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 Azu y Tin, 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 espermatóforos 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 estadíos. A) gónada madura (estadío 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 estadío 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 espermatóforos extraídos del saco de Needham de un ejemplar maduro A), B) y C) espermatóforos a diferente objetivo óptico mostrando hélice de espermatozoides (masa espermática). 11

Figura 7. Cortes transversales de un espermatóforo maduro de *Octopus hubbsorum* A) sección del espermatóforo 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 estadío avanzado (estadío XVIII, Naef 1928) a 12

diferente objetivo óptico, y F) embriones desprendidos del festón, en estadío 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 espermatóforo, con medidas señaladas: A) longitud total del espermatóforo, 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 *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca. 34

Figura 19. Relación entre la proporción sexual y los meses de muestreo de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca. 35

Figura 20. Relación entre el peso total (PT) y longitud del manto (LM) en hembras de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca. 36

Figura 21. Relación entre el peso total (PT) y longitud del manto (LM) en machos de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca. 37

Figura 22. Relación entre el peso total (PT) y longitud del manto (LM) para machos y hembras de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca. 37

Figura 23. Relación entre la fecundidad potencial y el peso total (PT) en hembras maduras de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca. 39

Figura 24. Relación entre la fecundidad potencial y la longitud del manto (LM) en hembras maduras de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca. 39

Figura 25. Relación entre la fecundidad potencial y el peso del ovario en hembras maduras de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca. 40

Figura 26. Relación entre la fecundidad relativa y el peso total (PT) en hermbras maduras de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca. 40

Figura 27. Relación entre el número de espermatóforos y el peso total (PT) en machos maduros de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca. 41

Figura 28. Relación entre el número de espermatóforos y la longitud del (LM) en machos maduros de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca. 42

Figura 29. Relación entre el número de espermatóforos y el peso del testículo en machos maduros de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca. 42

Figura 30. Variacion mensual entre el mes y el diametro de ovocitos de hembras maduras de *O. hubbsorum* en la costa de Oaxaca. 43

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 (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 *O.hubbsorum* 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 *O.hubbsorum* en la costa de Oaxaca durante febrero 2011 a mayo 2012. 47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proporción sexual por mes de *O. hubbsorum* 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 *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. 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 espermatóforos; 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 asinchronic 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 ($\mathbf{L_{50}}$) 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.