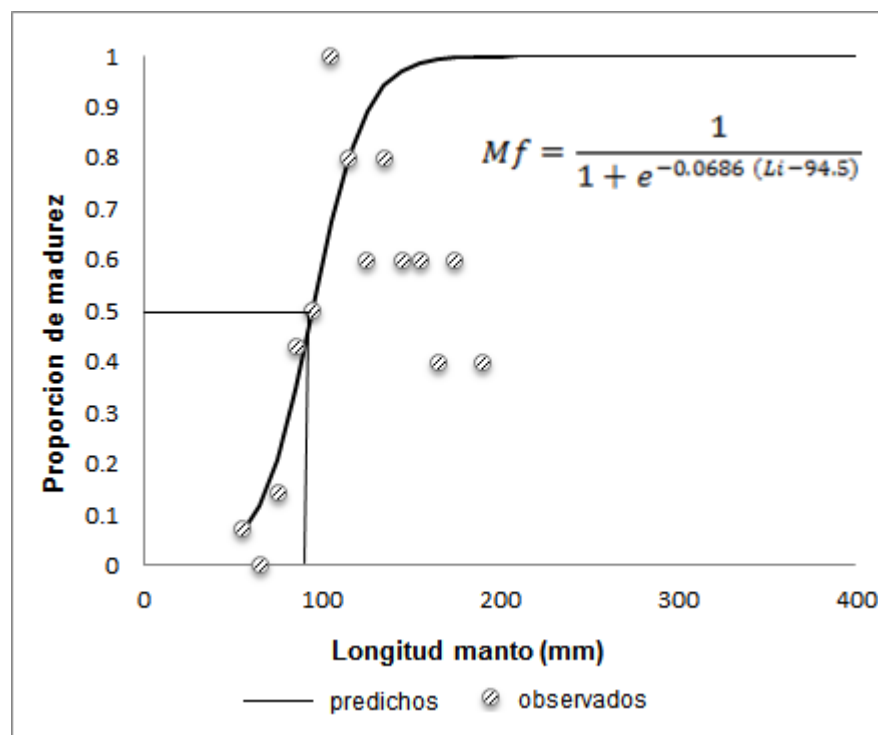


Figura 32. Talla de primera madurez en longitud del manto en hembras de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero 2011 a mayo 2012.

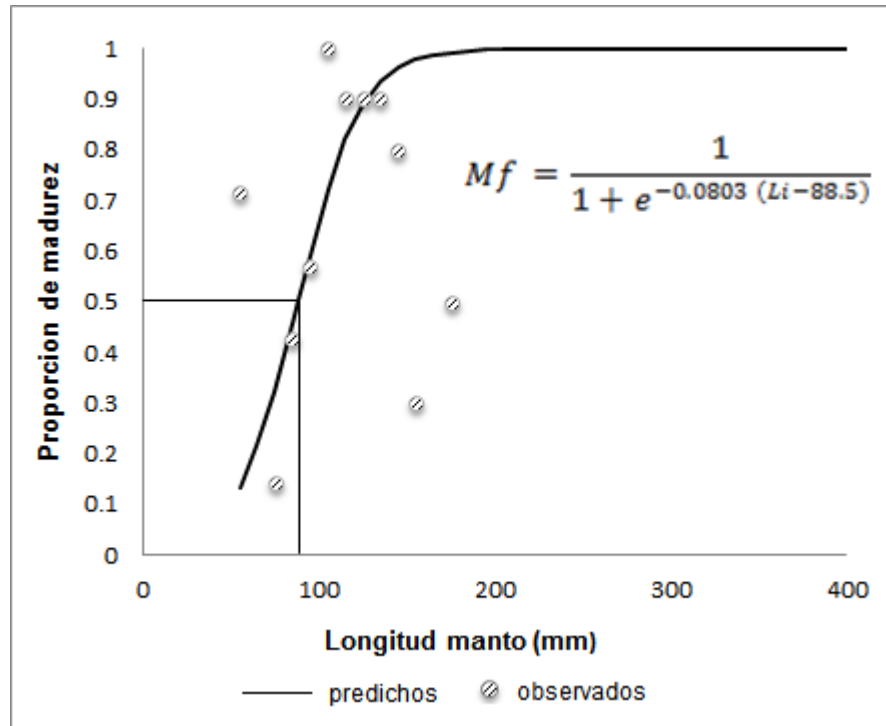


Figura 33. Talla de primera madurez en la longitud del manto en machos de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero 2011 a mayo 2012.



8. DISCUSIÓN

8.1 Estructura de tallas

En el análisis de estructura de tallas durante los 16 meses de muestreo se observaron variaciones, lo que permitió identificar un gran intervalo (100-790 mm, LT), así mismo se observa que las hembras de *O. hubbsorum* de la costa de Oaxaca presentan mayores tallas que los machos. Autores como Aguilar-Chávez (1995), Raymundo (1995), López-Uriarte (2006) en las costas de Jalisco, y Bravo-Olivas (2008) en Bahía Loreto (Golfo de California), reportan datos similares a éstos. Para otros octópodos como *O. vulgaris* en las Islas Canarias, también se mostró una amplia variación en las tallas, (Hernández-García *et al.* 2002, Carvalho & Sousa-Reis 2003) así como en *O. mimus* para la costa de Perú (Ordinola-Zapata & Alemán-Mejía 2006).

En la zona de estudio se observó la presencia de individuos de tallas pequeñas (>100 mm, LT) en la época de estiaje (noviembre-abril), que es cuando se presentan notables cambios ambientales respecto a otros meses del año, donde tienen lugar las surgencias y los vientos Tehuanos (octubre a marzo) mostrando cambios en la temperatura superficial del mar (TSM), en la salinidad, circulación oceanográfica (Roden 1961) y alta productividad (Lavin *et al.* 1992). López-Uriarte (2007) han reportado pequeñas tallas (210 mm) que también son correlacionadas con las condiciones oceanográficas (Otero-Dávalos 1981, Filonov *et al.* 2000, Franco-Gordo *et al.* 2001, Silva-Segundo 2003, Blanco-Alonso & Madrid-Hernández 2004, Briseño-Avena 2004).

Los organismos de tallas pequeñas son favorecidos por este escenario oceanográfico, como lo observó López-Uriarte (2006) en la costa de Jalisco, reportando la presencia de organismos de menores tallas en los meses de aguas templadas o frías, infiriendo que se debe a un incremento significativo de la disponibilidad de alimento, presentando abundancia de zooplancton en el medio. Por consiguiente, las variaciones en las condiciones ambientales estimulan cambios en procesos fisiológicos importantes, tales como el evento reproductivo, por lo que se observaron individuos de tallas mayores al término de ésta temporada, donde los individuos migran a zonas someras (aguas cálidas) para alimentarse y reproducirse, y en el caso de las hembras maduras el desove (Mangold 1987). Pliego-Cárdenas *et al.* (2011) encontró un mayor número de individuos maduros cuando la TSM sobrepasó los 24°C, por lo que correlaciona un aumento en las capturas con incrementos en la temperatura del mar, así como una mayor concentración de éstos para



reproducirse en aguas poco profundas. Es por esto que se relaciona las altas temperaturas con una mayor disponibilidad del recurso, como también lo han descrito Sánchez *et al.* (2003) para *O. hubbsorum* en las costas de Oaxaca. Del mismo modo Aguilar-Chávez (1995) y Hernández-García *et al.* (2002) encontraron un aumento de capturas de *O. vulgaris* en concordancia con una elevada TSM.

8.2 Proporción de sexos

Durante el periodo de muestreo, la proporción sexual de *O. hubbsorum* se mostró sesgada hacia los machos 0.46H:1M ($P < 0.05$), lo que también ha sido reportado por Leyva-Villareal *et al.* (1987) para *Octopus sp.*, sin embargo en el mes de diciembre las hembras (media: 370 mm, LT) fueron significativamente más abundantes. López-Uriarte (2006) para la misma especie en las costas de Jalisco, reporta que la proporción de machos es significativamente mayor que en hembras, coincidiendo con lo obtenido en este estudio y por Bravo-Olivas (2008) en Bahía Loreto. También se ha manifestado el mismo patrón para otras especies de pulpo, como lo es *O. vulgaris* (Guerra 1975, Hernández-García *et al.* 2002, Cardoso *et al.* 2004, Idrissi *et al.* 2006, Otero *et al.* 2007) y *O. mimus* (Cortez *et al.* 1998, Ishiyama *et al.* 1999). Por el contrario, Pliego-Cárdenas *et al.* (2011) en Isla Espíritu Santo reportó que no hay diferencias significativas en la proporción de sexos, a excepción del mes de noviembre donde ocurre el pico reproductivo, por lo cual encontró una mayor proporción de machos, debido a que las hembras cuidan de la puesta, permaneciendo ocultas y posteriormente mueren.

Durante todo el ciclo anual predomina una abundancia de machos sobre hembras, aún en las épocas de reproducción (abril y octubre), dicho patrón coincide con lo encontrado para *O. hubbsorum* en Jalisco (López-Uriarte & Ríos-Jara 2009), en Bahía Loreto (Bravo-Olivas 2008) y para *O. vulgaris* (Hernández-García *et al.* 2002). Confirmando esto, varios autores (Hernández-García *et al.* 2002, Silva *et al.* 2002, Cardoso *et al.* 2004, Rodríguez-Rúa *et al.* 2005, Castellanos-Martínez 2008, López-Uriarte & Ríos-Jara 2009) señalan que es común encontrar una mayor cantidad de organismos machos que de hembras.

La proporción sexual de la población puede estar influenciada por varios aspectos, como son: las diferencias en talla y/o peso, tal cual lo reporta López-Uriarte (2006) al obtener una mayor proporción de machos de tallas pequeñas, y por el contrario, organismos con un kilogramo de peso o más, la proporción fue sesgada hacia hembras, lo mismo fue reportado para *O. mimus* a partir de los 1,500 g (Cortez 1995); otro aspecto que pudiera influir en la



proporción de sexos, es la estrategia de muestreo que haya sido empleada durante el estudio, debido a los intereses de la persona, dicho esto el muestreo de varios autores (Bravo-Olivas 2008, Pliego-Cárdenas *et al.* (2011) se llevó a cabo por ellos mismos, lo cual difiere del presente estudio, donde los muestreos se realizaron de las capturas artesanales, lo que pudiera estar causando el sesgo en la proporción, sin embargo se obtuvieron resultados similares al de los autores ya mencionados, predominando los machos en las capturas pesqueras.

Otra de las causas determinantes en las diferencias de la proporción sexual es el comportamiento migratorio, que está marcado principalmente por tres factores: 1) la madurez sexual, debido a que los machos buscan hembras a las cuales transmitan sus espermatozoides por la necesidad de llevar a cabo la cópula, por lo que son más activos en ésta etapa de vida (Anderson *et al.* 2002) y por ende más susceptibles a ser capturados (Mangold-Wirtz 1963, Hernández-García *et al.* 2002); 2) por el comportamiento alimenticio (Silva *et al.* 2002, Otero *et al.* 2007) que está ligada a 3) la conducta propia de cada sexo, las hembras previas a la reproducción migran a zonas someras en busca de alimento (Cortez 1995), y posteriormente de refugio para llevar a cabo la puesta, donde permanecen encuevadas durante el cuidado parental y son poco expuestas a la captura, por lo que para la pesquería se encuentran un mayor número de machos. El mismo patrón ha sido reportado para *O. vulgaris* (Mangold-Wirtz 1963) en el Mediterráneo catalán y en la costa occidental de África (Guerra-Sierra 1977- 1979b, Hatanaka 1979a, Smale & Buchan 1981).

8.3 Relación Talla-Peso

Los cefalópodos en general muestran un crecimiento alométrico (Forsythe & Van Heukelem 1987). *O. hubbsorum* mostró un mayor incremento en longitud que en peso, denominado éste como crecimiento alométrico negativo. Alejo-Plata *et al.* (2009) reportan para ésta especie el mismo tipo de crecimiento en el Golfo de Tehuantepec, así como Hernández-Sánchez & Jesús-Navarrete (2010) para *O. maya* en el Mar Caribe. También se ha observado el mismo tipo de crecimiento para *O. mimus* en Perú (Villegas & Tafur 2000, Cardoso *et al.* 2004, Ordinola-Zapata & Alemán-Mejía 2006) y en la costa de Chile (Cortez 1995), y para *O. vulgaris* en el Atlántico centro-oriental (Guerra-Sierra 1979a-b) y nororiental (Guerra-Sierra 1981), en las costas españolas del Mar Mediterráneo (Guerra-Sierra & Manríquez 1980, Sánchez & Obarti 1993), Sureste de África (Smale & Buchan 1981), Islas



Azores (Gonçalves 1993), y en Islas Canarias (Hernández-López 2000, Hernández-García *et al.* 2002).

Se observaron diferencias no significativas de los valores de la pendiente e intercepto entre sexos ni para la población en general de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca. El tipo de alometría es negativa para los tres grupos, a diferencia de lo reportado por López-Uriarte (2006) para la misma especie; probablemente estas diferencias se deban a la madurez sexual, ya que en las hembras hacia los meses reproductivos las gónadas y la glándula digestiva acumulan grasas necesarias para la producción de huevos, logrando aumentar el valor de la pendiente mostrando una alometría positiva, donde incrementan más en peso que en talla (Rodríguez-Rúa *et al.* 2005). Para otros octópodos, como *O. maya* (Van Heukelem 1983a) y *O. bimaculatus* (Ambrose 1984), también se han reportado éstas diferencias en la relación.

Aunado a esto, Guerra & Manríquez (1980) y Okutani (1993) mencionan que dentro de la familia Octopodidae podrían existir variaciones en el valor de la pendiente en cuanto a la relación talla-peso de acuerdo a la región geográfica, el sexo, y la temporalidad en la que se encuentre la población en estudio. Así mismo, la diferencia de resultados encontrados en los diferentes trabajos, se puede inferir al bajo tamaño de muestra utilizado para el análisis de dicha relación, pudiendo ocasionar estimaciones no tan precisas, sin embargo esta estimación concuerda con los resultados reportados por Alejo-Plata *et al.* (2009), Villegas & Tafur (2000) y Cardoso *et al.* (2004).

8.4 Potencial reproductivo

En la costa de Oaxaca *O. hubbsorum* muestra una fecundidad potencial de 240,050 ovocitos por hembra, lo cual coincide con lo reportado por López-Uriarte (2006) para la costa de Jalisco y Pliego-Cárdenas *et al.* (2011) para Isla Espíritu Santo, Golfo de California. En hembras de mayor talla y peso la fecundidad tiende a ser mayor, y en hembras desovadas se observa una disminución en el número de ovocitos, debido a la reabsorción y degeneración antes de la ovulación, esto se debe a la competencia por energía, espacio y recursos en el ovario (Pliego-Cárdenas *et al.* 2011).

En otras especies del género, como en *O. vulgaris* se han observado intervalos de 100,000 a 500,000 ovocitos por hembra (Mangold 1983b, Hernández-López 2000), en *O. mimus* se reportó una oscilación de 96,000 a 383,000 ovocitos por individuo (Cortez 1995). Por otra parte *O. aegina* no muestra grandes rangos, esta especie produce de entre 2,962 a



8,820 ovocitos (Ignatius & Srinivasan 2006), resultados similares presenta *O. maya* produciendo 1,500 a 2000 ovocitos en cautiverio (Torcuato & Ordaz 2011), esto probablemente se deba a las condiciones ambientales de cada región, así como al tamaño del ovocito. *O. hubbsorum* muestra un tamaño de ovocito relativamente pequeño, de acuerdo a su fecundidad potencial y a la talla del ovocito (López-Uriarte 2006), por lo que la cantidad de ovocitos presentes en la gónada es mayor. Barratt *et al.* (2007) sugieren que el tamaño de huevo podría relacionarse con la talla del organismo progenitor, con las condiciones ambientales y alimento disponible, lo que a su vez podría afectar el proceso de vitelogénesis y en la cantidad de vitelo presente en el ovocito.

El número de espermatozoides por unidad de peso corporal que se reporta en el presente estudio varió entre 0.49 y 5.7, se observaron resultados similares para la misma especie en las costas de Jalisco, con un rango de entre 0.003 y 0.43 espermatozoides /g (López-Uriarte 2006). En las relaciones entre el peso del organismo y el número de espermatozoides en el presente estudio se puede observar una existente correlación ($p < 0.05$), ya que al aumentar el peso y/o talla se incrementa el número de espermatozoides, como lo es reportado para ésta misma especie en Jalisco (López-Uriarte 2006), y para otras especies del género como *O. mimus* (Cortez 1995), y *O. vulgaris* (Hernández-López 2000).

El mayor potencial reproductivo de machos coincidió con el segundo pico reproductivo más representativo de hembras (Vargas-Martínez 2013, en proceso), que se presenta en los meses de octubre-noviembre; así mismo, Cortez (1995) reporta la incidencia del mayor pico reproductivo de machos con el pulso reproductivo más elevado de hembras en *O. mimus*.

La temperatura es una de las principales variables que influyen en el proceso reproductivo en pulpos (Van Heukelem 1979, Forsythe & Halon 1988). En *O. hubbsorum* se ha observado que el inicio de la fase reproductiva sucede cuando la temperatura comienza a incrementarse (Leyva-Villareal *et al.* 1987, González-Rendón *et al.* 1990, Sánchez *et al.* 2003, Bravo-Olivas 2008); así también lo reporta Castellanos-Martínez (2008) para *O. bimaculatus*, donde la ocurrencia del primer periodo de madurez coincide con las altas temperaturas. Se infiere que *O. hubbsorum* muestra el mismo comportamiento en las costas de Oaxaca, debido a que en los meses donde comienza a elevarse la temperatura (marzo-abril), el efecto de las surgencias y los vientos Tehuanos cesan, y por ende coadyuvan a incrementar la temperatura en la superficie del mar, dando inicio al primer ciclo reproductivo.



8.5 Tamaño de ovocitos

O. hubbsorum presenta desoves todo el año, pero con dos marcados picos reproductivos (Vargas-Martínez 2013, en proceso); en otros octópodos también ha sido observado un patrón similar a éste (Hernández-García *et al.* 2002, Silva *et al.* 2002, Cardoso *et al.* 2004, Rodríguez-Rúa *et al.* 2005, Katsanevakis & Verriopoulos 2006, Bravo-Olivas 2008, Castellanos-Martínez 2008), así mismo, la ocurrencia de estos pulsos coinciden con los meses en que se muestra un mayor diámetro (0.62 mm) y largo (1.62 mm) de los ovocitos, logrando incrementar su diámetro, esto coincide con la aparición de hembras maduras y desovadas, que es mayor que en el resto del año.

Con base en la información proporcionada por pescadores, al término de la época de lluvias e inicio de estiaje se encuentran un mayor número de hembras encuevadas, lo que coincide con el mayor evento reproductivo que se lleva a cabo (octubre-noviembre). Esto posiblemente se deba al fotoperiodo de invierno (10:15 horas luz) para la zona intertropical, donde la cantidad de horas luz son menos a las del resto del año, y se presenta de septiembre a marzo. Esto ha sido documentado como un factor alterante en la reproducción, ocasionando una mayor proporción de hembras maduras y en predesove al percibir reducción de luz en el ambiente, desencadenando la aceleración del proceso de madurez, lo que a su vez origina que en estos meses se observe la mayor cantidad de vitelo acumulada en el citoplasma de los ovocitos, mostrando el mayor diámetro de estos, lo cual López-Uriarte & Ríos-Jara (2009) observaron para la población de *O. hubbsorum* en las costas de Jalisco.

8.6 Frecuencia de tallas y multimodalidad de ovocitos

En algunas especies de este género, el desarrollo de los ovocitos es asincrónico terminal en las primeras fases de madurez. Tal es el caso de *O. bimaculatus* (Castellanos-Martínez 2008), *O. maya* (Gómez-Solano *et al.* 2006), *O. mimus* (Olivares-Paz *et al.* 2001), y para *O. hubbsorum* en el presente estudio, lo cual es apoyado también para la misma especie por Pliego-Cárdenas *et al.* (2011) en el Golfo de California.

La ausencia de ovocitos inmaduros y células germinales activas en hembras maduras indican un único evento reproductivo, por lo que el ovario no tiene el potencial requerido para reanudar la gametogénesis, lo cual es observado por Pliego-Cárdenas *et al.* (2011) y Vargas-Martínez (2013-en proceso) para *O. hubbsorum*, y en *O. mimus* (Olivares *et al.* 2001,



Zamora & Olivares 2004), confirmando que son especies semélparas. En *O. hubbsorum* se presentaron cuatro modas representativas en la talla de los ovocitos durante el desarrollo del ovario, sus ovocitos muestran diferentes tamaños debido a que la vitelogénesis no es un proceso que se lleve de manera simultánea, por lo que existe una notoria asincronía en el desarrollo de ovocitos pertenecientes a hembras vitelínicas y desovantes. (Olivares-Paz *et al.* 2001). Así mismo este patrón de desove asincrónico terminal permite a las hembras prolongar su periodo de puesta hasta por 20 días, según lo reporta Olivares-Paz *et al.* (2001) para *O. mimus*, y se infiere que *O. hubbsorum* presenta la misma estrategia reproductiva, y la culminación de su ciclo de vida al término de la puesta (Rocha *et al.* 2001), impidiendo reproducirse por una segunda ocasión. Este tipo de estrategia es común en especies de aguas poco profundas, así también dicha estrategia podría estar relacionada con la morfología corporal, y los gastos energéticos asociados al cuidado parental de la especie (Barratt *et al.* 2007).

8.7 Talla (L₅₀) de primera madurez

La talla de primera madurez obtenida para la población de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca resultó ser diferente entre sexos, ya que durante el muestreo se observaron machos maduros de tallas pequeñas, revelando actividad reproductiva a tallas menores que en las hembras, obteniendo que la talla de primera madurez la alcanzan a los 88.5 mm en los machos, y para hembras a los 94.5 mm de longitud del manto, dicho patrón ya ha sido reportado para esta misma especie (López-Uriarte 2006, Bravo-Olivas 2008, Pliego-Cárdenas *et al.* (2011) y para otros octópodos como *O. mimus* (Cortez *et al.* 1988, Ishiyama *et al.* 1999) y *O. vulgaris* (Hernández-López 2000, Silva *et al.* 2002, Rodríguez-Rúa *et al.* 2005, Idrissi *et al.* 2006).

De acuerdo con López-Uriarte (2006) es probable que los machos de octópodos maduren a tallas menores para poder tener mayor éxito reproductivo, utilizando este patrón como estrategia reproductiva, y que gracias a su territorialidad, agresividad y migración vertical, llevan a cabo la cópula con un mayor número de hembras de talla similar pero inmaduras, tomando en cuenta que las hembras almacenan los espermátóforos en las espermatecas de las glándulas oviductales, hasta el momento en el que alcanzan la madurez sexual.

Ha sido reportado que el proceso de madurez sexual está influenciado por factores internos y externos al individuo (Roper & Young 1975, Mangold 1987). Entre los factores



internos se encuentra la alimentación en las primeras fase de desarrollo del organismo (Van Heukelem 1979), ya que podría retrasarse el desarrollo gonadal y posponer la edad a la cual alcanzan la talla de primera madurez, otro factor intrínseco es el control hormonal, el cual está ligado con la recepción de la glándula óptica, y factores externos que están relacionados son la luz (fotoperiodo e intensidad lumínica) lo cual estimula a la glándula y produce efectos que aceleran la madurez gonadal. Una tercera causa extrínseca es la temperatura, ya que esta reportado que en otras especies de octópodos se acelera o retrasa la madurez de los organismos, obteniendo que a elevadas temperaturas el desarrollo gonadal se activa y el resultado son organismos de tallas pequeñas sexualmente maduros (Forsythe & Hanlon 1988, Wood & O'Dor 2000), debido que se acelera la tasa metabólica, y como resultado se puede disminuir la longevidad del individuo (Hernández-García 2002). Por último un factor externo, pero no menos importante que afecta el inicio de la madurez sexual, es la presión por pesca que, puede modificar el tamaño de las poblaciones así como los eventos reproductivos durante el ciclo anual (Smith 1996).

En lo que respecta a esto, no existen muchos estudios que aporten bases biológicas sobre las especies que se capturan en costas mexicanas, a excepción de algunos que se han llevado a cabo en Yucatán, dicha región es la que cuenta con un mayor número de investigaciones en pesquerías de la especie *O. maya*, se cuenta con medidas de manejo y reglamentación de las artes de pesca. Villanueva & Defeo (2001) realizaron un análisis de procesos poblacionales y la estimación de abundancia, como estrategia para un manejo adecuado de la especie *O. maya* a largo plazo. Del mismo modo, en el 2010 Jurado-Molina estimó el índice de abundancia para la misma especie.

En 1995 el estado de Quintana Roo sostuvo su pesquería por medio de un sistema de pesca a través de jimbos, trampas que facilitaron la captura e incrementaron los volúmenes de pesca para la especie *O. maya*; siendo así una alternativa y complemento substancial al aporte económico en la comunidad pesquera. En la Isla Holbox Hernández-Sánchez & Jesús-Navarrete (2010) presentaron un estudio sobre parámetros poblacionales, así como la determinación de las características de captura en las temporadas de pesca 2002 y 2003, los resultados de dicha evaluación preliminar sobre el grado de explotación del recurso resultó ser aprovechada adecuadamente, por lo que las actividades de la flota artesanal de esa zona aún no han mostrado efectos negativos sobre la población de *Octopus maya*.

Sin embargo para el Pacífico Mexicano no existe alguna normatividad sobre el uso adecuado del recurso y/o técnicas adecuadas de captura, por lo que este trabajo puede ser utilizado como base para establecer una reglamentación, para lo cual se deben tomar en



cuenta algunos aspectos, el primero son los eventos reproductivos, que se presentan en los meses de abril y octubre-noviembre, el segundo, son las tallas de captura de los organismos que están siendo extraídos, y el tercer aspecto que se debe contemplar para la normatividad es la talla de primera madurez, que sería por arriba de los 88 mm (LM) para machos y hembras, puesto que la mayoría de los pescadores no saben diferenciar los sexos.

Tomando en cuenta esto, se muestra una propuesta para el manejo del recurso: durante los eventos reproductivos no se capturen tallas menores a 88 mm (LM), así mismo es muy importante prohibir la captura de hembras que se encuentren encuevadas cuidando de la puesta, ya que al pescarlas se eliminaría la posibilidad de la eclosión de paralarvas. Esto afectaría al reclutamiento de la población y por ende se estaría sobreexplotando el recurso, cabe recalcar que son elementos que tendrían que ser evaluados a corto plazo.

Esto ayudaría en gran medida a que las poblaciones se mantengan estables, y que del mismo modo pescadores ribereños y regionales puedan seguir con ésta actividad. Poner énfasis en este aspecto biológico de la especie es de gran relevancia, puesto que no se cuenta con ninguna reglamentación y/o normatividad para su captura en lo que respecta al Pacífico mexicano.



9. CONCLUSIÓN

Los organismos de *Octopus hubbsorum* capturados de la pesca artesanal de la costa de Oaxaca mostraron una amplia estructura de tallas, obteniendo diferencias significativas entre sexos, donde las hembras predominaron sobre las tallas más grandes. Así mismo se observaron variaciones en talla con relación a los meses, los machos mostraron su menor en talla abril y junio y la máxima en octubre y noviembre, y en hembras la talla mínima registrada fue abril y la máxima en julio y octubre.

La proporción de sexos durante el periodo de muestreo fue de 0.46H:1M, prevaleciendo los machos en las capturas pesqueras.

En cuanto a la relación talla-peso de los organismos capturados de *O. hubbsorum* mostraron una alometría negativa, incrementando más en longitud que en peso, no mostrando diferencias significativas entre sexos.

El potencial reproductivo (fecundidad potencial) para hembras de *O. hubbsorum* es de 240,050 ovocitos, y para machos 1,265 espermátóforos por organismo. La fecundidad real es de 105,000 huevos en la puesta total por hembra. El mayor tamaño de los ovocitos se presentó en abril y octubre cuando las características ambientales tales como la alta productividad generada por surgencias, el fotoperiodo invernal (septiembre-marzo) y una elevada temperatura, propician los eventos reproductivos de la especie para la zona. Se mostraron cuatro grupos representativos en la talla de los ovocitos, lo que indica que *O. hubbsorum* es una especie con un desove asincrónico terminal.

La talla de primera madurez (L_{50}) de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca para hembras es de 94.5 mm (LM), y para machos es de 88.5 mm (LM), lo que indica que los machos maduran a menor talla que las hembras.



10. LITERATURA CITADA

- Aguilar-Chávez. S. 1995. Estudio biológico-pesquero del pulpo *Octopus* sp. (Cephalopoda: Octopoda) en la costa del Sur del estado de Jalisco. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de Guadalajara, México. 76 pp.
- Aguilar-Sierra. V., L. E. Arriaga-Cabrera, J. González-Cano, A. Jiménez-Rosenberg, E. Muñoz López & J. Vázquez-Domínguez. 1998. Regiones Prioritarias Marinas de México. Comisión Nacional por el conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 330pp.
- Alejo-Plata, M. C., Y. M. Morales-Hernández & A. Y. Sánchez-Cruz. 2002b. La Pesquería artesanal del pulpo (Cephalopoda: Octopoda) en la costa de Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*. 6 (17): 45-48.
- Alejo-Plata, M. C., J. L. Gómez-Márquez, C. S. Ramos & J. E. Herrera-Galindo. 2009. Reproducción, dieta y pesquería del pulpo *Octopus (Octopus) hubbsorum* (Mollusca: Cephalopoda) en la costa de Oaxaca, México. *Rev. Biol. Trop*, 57 (1-2): 63-78.
- Ambrose, R. F. 1984. Food preferens, prey availability, and the diet of *Octopus bimaculatus* Verrill. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 77: 29-44.
- Anderson, R. C., J. B. Wood & R. A. Byrne. 2002. Octopus senescence: the beginning of the end. *J. of Appl. Anim. Welf. Sci.* 5(4):275-283.
- Arreguín-Sánchez, F., M. Solís-Ramírez & M. E. González de la Rosa. 2000. Population dynamics and stock assessment for *Octopus maya* (Cephalopoda: Octopodidae). *Rev. Biol. Trop.* 48: 35-43.
- Badan, A. 1997. La Corriente Costera de Costa Rica en el Pacífico Mexicano. *En: Contribuciones a la oceanografía física en México: Monografía No. 3* (F. Lavín ed). Unión Geofísica Mexicana. 99-109 pp.
- Bagenal, T. 1978. Aspects of fish fecundity. *In: Ecology of freshwater fish production*. Edited by Shelby D. Gerking. Blackwell Scientific Publication. Oxford, London, Edinburgh, Melbourne. 75-101 pp.
- Barratt, I. M., M. P. Johnson & A. L. Allcock. 2007. Fecundity and reproductive strategies in deep-sea incirrate octopuses (Cephalopoda: Octopoda). *Marine Biology* 150 (6):388-397.
- Barton, E. D., M. L. Argote-Espinoza, J. M. Robles-Pacheco, R. L. Smith, A. Trasviña-Castro, H. S. Velez-Muñoz, M. F. Lavin-Peregrina, *et al.* 1993 Supersquirt: dynamics of the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Oceanography*. 6(1): 23-30.



- Berry, S. S. 1953. Preliminary diagnoses of six west American species of *Octopus*. Leaflets in Malac. 1: 51-58.
- Blanco-Alonso, M. A. & J. Madrid-Hernández. 2004. Evaluación espacio temporal de la biomasa del fitoplancton y nutrientes en la costa central de Jalisco y Manzanillo, Colima. Tesis de Licenciatura. CUCBA. Universidad de Guadalajara, 72 pp.
- Boyle, P. & P. Rodhouse. 2005. Cephalopods: Ecology and Fisheries. Blackwell Science Publishing. Oxford. 452 pp.
- Bravo-Olivas, M. L. 2008. Aspectos reproductivos del pulpo *Octopus hubbsorum* Berry, 1953 en el Parque Nacional “Bahía de Loreto”, Golfo de California. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro interdisciplinario de ciencias marinas. La Paz, B.C.S, México, 87 pp.
- Briseño-Avena, C. 2004. Biomasa y composición del zooplancton de Bahía Chamela, Jalisco y Bahía Manzanillo, Colima durante un ciclo anual (2001-2002). Tesis de Licenciatura. CUCBA. Universidad de Guadalajara, 58 pp.
- Caddy, J. F. & P. G. Rodhouse. 1998. Do recent trends in cephalopod and groundfish landings indicate widespread ecological change in global fisheries? Review in Fish Biology and Fisheries, 8: 431–444.
- Cardoso, F., P. Villegas & C. Estrella. 2004. Observaciones sobre la biología de *Octopus mimus* (Cephalopoda: Octopoda) en la costa peruana. Rev. Perú. Biol. 11(1): 45-50.
- Carta Nacional Pesquera. 2004. CONAPESCA. Consultado el 11 de febrero de 2012, en: http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_carta_nacional_pesquera_2004.
- Carta Nacional pesquera. 2006. CONAPESCA. Consultado el: 12 febrero de 2012, en: http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_carta_nacional_pesquera_2006.
- Carta Nacional Pesquera. 2010. CONAPESCA. Consultado el: 31 de mayo de 2012, en: http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/actualizacion_de_la_carta_nacional_pesquera_2010.
- Carvalho, J. M. N. & C. Sousa-Reis. 2003. Contributions to knowledge on the maturation and fertility of the common Octopus *Octopus vulgaris*. Cuvier, 1797 on the the Portuguese coast. Bol. Inst. Esp. Oceanogr., 19(1-4): 473-481.
- Castellanos-Martínez, S. 2008. Reproducción del pulpo *Octopus bimaculatus* Verrill, 1883 en Bahía de los Ángeles, Baja California, México. Tesis de Maestría. Centro



- Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur, México. 82 pp.
- Cortez, T. 1995. Biología y Ecología del pulpo común *Octopus mimus* Gould, 1852 (Mollusca: Cephalopoda) en aguas litorales del norte de Chile. Tesis Doctoral. Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias. Universidad de Vigo, España. 293 pp.
- Cortez, T., B. G. Castro & A. Guerra. 1995. Reproduction and condition of female *Octopus mimus* (Mollusca: Cephalopoda). *Mar. Biol.* 123: 505-510.
- Cortez, T., A. Guerra & J. Vergara. 1988. Caracterización del ciclo reproductivo del recurso pulpo (*Octopus mimus*) en las regiones I a III. Subsecretaría de Pesca. Chile. Universidad Arturo Prat, Iquique. Informe final del proyecto F.I.P. No. 96-47. 100 pp.
- Domínguez-Contreras, J. F., B. P. Ceballos-Vázquez, F. G. Hochberg & M. Arellano-Martínez. 2013. A new record in a well-established population of *Octopus hubbsorum* (Cephalopoda: Octopodidae) expands its known geographic distribution range and maximum size. *Amer. Malac. Bull.*, 31(1):95-99.
- FAO. 2005. Review of the state of world marine fishery resources. FAO Fisheries Technical Paper, 235 pp.
- Fiedler, P. C. 1992. Seasonal Climatologies and Variability of Eastern Tropical Pacific Surface Waters. NOAA. Technical Report. NMFS109 Southeast Fisheries Science Center. California, 65pp.
- Filonov, A. E., I. E. Tereschenko, C. Monzón, M. E. González-Ruelas & E. Godínez-Domínguez. 2000. Variabilidad estacional de los campos de temperatura y salinidad en la zona costera de los estados de Jalisco y Colima. *Ciencias Marinas* 25:303-321.
- Forsythe, J. W. & W. F. Van Heukelem. 1987. Growth. *En:* (ed.) Boyle, P. R. *Cephalopod Life Cycle*, 2: 135-156.
- Forsythe, J. W. & R. T. Hanlon. 1988. Effect of temperature on laboratory growth, reproduction and life span of *Octopus bimaculoides*. *Marine Biology*, 98: 369-379.
- Franco-Gordo, C., E. Godínez-Domínguez & E. Suárez. 2001. Zooplankton biomass variability in the mexican eastern tropical Pacific. *Pacific Science*. 55(2): 191-202.
- Gómez-Solano, M. I., J. Santos-Valencia & R. E. Del Río-Rodríguez. 2006. First histological description of ovogénesis in *Octopus maya* from Campeche Bay. World Aquaculture Society Meetings. Florence, Italy.



- Gonçalves, J. M. A. 1993. *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 (polvo común): Sinopse da biologia e exploração. Ph. D. thesis, Universidade dos Açores, Horta, Açores. Portugal. 470 pp.
- González-Rendón, R., S. Mejía, B. Lizárraga & O. Lizárraga. 1990. Artes y métodos de captura para el pulpo en Bahía de Mazatlán, Sinaloa. Memorias del Servicio Social Universitario, Escuela de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. 69 pp.
- Guerra-Sierra, A. 1975. Determinación de las diferentes fases de desarrollo sexual de *Octopus vulgaris* Lam. Mediante un índice de madurez. Investigación Pesquera, 39: 397-416.
- Guerra-Sierra, A. 1977. Estudios sobre la biología y estructura de las poblaciones del pulpo común (*Octopus vulgaris*) de la plataforma continental del mediterráneo catalán y de la costa noroccidental africana. Tesis doctoral, Universidad de Barcelona, España.
- Guerra-Sierra, A. 1979a. Fitting a von Bertalanffy expresión to *Octopus vulgaris* growth. Investigaciones Pesqueras, 43 (1): 319-326.
- Guerra-Sierra, A. 1979b. Edad y crecimiento de *Octopus vulgaris* en el Atlántico centro-oriental. CECAF/ECAF. 78(11): 113-126.
- Guerra-Sierra, A. & M. Manríquez. 1980. Parámetros biométricos de *Octopus vulgaris*. Investigaciones Pesqueras. 44(1):177-198.
- Guerra-Sierra, A. 1981. The fishery of *Octopus vulgaris* off Finisterre (NW of Spain). International Council for the Exploration of sea. Ciencias Marinas, 4:112-149.
- Guerra-Sierra, A. & G. Pérez-Gandaras. 1983. Las pesquerías mundiales de cefalópodos, situación actual y perspectivas. Ed. Centro Nacional de Investigaciones Pesqueras (CENIP). Barcelona. España. Inf. Tecn. Inst. Inv. Pesq. 102:104-141.
- Guerra-Sierra, A. 1992. Mollusca: Cephalopoda. Fauna Ibérica. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. 327 pp.
- Haddon, M. 2001. Modelling and quantitative methods in fisheries. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 402 pp.
- Hatanaka, H. 1979a. Spawning season of common octopus, *Octopus vulgaris* Cuvier, off the northwestern coast of Africa. CECAF/ECAF Series 78(11): 135-146.
- Hernández-García, V., J. L. Hernández-López & J. J. Castro-Hernández. 2002. On the reproduction of *Octopus vulgaris* of the coast of the Canary Islands. Fisheries Research. 57: 197-203.



- Hernández-López, J. L. 2000. Biología, ecología y pesca del pulpo común (*Octopus vulgaris*, Cuvier 1797) en aguas de Gran Canaria. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España, 197 pp.
- Hernández-Sánchez, A. & A. Jesús-Navarrete. 2010. Parámetros de crecimiento, mortalidad y tasa de explotación del pulpo *Octopus maya* en Holbox, Quintana Roo, México. *Rev. Biol. Mar. y Ocean.* 45 (3):415-421.
- Hochberg, F. G. 1980. Class Cephalopoda, 201-204. *En: Brusca, R. C. (Ed) Common intertidal invertebrates of the Gulf of California.* 2nd ed. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. 513 pp.
- Huysentruyt, F. & D. Adriaens. 2005. Adhesive structures in the eggs of *Corydoras aeneus* (Gill, 1858; Callichthyidae). *J. Fish Biology.* 66: 871-876.
- Idrissi, F. H., N. Koueta, M. Idhalla, D. Belghyti & S. Bencherifi. 2006. Les modalités du cycle sexuel du poulpe *Octopus vulgaris* du Sud marocain (Tantan, Boujdour). *C. R. Biologies*, 329(11):902-911.
- Ignatius, B. & M. Srinivasan. 2006. Embryonic development in *Octopus aegina* Gray, 1849. *Current Science*, 91(8): 1089-1092.
- INEGI. 1998. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Carta hidrológica de Aguas superficiales. Puerto Escondido. No. D 14-3.
- INEGI. 2003. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Carta hidrológica de Aguas superficiales. Puerto Escondido. No. D14-3.
- INP. 2004. Carta Nacional Pesquera. SAGARPA-INP. 439 pp. http://www.inp.sagarpa.gob.mx/CNP/dof_15-03-2004.pdf.
- Ishiyama, V., B. Shiga & C. Talledo. 1999. Biología reproductiva del pulpo *Octopus mimus* (Mollusca: Cephalopoda) de la región de Matarani, Arequipa, Perú. *Rev. Peru. Biol.*, 6(1):110-122.
- Jurado-Molina, J. 2010. Enfoque Bayesiano con error de implementación para mejorar el manejo de la pesquería de pulpo rojo (*Octopus maya*) en la Península de Yucatán. *Ciencias Marinas*, 36 (1):1-14.
- Katsanevakis, S. & G. Verriopoulos. 2006. Seasonal population dynamics of *Octopus vulgaris* in the eastern Mediterranean. *J. Mar. Sci.* 63:151-160.
- Lavin, M. F., J. M. Robles, M. L. Argote, E. D. Barton, R. Smith, J. Brown, M. Kosro, *et al.* 1992. Física del Golfo de Tehuantepec. *Ciencia y Desarrollo* 12(103): 97-108.
- Leyva-Villarreal, M. M., S. A. Osuna-Marroquín, A. L. Ley-Montoya, F. Cervantes-Galaviz & J. A. Quiñónez-Cruz. 1987. Contribución al conocimiento biológico del pulpo *Octopus*



- sp. En la Bahía de Mazatlán, Sinaloa. Memorias de Servicio Social. Escuela de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. México. 79 pp.
- López-Galán, A. & M. C. Alejo-Plata. 2012. Análisis morfométrico de los estiletes de *Octopus hubbsorum* (Mollusca: Cephalopoda) mediante descriptores elípticos de Fourier. Poster, del Primer Congreso de Morfometría en la UMAR.
- López-Uriarte, E., E. Ríos-Jara & M. Pérez-Péña. 2005a. Range extension for *Octopus hubbsorum* Berry 1953 (Cephalopoda: Octopodidae) in the Mexican Pacific. Bull. Mar. Sci. 77: 171-179.
- López-Uriarte, E. 2006. Ciclo vital y pesca del pulpo *Octopus hubbsorum* Berry 1953 (Cephalopoda: Octopodidae) en la costa de Jalisco, México. Tesis de doctorado, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México, 194 pp.
- López-Uriarte, E. 2007. Relaciones morfométricas de *Octopus hubbsorum* Berry, 1953 (Mollusca: Cephalopoda), 243-246. En: Ríos-Jara, E. M. C. Esqueda-González y C. M. Galván-Villa (Eds.) Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México. Universidad de Guadalajara.
- López-Uriarte, E. & E. Ríos-Jara. 2009. Biología reproductiva de *Octopus hubbsorum* Berry, 1953 (Mollusca, Cephalopoda) en el Pacífico Central Mexicano. 228-230. En: Ríos-Jara, E., M. C. Esqueda-González y C. M. Galván-Villa (Eds) Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, 286 pp.
- Love, M. S. & K. Johnson. 1998. Aspects of the life histories of grass rockfish, *Sebastes rastrelliger*, and brown rockfish, *S. auriculatus*, from southern California. Fishery Bulletin, 87: 100-109.
- Lowerre-Barbieri, K. & R. L. Barbieri. 1993. A new method of oocyte separation and preservation for fish reproduction studies. Fishery Bulletin. 91(1):165-170.
- Márquez, F., N. Ortiz & M. E. Ré. 2006. First description of eggs, hatchlings and hatchling behaviour of *Enteroctopus megalocyathus* (Cephalopoda: Octopodidae). Journal of Plankton Research, 28(10): 881-890.
- Mangold-Wirtz, K. 1963. Biologie des cephalopods benthiques et nectonique del la Mer Catalane. Vie Milieu, 13 (suppl.): 1-285.
- Mangold, K. 1983b. *Octopus vulgaris*. Cephalopod Life Cycles. En: Cephalopod Life Cycles: Species Accounts. Boyle, P. R. (Ed.). Academic Press. London, 1: 335-364.
- Mangold, K. 1987. Reproduction. Cephalopod Life Cycles, En: Cephalopod Life Cycles: Species Accounts. Boyle, P. R. (Ed.). Academic Press. London, 2: 157-200.



- Molina-Cruz, A. & M. Martínez-López. 1994. Oceanography of the Gulf of Tehuantepec, México, indicated by Radiolaria remains. *Paleogeography, paleoclimatology, palaeocology*. 110: 179-195.
- Naef, A. 1928. Die Cephalopoden (Embriologie). *Fauna e Flora del Golfo di Napoli*. Roma: Bardi, Monografía (I/2) 35: 1-364.
- Nesis, K. N. 1987. *Cephalopods of the world. Squid, Cuttlefishes, Octopuses, and Allies*. Neptune City, New Jersey, USA. Tropical Fish Hobbyist Publications.
- Okutani, T. 1993. Juvenile morphology. *Cephalopod life cycles*. Academic Press Inc. 2: 33-34.
- Olivares-Paz, A., M. Zamora-Covarrubias, P. Portilla-Reyes & O. Zúñiga-Romero. 2001. Estudio histológico de la ovogénesis y maduración ovárica en *Octopus mimus* (Cephalopoda: Octopodidae) de la II Región de Chile. *Estud. Oceanol.* 20: 13-22.
- Ordinola-Zapata, E. & S. A. Alemán-Mejía. 2006. Algunos aspectos biológico-pesqueros del pulpo (*Octopus mimus*) en el litoral comprendido entre Punta Capones y Mancora. Resumen del V Seminario Virtual de las Ciencias del Mar-Pesca y Acuicultura, Instituto del Mar de Perú. IMARPE-Centro Regional de Investigación Pesquera y Acuícola de Tumbes, 14 pp.
- Otero-Dávalos, L. M. 1981. Ciclo anual de la producción primaria en la Bahía de Chamela, Jalisco. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM. México. 91 pp
- Otero, J., A. F. González, M. P. Sieiro & A. Guerra. 2007. Reproductive and energy allocation of *Octopus vulgaris* in Galician waters, NE Atlantic. *Fish. Res.* 85: 122-129.
- Pliego-Cardenas, R., F. A. García-Domínguez, B. P. Ceballos-Vázquez, M. Villalejo-Fuerte & M. Arellano-Martínez. 2011. Aspectos reproductivos de *Octopus hubbsorum* (Cephalopoda: Octopodidae) en la Isla Espíritu Santo, sur del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, 37(1):23-32.
- Quetglas, A., F. Alemany, A. Carbonell & P. Merilla. 1998. Biology and fishery of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, caught by trawlers in Mallorca (Balearic Sea, Western Mediterranean). *Fisheries Research*. 36:237-249.
- Raymundo, H. A. R. 1995. Análisis de la abundancia relativa del pulpo *Octopus hubbsorum* (Cephalopoda: Octopoda) y su distribución espacial durante la temporada de pesca 1993 en el área denominada "El Estrecho". Tesis de Licenciatura de Biología. Universidad de Guadalajara, México. 73 pp.
- Ricker, W. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bulletin on the fisheries research board of Canada*. Ottawa, Canada. 382 pp.



- Rocha, F. 2003. Biología, Ecología, Cultivo y Pesquerías de Cefalópodos. Curso de Postgrado. Universidad Austral de Chile, Instituto de Investigaciones Marinas. Vigo, España, 191pp.
- Rocha, F., A. Guerra & A. F. González. 2001. A review of reproductive strategies in cephalopods. *Biological Reviews*, 76 (3): 291-304.
- Roden, G. I. 1961. Sobre la circulación producida por el viento en el golfo de Tehuantepec y sus efectos sobre las temperaturas superficiales. *Geofísica Internacional*. 1:55-72.
- Roden, G. I. 1962. Aspectos oceanográficos del Pacífico ecuatorial oriental. *Geofísica Internacional*. 4:77-92.
- Rodríguez-Marian, J. E. 2011. O enigma da “reação espermatofórica”: Breve síntese do conhecimento sobre a estrutura e o funcionamento dos espermatóforos dos cefalópodos (Mollusca: Cephalopoda). *Papéis Avulsos de Zoología*. 51(13):207-219.
- Rodríguez-Rúa, A., I. Pozuelo, M. A. Prado, M. J. Gómez & M. A. Bruzon. 2005. The gametogenic cycle of *Octopus vulgaris* (Mollusca: Cephalopoda) as observed on the Atlantic coast of Andalusia (south of Spain). *Marine Biology*, 147 (10): 977-933.
- Roper, C. F. E. & R. E. Young. 1975. Vertical distribution of pelagic cephalopods. *Smithson. Contrib. Zool.* 1(209): 1-21.
- Roper, C. F. E., M. J. Sweeney & F. G. Hochberg. 1995. Cephalopods. 235-253 p, *En.*, Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca Pacifico Centro-Oriental. Vol. I Plantas e Invertebrados. Roma, Italia. 646 pp.
- Rosenblatt, M. 1956. Remarks on some nonparametric estimates of a density function. *Ann. Math. Statist.* 27:832-837.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu & T. Taniuchi. 1997. Snp13: Non parametric assessment of multimodality for univariate data. *Stata Technical Bulletin*, 38: 27-35.
- Salgado-Ugarte, I. H. & M. A. Pérez-Hernández. 2003. Exploring the use of variable bandwidth Kernel density estimators. *The Stata Journal*, 3(2):133-147.
- Salgado-Ugarte, I. H., J. Gómez-Márquez & B. Peña-Mendoza. 2005. Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. UNAM, México, 240 pp.
- Sánchez-Cruz, A. Y. 2006. Pesquería, Alimentación y Reproducción de *Octopus hubbsorum* (Berry, 1953) (Cephalopoda: Octopoda) en Puerto Ángel, Oaxaca, durante el periodo 2002-2003. Tesis de Licenciatura, Universidad del Mar Puerto Ángel, Oaxaca, 65 pp.
- Sánchez, P. & R. Obarti. 1993. The Biology and Fishery of *Octopus vulgaris* Caught with Clay Pots on the Spanish Mediterranean Coast. 477-487 p. *En:* Okutani, T, O`Dor, R.K. &



- Kubodera, T. (eds.). Recent Advances in Fisheries Biology (Tokai University Press, Tokyo).
- Sánchez, A. Y., M. C. Alejo & G. Cerdenares. 2003. Temperatura superficial del mar y abundancia del pulpo *Octopus hubbsorum* en Puerto Ángel, Oaxaca, México. 89-90. En; Espino, E., Carrasco, M. A., Cabral, E. G., & Puente, M. (Eds.) II Foro Científico de Pesca Ribereña. CRIP-Manzanillo. Colima.
- Silva, L., I. Sobrino & F. Ramos. 2002. Reproductive biology of the common octopus, *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 (Cephalopoda: Octopodidae) in the Gulf of Cadiz (SW Spain). Bull. Mar. Sci. 71:837-850.
- Silva-Segundo, C. A. 2003. Estructura de la comunidad ictioplanctónica de Bahía de Chamela, Jalisco y Bahía Manzanillo, Colima (Ciclo 2001-2002). Tesis de Licenciatura. CUCBA. Universidad de Guadalajara, 77 pp.
- Silverman, B. W. 1986. Density estimation for statistics and data analysis. Published in Monographs on Statistics and Applied Probability, Chapman and Hall, London, 175 pp.
- Smale, M. J. & P. R. Buchan. 1981. Biology of *Octopus vulgaris* off the east coast of South Africa. Marine Biology, 65: 1-12
- Smith, P. J. 1996. La diversidad genética de los recursos pesqueros marinos: posibles repercusiones de la pesca. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 344. Roma. 59 pp.
- Solís-Ramírez, M. 1994. Mollusca de la Península de Yucatán, México, p.13-32. In Yáñez-Arancibia (ed). Recursos Faunísticos del litoral de la Península de Yucatán, Universidad Autónoma de Campeche, Estación Pacífico del Occidente de México (EPOMEX), Derie Científica 2, Campeche, México.
- StataCorp. (2003). Stata Statistical Software: Release 8.0. College Station, TX: Stata Corporation LP.
- StatSoft Inc. (2007). Statistica (data analysis software system). Version 8.0.
- Torcuato, G. R. & A. A. Ordaz. 2011. Evaluation of growth in juvenile red *Octopus Octopus maya* at different cultivation densities, fed blue crab *Callinectes sapidus* in fiberglass tanks. Resúmenes de la Reunión Internacional de Malacología 2011, La Paz, Baja California Sur, México.
- Trasviña, A. & E. D. Bartón. 1997. Los "Nortes" del Golfo de Tehuantepec: La circulación costera inducida por el viento (25-46 pp). En: Lavin, F.M (Ed). Contribuciones a la oceanografía en física en México. Monografía 3. Unión Geofísica, México.



- Trasviña, A., D. Lluch-Cota, A. E. Filonov & A. Gallegos. 1999. Oceanografía y el niño. El Golfo de Tehuantepec. P. 82-85. *En: Los Impactos del el Niño en México* (V. O. Magaña ed.) SEP-CONACYT.
- Van Heukelem, W. F. 1979. Environmental control of reproduction and life sapn in *Octopus*: an hypothesis. *En: Reproductive ecology of marine invertebrates*. Stancyk, S. E. (Ed). University of South Carolina Press. Columbia: 123-133 pp.
- Van Heukelem, W. F. 1983a. *Octopus maya*, *En: Cephalopod Life Cycles: Species Accounts*. Boyle, P. R. (Ed.). Academic Press. London: 1: 311-323.
- Villanueva, M. R. N. & O. Defeo. 2001. Crecimiento del pulpo *Octopus maya* (Mollusca: Cephalopoda) de la costa de Yucatán, México: un análisis de largo plazo. *Rev. Biol. Trop.*, 49(1): 93-101.
- Villegas, P. & R. Tafur. 2000. Aspectos reproductivos del pulpo (*Octopus mimus*) en el área del Callao. *Inf. Prog. Inst. Mar Perú* 121:3-15.
- Voss, G. L. 1977. Classification of recent cephalopods. *The Biology of Cephalopods, Simposium of the Zoological Society of London* 38: 575-579.
- Wood, J. B. & R. K. O'Dor. 2000. Do larger cephalopods live longer? Effects of temperature and phylogeny on interspecific comparisons of age and size at maturity. *Marine Biology*. 136: 91-99.
- Wyrcki, K. 1965. The annual and semiannual variation of sea surface temperature in the north Pacific Ocean. *Limnology and Oceanography.*, 10 (3): 307-313.
- Zamora, C. M. & P. A. Olivares. 2004. Variaciones bioquímicas e histológicas asociadas al evento reproductivo de la hembra de *Octopus mimus* (Mollusca:Cephalópoda). *Int J. Morphol.* 22(3):207-216.