



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA  
ECOLOGÍA

**Biología reproductiva de *Octopus hubbsorum* Berry, 1953 (Mollusca:  
Cephalopoda, Octopodidae) en la costa de Oaxaca, México.**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**BIÓL. GARCÍA GUADARRAMA CARLOS IVÁN**

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. SALGADO UGARTE ISAÍAS HAZARMABETH.  
FES ZARAGOZA, UNAM.

COMITÉ TUTOR: DRA. MORALES LEDESMA LETICIA.  
FES ZARAGOZA, UNAM.

DRA. JIMÉNEZ BADILLO MARÍA DE LOURDES.  
INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS Y PESQUERÍAS, UV.

MÉXICO, D.F. A NOVIEMBRE DE 2013



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA  
ECOLOGÍA**

**Biología reproductiva de *Octopus hubbsorum* Berry, 1953 (Mollusca:  
Cephalopoda, Octopodidae) en la costa de Oaxaca, México.**

## **TESIS**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**PRESENTA:**

**BIÓL. GARCÍA GUADARRAMA CARLOS IVÁN**

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. SALGADO UGARTE ISAÍAS HAZARMABETH.  
FES ZARAGOZA, UNAM.

COMITÉ TUTOR: DRA. MORALES LEDESMA LETICIA.  
FES ZARAGOZA, UNAM.

DRA. JIMÉNEZ BADILLO MARÍA DE LOURDES.  
INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS Y PESQUERÍAS, UV.

MÉXICO, D.F. A NOVIEMBRE DE 2013



Dr. Isidro Ávila Martínez  
Director General de Administración Escolar, UNAM  
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 29 de Julio de 2013, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS del alumno GARCÍA GUADARRAMA CARLOS IVÁN con número de cuenta 99602666 con la tesis titulada "Biología reproductiva de *Octopus hubbsorum* Berry, 1953 (Mollusca: Cephalopoda, Octopodidae) en la costa de Oaxaca, México", realizada bajo la dirección del DR. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE:

Presidente: DR. ALEXANDER CORREA METRIO  
Vocal: DRA. IRENE DE LOS ÁNGELES BARRIGA SOSA  
Secretario: DRA. LETICIA MORALES LEDESMA  
Suplente: DR. GUILLERMO ARTEMIO BLANCAS ARROYO  
Suplente: DRA. MARÍA DE LOURDES JIMÉNEZ BADILLO

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, D.F., a 27 de septiembre de 2013.

*M. del Coro Arizmendi*

DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA  
COORDINADORA DEL PROGRAMA

c.c.p. Expediente del (la) interesado (a)

## AGRADECIMIENTOS

Al **Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM**, por brindarme la oportunidad de desarrollarme académicamente y personalmente en su programa de estudios.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por otorgarme beca con número CVU/Becario 412873/262620, gracias a la cual pude llevar a cabo mis estudios de maestría que me permitiera financiar mi proyecto de investigación.

Al Dr. Salgado Ugarte Isaías Hazarmabeth, por aceptar ser mi tutor principal de la maestría y por el aporte de conocimiento estadísticos a mi tesis.

A la Dra. Morales Ledesma Leticia, por su apoyo en momentos difíciles, por orientarme académicamente y compartir conmigo todo lo que en sus manos fue posible. Agradezco las observaciones y sugerencias que realizó a mi trabajo de investigación. Gracias por haber formado parte mi Comité Tutor y por apoyarme en mi desarrollo profesional.

A la Dra. Jiménez Badillo María de Lourdes, por los consejos que me dio para el trabajo de campo, agradezco las observaciones y sugerencias que realizó a mi trabajo de investigación. Gracias por haber formado parte mi Comité Tutor y por apoyarme en mi desarrollo profesional.

## AGRADECIMIENTOS A TÍTULO PERSONAL

### A MIS PROFESORES Y PERSONAL ADMINISTRATIVO DEL POSGRADO:

A la Dra. María del Coro Arizmendi, al Dr. Mario Gómez Ramírez, la Dra. Elsa Escamilla, la Dra. María Fanjul, la Dra. Leticia Verdugo, a la Dra. Leticia Morales Ledesma, a la Dra. Patricia , la Dra. Lilia García, al M. en C. Germán Calva, al Dr. Ernesto Armando Rodríguez Reyes, a Lilia Espinoza, a la secretaria Maricela Cabrera.

Un agradecimiento especial al **Dr. Alexander Correa Metrio**, Investigador Asociado C, adscrito al Instituto de Geología de la UNAM y tutor del Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM, por compartir sus conocimientos conmigo y por la asistencia brindada en el uso de los modelos lineales generalizados, empleados en el presente estudio.

### A LA POBLACIÓN y AUTORIDADES DE BAHIAS DE HUATULCO, OAXACA

A los **buzos y pescadores** del puerto de Santa Cruz, Huatulco de las cooperativas Punta Paraíso, Santa María y Riscalillo; particularmente a Israel (Huesos), Cornelio (Nello), Silvio, Saúl y Gerardo (Yopón), por apoyarme con las muestras, así como por brindarme su confianza y amistad, ya que sin su apoyo, este trabajo no habría sido posible.

A los miembros de los restaurantes “Frente al Mar”, “Huayacán” y “Los Almendros d’Caro”, así como a la “Posada Leo” por trato y por las facilidades y apoyo recibidos durante la realización del presente estudio. A su vez agradezco la amistad brindada por parte de Paco, Felipe, Carlos, Fidel, Román, Eugenio, Alex, pero especialmente a la Sra. Genoveva García.

## **DEDICATORIAS**

### **A MI FAMILIA:**

A **MI MAMÁ** por apoyarme incondicionalmente y acompañarme en mi desarrollo personal y profesional a lo largo de mi vida. Por poner de su parte para que pudiera sacar adelante este proyecto.

A **MI ABUELO<sup>†</sup> Y A MI TÍO<sup>†</sup>** que partieron durante este periodo en que realicé mis estudios de maestría, por el tiempo que compartimos juntos y por su aliento para que siguiera adelante con mi crecimiento profesional.

### **A MIS AMIGOS Y AMIGAS:**

Especialmente a **Gloria, Montserrat, Gabriel, Ismael, Israel, Jorge, Pepe y Lupita** por los momentos compartidos tanto buenos como malos a lo largo de años.

A Azucena (L-7. UMIEZ), a Liba (LBBP) y a la profa. Mitsui (LBBP), por su apoyo durante la maestría.

### **A MI JURADO DEL EXÁMEN DE GRADO DE MAESTRÍA POR SUS VALIOSAS**

#### **OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS**

Presidente. Dr. Alexander Correa Metrio.

Vocal. Dra. Irene de los Ángeles Barriga Sosa.

Secretaria. Dra. Leticia Morales Ledesma

Suplente 1. Dr. Guillermo Blancas Arroyo.

Suplente 2. Dra. María de Lourdes Jiménez Badillo.



## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. ANTECEDENTES	
2.1. DIFERENCIACIÓN DEL ESPACIO COSTERO DEL ESTADO DE OAXACA.....	7
2.2. PESQUERIAS.....	9
2.2.1. Pesquerías en la costa del estado de Oaxaca.....	9
2.2.2. Pesquería en las bahías de Huatulco. ....	10
2.2.3. Pesquería de pulpo en la costa del estado de Oaxaca.....	10
2.2.4. Moluscos en Bahías de Huatulco. ....	11
2.2.5. Pesca comercial en Bahías de Huatulco. ....	11
2.3. CLASIFICACIÓN TAXOMÓMICA DEL PULPO DE HUBBS.	
2.3.1. Clasificación taxonómica.....	14
2.3.2. Diagnósis de la especie.....	15
2.3.3. Problemas encontrados en la clasificación taxonómica.....	16
2. 4. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. ....	17
2. 5. DIETA Y HÁBITOS ALIMENTICIOS. ....	18
2. 6. BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL PULPO.....	19
2.6.1. Regulación de la reproducción. ....	20
2.6.2. Maduración sexual en machos. ....	21
2.6.3. Maduración sexual en hembras. ....	23
2.6.4. Ovogénesis y fases de desarrollo de los ovocitos. ....	24
2.6.5. Evaluación macroscópica y escalas de maduración sexual. ....	26
2.6.6. Estudios sobre biología reproductiva en las costas mexicanas. ....	28
3. JUSTIFICACIÓN.....	31
4. OBJETIVOS	
GENERAL.....	32
ESPECÍFICOS.....	32

5. MÉTODO	
5.1. Área de estudio.....	33
5.2. Captura de organismos.....	33
5.3. Determinación taxonómica .....	34
5.4. Análisis morfogravimétrico y talla de madurez.....	35
5.5. Madurez gonádica y época de reproducción.....	36
5.6. Índices morfofisiológicos.....	37
5.7. Distribución de los índices.....	39
5.8. Análisis Multivariado de Covarianza (ANMUCOVA). .....	39
5.9. Fecundidad. ....	41
5.10. Modelo lineal generalizado.....	43
6. RESULTADOS.....	46
6.1. Descripción de la pesquería de pulpo en el puerto de Santa Cruz Huatulco, Oaxaca, en un ciclo anual. ....	46
6.2.Descripción del pulpo capturado en la pesquería de Santa Cruz, Huatulco.....	49
6.2. Proporción mensual por sexos. ....	52
6.3. Estadios de desarrollo gonádico por sexo. ....	54
6.4. Relación peso-longitud.....	60
6.5. Índices morfofisiológicos. ....	64
6.6. Análisis multivariado de covarianza (ANMUCOVA). ....	78
6.8. Talla y peso de madurez.....	85
6.7. Análisis de la fecundidad del pulpo de Hubb.....	86
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	91
8. CONCLUSIONES.....	102
9. SUGERENCIAS.....	104
10. LITERATUA CITADA.....	106
11. ANEXOS.....	116

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Subdivisión de las costas del estado de Oaxaca. Imagen: Google Earth, 2011.....	7
<b>Figura 2.</b> Variación de la pesca ribereña de pulpo en las pesquerías de Oaxaca. La escala 1 a 12 corresponde a los meses de enero a diciembre de 2010.....	10
<b>Figura 3.</b> Imagen dorsal de <i>Octopus hubbsorum</i> . A la derecha se muestra imagen de la modificación en la terminación del tercer tentáculo en los machos denominado hectocóctilo (estructura que permite la transferencia espermatofórica) .....	15
<b>Figura 4.</b> Distribución geográfica de <i>Octopus hubbsorum</i> Berry, 1953; en las costas de México (López-Uriarte <i>et al.</i> 2005; Alejo-Plata <i>et al.</i> 2009; Pliego-Cárdenas <i>et al.</i> 2011) Imagen: Google Earth, 2011.....	18
<b>Figura 5.</b> Aparato reproductor femenino de <i>O. hubbsorum</i> .....	20
<b>Figura 6.</b> Aparato reproductor masculino de <i>O. hubbsorum</i> . .....	20
<b>Figura 7.</b> La producción de espermátóforos en <i>S. pteropus</i> : espermátóforos tentativos (a-d), espermátóforos falsos (e-f), espermátóforos viables (g). Escala de 1 mm. (Nigmatullin <i>et al.</i> 2003). .....	23
<b>Figura 8.</b> Etapas de desarrollo de los ovocitos en el pulpo <i>Eledone cirrhosa</i> para mostrar los cambios secuenciales en la formación del ovocito/complejo folicular y el secuestro del vitelo. a) Fase I; b) Fase II (previtelogénesis) y c) Fase III (viteologénesis). Modificado de Boyle y Rodhouse (2005). .....	26
<b>Figura 9.</b> Distribución geográfica de la zona de estudio en las costas de México. Imagen: Google Earth, 2011. Edición en Surfer 8.0.....	34
<b>Figura 10.</b> Dársena del Puerto de Santa Cruz Huatulco, Oaxaca. ....	48
<b>Figura 11.</b> Equipo de pesca para la captura del pulpo (consiste de aletas, visor, ganchos y amarras). .....	49
<b>Figura 12.</b> Izquierda. Vista dorsal del pulpo de Hubb. Derecha arriba. Vista ventral del manto. Derecha centro. Es posible observar ventosas agrandadas en el 2° y 3° tentáculo. Derecha abajo. Vista del tentáculo modificado y su parte terminal el hectocóctilo diminuto en un macho maduro. ....	50
<b>Figura 13.</b> Proporción mensual de sexos de <i>O. hubbsorum</i> entre los meses de diciembre de 2011 a noviembre de 2012. *abril $\chi^2_{40,1} = 6.40$ , ( $P = 0.01$ ) .....	53
<b>Figura 14.</b> Proporción de estadios por desarrollo gonádico de las hembras de <i>O. hubbsorum</i> . .....	58
<b>Figura 15.</b> Proporción de estadios por desarrollo gonádico de los machos de <i>O. hubbsorum</i> .....	59
<b>Figura 16.</b> Diagrama de dispersión y función potencial de la relación peso-talla por sexos combinados de <i>O. hubbsorum</i> A) relación peso total-longitud total; B) relación peso total- longitud dorsal del manto; C) relación peso total- longitud ventral del manto. ....	61
<b>Figura 17.</b> Diagrama de dispersión y función potencial de la relación peso-talla de las hembras de <i>O. hubbsorum</i> a) relación peso total-longitud total; b) relación peso total-longitud dorsal del manto; c) relación peso total-longitud ventral del manto. ....	62

<b>Figura 18.</b> Diagrama de dispersión y función potencial de la relación peso-talla de los machos de <i>O. hubbsorum</i> A) relación peso total-longitud total; B) relación peso total-longitud dorsal del manto; C) relación peso total- longitud ventral del manto. ....	<b>63</b>
<b>Figura 19.</b> Valores del logaritmo natural de los índices morfofisiológicos de las hembras de <i>O. hubbsorum</i> , a través del ciclo de muestreo diciembre de 2011 a noviembre de 2012. ....	<b>66</b>
<b>Figura 20.</b> Diagramas de violín del logaritmo natural del índice gonadosomático ( <i>IGS</i> ) en hembras de <i>O. hubbsorum</i> por mes. ....	<b>67</b>
<b>Figura 21.</b> Diagramas de violín del logaritmo del <i>IM</i> en hembras <i>O. hubbsorum</i> por mes. ....	<b>68</b>
<b>Figura 22.</b> Diagramas de violín del logaritmo del <i>IGO</i> en hembras <i>O. hubbsorum</i> por mes. ....	<b>69</b>
<b>Figura 23.</b> Diagramas de violín del logaritmo del <i>IHS</i> en hembras <i>O. hubbsorum</i> por mes. ....	<b>70</b>
<b>Figura 24.</b> Valores del logaritmo natural de los índices morfofisiológicos de los machos de <i>O. hubbsorum</i> , a través del ciclo de muestreo diciembre de 2011 a octubre de 2012. Flechas hacia arriba y abajo indican variación estadísticamente significativa entre meses en contraste lineal. ....	<b>73</b>
<b>Figura 25.</b> Diagramas de violín del logaritmo natural del <i>IGS</i> en machos <i>O. hubbsorum</i> por mes. ....	<b>74</b>
<b>Figura 26.</b> Diagramas de violín del logaritmo del <i>IM</i> en machos <i>O. hubbsorum</i> por mes. ....	<b>75</b>
<b>Figura 27.</b> Diagramas de violín del logaritmo del <i>ICE</i> en machos <i>O. hubbsorum</i> por mes. ....	<b>76</b>
<b>Figura 28.</b> Diagramas de violín del logaritmo del <i>IHS</i> en machos <i>O. hubbsorum</i> por mes. ....	<b>77</b>
<b>Figura 29.</b> Valores del logaritmo natural de los pesos medios de gónada, glándula accesoria, glándula hepática y peso eviscerado en las hembras de <i>O. hubbsorum</i> , a través del ciclo de muestreo diciembre de 2011 a noviembre de 2012. ....	<b>79</b>
<b>Figura 30.</b> Valores del logaritmo natural de los índices morfofisiológicos de los machos de <i>O. hubbsorum</i> , a través del ciclo de muestreo diciembre de 2011 a octubre de 2012. ....	<b>81</b>
<b>Figura 31.</b> Ajuste de la curva del modelo logístico de <i>O. hubbsorum</i> a la madurez en Bahías de Huatulco. A) longitud total en hembras; B) peso total en hembras; C) longitud total en machos ; D) peso total en machos. ....	<b>85</b>
<b>Figura 32.</b> Variación del logaritmo natural de la fecundidad potencial (línea azul) y del logaritmo natural de la fecundidad relativa (línea roja), en las hembras maduras del pulpo de Hubb (n=22), a lo largo del periodo de estudio. ....	<b>86</b>
<b>Figura 33.</b> Variación del logaritmo natural de la fecundidad potencial (línea azul) y del logaritmo natural de la fecundidad relativa (línea roja), en los machos maduros del pulpo de Hubb (n=109), a lo largo del periodo de estudio. ....	<b>87</b>

**Figura 34.** Variación media de la fecundidad potencial de los machos por fecha de muestreo (línea azul), a lo largo del periodo de estudio. Predicción del modelo lineal generalizado fecundidad~gonada(mes)+complejo espermatofórico(mes) (línea verde). Predicción del modelo lineal generalizado fecundidad~peso eviscerado(mes)+glándula hepatosomática(mes) (línea verde). .....**89**

**Figura 35.** Gráfico Q-Q para la normalidad de la distribución de residuos (superior izquierda) y distribución de la varianza de los residuos (superior derecha) de la predicción del modelo lineal generalizado fecundidad~gonada(mes)+complejo espermatofórico(mes), obtenido por validación cruzada. Gráfico Q-Q para la normalidad de residuos (inferior izquierda) y distribución de varianza de los residuos (inferior derecha) de la predicción del modelo lineal generalizado fecundidad~peso eviscerado(mes)+glándula hepatosomática (mes), obtenido por validación cruzada.....**90**

**Figura 36.** Caracteres morfométricos considerados para la medición de pulpos. En el presente estudio se midieron la Longitud Total (Lt) y Longitud Dorsal del Manto (LDM), y la Longitud Ventral del Manto (LVM). A) Esquema anatómico del pulpo y parámetros morfométricos. En números romanos, se enlistan los tentáculos; B) Esquema de la lígula presente en pulpos machos. Imagen tomada de Rocha (2003). .....**117**

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Calendario de capturas por meses en Huatulco, Oaxaca.....	13
<b>Tabla 2.</b> <i>O. hubbsorum</i> . Medidas y cuentas de hembras en base a las claves y diagnóstico de Roper <i>et al.</i> 1995. ....	51
<b>Tabla 3.</b> <i>O. hubbsorum</i> . Medidas y cuentas de hembras en base a las claves y diagnóstico de Roper <i>et al.</i> 1995. ....	51
<b>Tabla 4.</b> Proporción de sexos de <i>O. hubbsorum</i> entre los meses de diciembre de 2011 a noviembre de 2012. ....	54
<b>Tabla 5.</b> Estadio macroscópico de desarrollo gonádico de las hembras de <i>O. hubbsorum</i> .....	55
<b>Tabla 6.</b> Estadio macroscópico de desarrollo gonádico de los machos de <i>O. hubbsorum</i> . ....	57
<b>Tabla 7.</b> Promedio aritmético y desviación estándar de los índices morfofisiológicos de las hembras de <i>O. hubbsorum</i> en el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012.....	64
<b>Tabla 8.</b> Promedio aritmético y desviación estándar del logaritmo natural de los índices morfofisiológicos de los machos de <i>O. hubbsorum</i> en el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012. ....	72
<b>Tabla 9.</b> Análisis multivariado de covarianza con intersección (factor y covariada) de las hembras de <i>O. hubbsorum</i> en el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012. ....	80
<b>Tabla 10.</b> Análisis multivariado de varianza para los pesos (ovario, complejo oviductal, glándula hepátosomática y peso eviscerado) por mes de las hembras de <i>O. hubbsorum</i> en el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012.....	80
<b>Tabla 11.</b> Contraste lineal <i>a posteriori</i> entre meses para el análisis de medias de pesos de las variables lnpev, lngh, lngónada y lnga de las hembras de <i>O. hubbsorum</i> en el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012. ....	80
<b>Tabla 12.</b> Análisis multivariado de covarianza con intersección para los machos de <i>O. hubbsorum</i> en el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012. ....	82
<b>Tabla 13.</b> Análisis multivariado de varianza para los pesos (testículo, complejo espermatofórico, glándula hepática y peso eviscerado) de los machos de <i>O. hubbsorum</i> en el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012. ....	82
<b>Tabla 14.</b> Contraste lineal <i>a posteriori</i> entre valores medios sucesivos mensuales de pesos de lnpev, lngh, lngonada y lnga de los machos de <i>O. hubbsorum</i> en el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012. ....	83
<b>Tabla A1.</b> Escala macroscópica de clasificación de los estadios de maduración gonádica de ICES (2010), a partir de 1. Guerra (1975); 2. Quetglas <i>et al.</i> (1998) para <i>O. vulgaris</i> . ....	118



## RESUMEN

La microrregión de ordenamiento pesquero 5A en Bahías de Huatulco, Oaxaca, incorpora parte del área de influencia marítima del Parque Nacional Huatulco, región en la que coexiste el desarrollo turístico Huatulco. En los últimos años ha venido decayendo la productividad pesquera y es conocida la merma en la población de especies como son el erizo, la almeja reina, el ostión y el tiburón, debido entre otros factores como la falta de planes de manejo específicos de la región, sumado a la falta de establecimientos oficiales de veda para diversas especies. Los conocimientos sobre la biología reproductiva, son considerados importantes para explicar en parte las fluctuaciones de la abundancia poblacional del pulpo. Debido a la importancia del pulpo *Octopus hubbsorum*, como recurso pesquero, el presente trabajo analizó aspectos reproductivos, que ayuden a comprender el potencial reproductivo de la especie y promover un manejo basado en su sustentabilidad, enmarcado dentro de una región de protección ecológica.

Se analizaron patrones reproductivos, a partir del estudio de 431 organismos provenientes de la pesca artesanal. A lo largo del periodo total de estudio, no se encontraron evidencias que rechacen la hipótesis nula de igualdad de la proporción sexual ( $\chi^2_{432,1} = 0.36$ ,  $P = 0.55$ ). La presencia de machos y hembras maduros a lo largo del año, evidenció un periodo reproductivo anual con pico de actividad en primavera, obtenido mediante el análisis de índices morfofisiológicos tradicionalmente empleados (gonadosomático relativo; madurez relativa; complejo espermatofórico; glándula oviductal y glándula hepatosomática), que son actualmente cuestionados sobre la validez de su uso en algunos casos, además de métodos



alternativos como el Análisis Multivariado de Covarianza (ANMUCOVA), el cual elimina las deficiencias de los métodos tradicionales. Además se analizó la fecundidad potencial mediante modelos lineales generalizados, los cuales revelaron que el peso de gónadas, glándulas accesorias y hepática y peso eviscerado son variables explicativas de la fecundidad potencial en los machos, mientras que la talla (longitud total) no lo es.

## ABSTRACT

The fisheries micromanagement region 5A at Huatulco, Oaxaca, incorporates part of the maritime influence area of the Huatulco National Park, where there is an important tourism development. In recent years a decline in fishery productivity has been detected and it is known a decrease in the population of species such as sea urchin, queen clams, oysters and sharks, due among other factors to the lack of specific management plans in the region, added to the lack of official establishments of closed seasons for several species. Knowledge of reproductive biology, is considered important to explain in part the fluctuations in population abundance of octopus. Due to the importance of *Octopus hubbsorum*, as a fishing resource, this paper sought reproductive aspects, which helped to understand the reproductive potential of the species and promotes management based on its sustainability as a fishing resource, framed within a region with ecological protection.

Reproductive patterns were sought, based on a study of 431 organisms from artisan fishing. Throughout the entire study period ( $\chi^2_{432,1} = 0.36$ ,  $P = 0.55$ ), there was no evidence to reject the null hypothesis of equal sex proportion. The presence of mature males and females throughout the annual cycle, showed an annual reproductive period with a spring activity peak obtained by analyzing traditionally used morphophysiological indices (gonadosomatic relative, relative maturity, spermatophoric complex, oviductal and hepatosomatic glands), which are currently being questioned about the validity of its use in some cases, in addition to alternative methods such as Multivariate Analysis of Covariance (MANCOVA), which eliminates the shortcomings of traditional methods. We also

analyzed potential fertility using generalized linear models. Besides, the potential fecundity was analyzed by general linear models which revealed that the gonads, accessory glands, hepatic gland and eviscerated weights are explicative variables of potential fecundity in males while the size (total length) is not.

## 1. INTRODUCCIÓN

Del Phylum Mollusca, se desprende la clase Cephalopoda, misma que incluye tres subclases: Ammonoidea, Nautiloidea y Coleoidea. Dentro de la subclase Coleoidea, se ubica la familia Octopodidae, misma que incluye al género *Octopus* Cuvier, 1797; del cual se han descrito a la fecha más de 100 especies (Boyle y Rodhouse 2005; Mather J. A. 2010). En México se han reportado nueve especies del género *Octopus* en la vertiente del Pacífico y el Golfo de California: *O. alecto* Berry, 1953; *O. bimaculatus* Verrill, 1883; *O. chierchiae* Jatta, 1889; *O. digueti* Perrier and Rochebrune, 1894; *O. fitchi* Berry, 1953; *O. hubbsorum* Berry, 1953; *O. penicillifer* Berry, 1954; *O. rubescens* Berry, 1953 y *O. veligero* Berry, 1953; mientras que en la vertiente del Golfo de México y mar Caribe se han reportado dos especies: *O. maya* Voss and Solis Ramirez, 1966 y *O. vulgaris* Lamarck, 1798 (Roper *et al.* 1995; Sánchez 2003; Pliego-Cárdenas 2011).

Los cefalópodos representaron en 2008 el 4 % del consumo de pesca a nivel mundial (FAO 2010). Por su parte, en México en 2006, la pesca comercial del pulpo, representó el octavo lugar en cuanto a captura (Arreguín-Sanchez 2006; Castellanos-Martínez 2008) mientras que en 2010 representó el noveno lugar en el rango de máxima explotación, después de especies como la sardina, el camarón, el atún, la mojarra, el calamar, el ostión, la carpa y la almeja (CONAPESCA 2011). De todos estos, *Octopus hubbsorum* (*O. hubbsorum*) es el pulpo que más se captura a lo largo de la costa occidental mexicana (López-Urriarte 2005) y es el que sostiene la pesquería de pulpo en las costas de Jalisco (Aguilar-Chávez 1995, citado por Alejo-Plata *et al.* 2009), Oaxaca (Alejo-Plata y *et al.* 2009) y Colima (Arreguín-

Sánchez 2006).

Debido a la importancia pesquera de estos cefalópodos, son necesarios estudios taxonómicos, poblacionales, reproductivos y de captura por esfuerzo pesquero, debido la necesidad de información para un manejo adecuado integral y sostenido del recurso. A pesar de lo anteriormente expuesto, son pocos los estudios que existen a nivel de las costas del Pacífico, generando un manejo ineficiente en las pesquerías mexicanas (Bravo-Olivas 2008; Alejo-Plata *et al.* 2009; López-Uriarte *et al.* 2009; Pliego-Cárdenas *et al.* 2011;).

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. DIFERENCIACIÓN DEL ESPACIO COSTERO DEL ESTADO DE OAXACA.

La costa de Oaxaca (Figura 1), se divide en dos regiones costeras. La costa sur-occidental del Pacífico Mexicano y la costa del Golfo de Tehuantepec (Arriaga-Cabrera *et al.* 1998; Ortiz-Pérez *et al.* 2006).

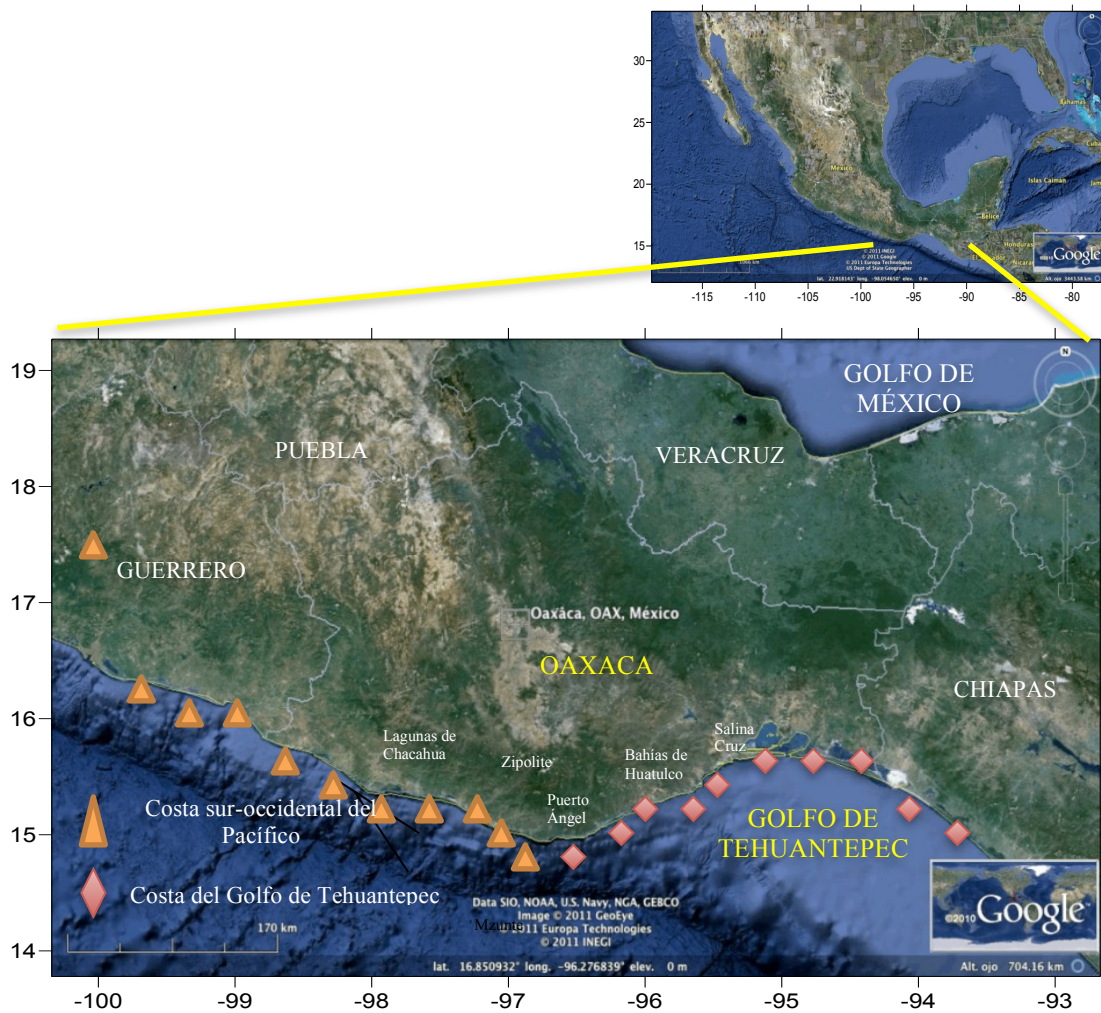


Figura 1. Subdivisión de las costas del estado de Oaxaca. Imagen: Google Earth, 2011

La **costa sur-occidental del Pacífico mexicano**, limita al norte con las estribaciones de la Sierra Madre del Sur y en el extremo Noroeste con Bahía de Banderas, Jalisco. Desde Cabo Corrientes, la línea de costa se enfilea con un rumbo NW-SE hasta la localidad de Mazunte, Oaxaca. Desde el punto de vista climático, pertenece a la franja del trópico seco con climas subhúmedos y presencia de lluvias en verano. La distribución de las lluvias en la costa es variable pues oscila entre los 600 a los 800 mm anuales. Algunas costas interiores se asocian a una buena cantidad de lagunas costeras que se originan de los escurrimientos que emite la vertiente de la Sierra Madre del Sur. Esta costa está bañada por las aguas tropicales ecuatoriales del Océano Pacífico, que se caracteriza por un oleaje del orden de dos a tres metros de altura con períodos de longitud de onda entre los 12 s y los 15 s debido al amplio espacio de la tirada de viento sobre la superficie del mar conocido como fetch (Ortiz-Pérez *et al.* 2006).

**La costa del Golfo de Tehuantepec.** Geológicamente corresponde a una costa de colisión entre la Placa Oceánica de Cocos y la Placa Americana de naturaleza continental. A la altura del Golfo de Tehuantepec, la trinchera se separa de la porción continental frente al Puerto de Salina Cruz. En el trecho de costa comprendida entre Puerto Ángel y Salina Cruz, se identifica una serie de elementos sobresalientes como es el conjunto de Bahías de Huatulco, que constituyen fondos guarnecidos por salientes rocosas y acantiladas. El fenómeno meteorológico de mayor relevancia que distingue al Golfo de Tehuantepec, es el efecto de los nortes

que se generan en el Golfo de México entre los meses de octubre y abril, los cuales pasan a través del Istmo y que se conocen como “Tehuano” o “Tehuantepecano”. Una vez que cruzan el istmo y soplan sobre la superficie del Golfo de Tehuantepec, empujan la masa de agua superficial mar afuera, que es sustituida por agua subsuperficial y de corrientes de circulación horizontal para guardar el equilibrio isostático. El fenómeno resultante es una surgencia de agua fría, rica en nutrientes. En la zona sublitoral se generan importantes corrientes costeras como parte del desplazamiento de la advección con la convergencia de corrientes de deriva lateral a la altura del Puerto de Salina Cruz, para reintegrarse al rumbo de la surgencia (Ortiz-Pérez *et al.* 2006).

## **2.2. PESQUERÍAS.**

### **2.2.1. Pesquerías en la costa del estado de Oaxaca.**

México contribuye con cerca del 1% de la pesca total mundial (FAO 2010). En la costa de Oaxaca la pesca es artesanal de subsistencia, no existe una flota formalmente estructurada como en otras pesquerías (Díaz-Uribe *et al.* 1999 citado por Alejo-Plata 2009).



### 2.2.2. Pesquería en las bahías de Huatulco.

El conocimiento de los recursos marinos de las Bahías de Huatulco, aún se encuentra en el nivel de inventario. Existen investigaciones realizadas por universidades y centros de investigación en el litoral del estado (CONANP 2003).

### 2.2.3. Pesquería de pulpo en la costa del estado de Oaxaca.

En la pesquería del estado de Oaxaca en 2010 (Figura 2), se obtuvo una captura en peso vivo equivalente a 75,872 kg anuales de pulpo (CONAPESCA 2011).

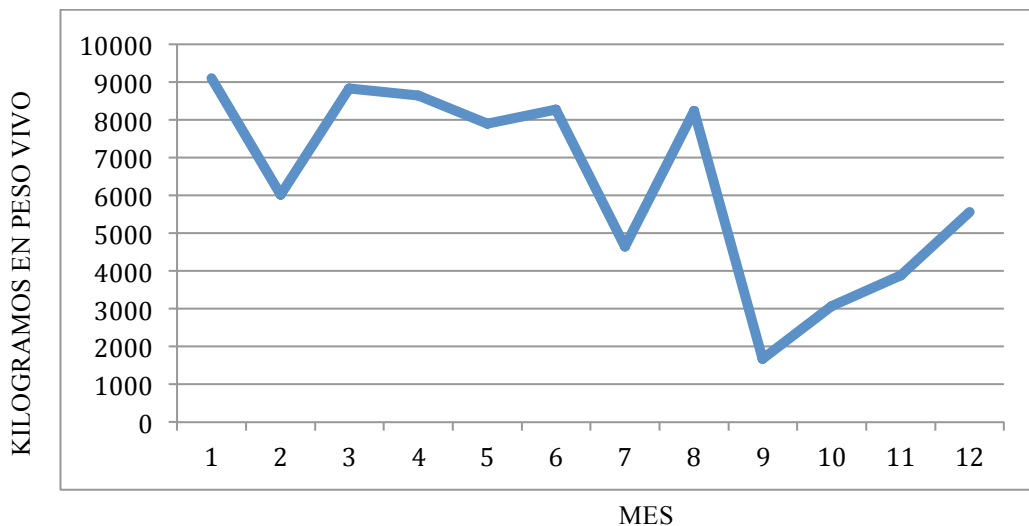


Figura 2. Variación de la pesca ribereña de pulpo en las pesquerías de Oaxaca. La escala 1 a 12 corresponde a los meses de enero a diciembre de 2010. Fuente: CONAPESCA (2011).

El pulpo fue la novena especie explotada a nivel nacional en 2010, constituyendo *O. maya* y *O. vulgaris* (en la costa del Golfo) el 96% en peso vivo de la pesca total de pulpo a nivel nacional, debido a esto, se han desarrollado planes de manejo para las pesquerías del Golfo de México y mar Caribe, estableciéndose la veda del

16 de diciembre al 31 de junio para *O. maya* y del 16 de enero al 31 de junio para *O. vulgaris* (CONAPESCA 2011). No obstante el conocimiento sobre las pesquerías del Pacífico y la biología de las especies, es limitado. Además se presentan condiciones oceanográficas y climatológicas diferentes y no existen debido a ello planes de manejo adecuados para las pesquerías que permitan aprovechar el recurso de manera sostenida (Alejo-Plata 2009; López-Uriarte 2005; Alejo-Plata y Cerdaneres-Ladrón de Guevara 2002) por lo que el plan de manejo aplicado en el Golfo de México, no puede aplicarse a las pesquerías de la vertiente del Pacífico (Pliego-Cárdenas *et al.* 2011).

#### **2.2.4. Moluscos en Bahías de Huatulco.**

Respecto a los moluscos de la zona sublitoral rocosa y arenosa, se han estimado un número de 111 especies, 37 familias y cuatro clases: Gasteropoda, Bivalvia, Cephalopoda y Polyplacophora. La clase Cephalopoda, cuenta con aproximadamente 20 especies, casi todas de importancia comercial, sobre todo el pulpo (*Octopus sp.*) (CONANP 2003).

#### **2.2.5. Pesca comercial en Bahías de Huatulco.**

La actividad extractiva de recursos pesqueros se realiza tanto a través de pesca en el mar, como en ríos y lagunas, siendo la primera de especial relevancia con fines comerciales. En ésta se incluyen, la pesca de: huachinango (*Lutjanus peru*), pargo

(*Lutjanus gutalus*), cazón (*Rhizoprionodon longurio*), flamenco (*Lutjanus argentiventis*) salema (*Scatator sp.*), barrilete (*Katsuwonus pelamis*) y cocinero (*Carnax caballus*). Otras especies explotadas son: curvina (*Cynoscion reticulatus*), jurel (*Carnax hippos*), roncador (*Anisotremus interruptus*), rayita (*Dasyatis sp.*), bagre (*Bagre pinnimaculatu*), mojarra blanca (*Eugeres lineatus*), sierra (*Scomberomorus sierra*), atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), botete (*Sphoroides annulatus*) y berrugata (*Menticirrhus sp.*). Entre los crustáceos las más importantes son el camarón blanco (*Penaeus vannamei*), camarón café (*Penaeus californiensis*) y camarón azul (*Penaeus stylirostris*), langostino (*Macrobrachium americanus*), langosta (*Panulirus gracilis* y *Panulirus inflatus*), ostión (*Crassostrea sp.*), mejillón (*Choromytilus sp.*), pulpo (*Octopus sp.*), caracol (*Phyllonothus sp.*) y almeja (*Megapitaria sp.*). Este tipo de pesca, en la región comprendida entre Playa Grande y río Copalita conocida como Microregión de Ordenamiento Pesquero 5A Huatulco, en donde queda integrada geográficamente el área marina del Parque Nacional Huatulco, la realizan pescadores residentes en las localidades de Coyula, El Arenal, Santa María Huatulco, San Agustín, Santa Cruz Huatulco y Copalita, que se encuentran organizados en seis Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera, y 11 permisionarios, agrupando a un total de 204 pescadores. La pesca se caracteriza por ser de tipo artesanal. En general, tanto las cooperativas como los permisionarios se encuentran equipados con lanchas de fibra de vidrio de aproximadamente 7 m de eslora, con motor fuera de borda de 40 a 75 Hp, en el mejor de los casos, ya que existen pescadores que únicamente cuentan con una cámara de llanta a la cual le amarran una red, aletas y

visor. Para la extracción de peces, moluscos y crustáceos utilizan: anzuelos, ganchos, barretas, atarrayas, redes agalleras o trasmallos y arpones. En la zona de Huatulco se tienen registradas 561 artes de pesca, distribuidas principalmente entre las Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera, que representan el esfuerzo de pesca que se está aplicando en la zona. Hasta el momento no existen estudios que definan el esfuerzo óptimo para esta región. La mayor actividad pesquera se lleva a cabo en los meses de diciembre-enero y marzo-mayo, lo que se supone responde a la demanda de producto en las temporadas vacacionales y a las pocas posibilidades de acceder al mar en temporada de lluvias y huracanes. Un análisis de la Dirección del Parque Nacional Huatulco, junto con los pescadores y buzos de Huatulco permitió definir el calendario de explotación de las especies comerciales capturadas (Tabla 1) en la zona (CONANP 2003).

**Tabla 1. Calendario por meses de capturas en Huatulco, Oaxaca**

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Huachinango	X	X	X	X	X							
Boba	X	X	X								X	X
Barrilete y atún	X	X	X	X	X				X	X	X	X
Langosta	X	X	X	X	X	VEDA						X
Ostión	X	X	X	X	X	X	VEDA			X	X	X
Pulpo	X	X	X	X	X			X	X	X	X	
Especies de segunda	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

## **2.3. CLASIFICACIÓN TAXOMÓMICA DEL PULPO DE HUBB.**

### **2.3.1. Clasificación taxonómica.**

La clase Cephalopoda ha estado inscrita en diversas clasificaciones taxonómicas, generando controversias sobre la clasificación de las especies y se ha sometido a diversas revisiones. La clase se divide en tres subclases: Ammonoidea<sup>1</sup> Nautiloidea y Coleoidea, dentro de la que se encuentra la familia Octopodidae, misma en la que se ubica el género *Octopus*, de la cual han sido descritas a la fecha más de 100 especies (Anexo I). Para el presente trabajo, se revisó la literatura existente, sobre el estado actual de clasificación de la especie, considerando las siguientes fuentes, Roper *et al.* (1995), Brusca y Brusca (2003), Boyle y Rodhouse (2005), Mather (2010), Discoverlife (2011).

**Dominio Eukaryota Whitaker y Margulis, 1978**

**Reino Animalia Linnaeus, 1758**

**Filo Mollusca Cuvier, 1795**

**Clase Cephalopoda Cuvier, 1797**

**Subclase Coleoidea Bather, 1888**

**División Neocoildea Hass, 1997**

**Superorden<sup>2</sup> Octobranchia Fioroni, 1981**

**Orden<sup>3</sup> Octopoda Leach, 1818**

**Suborden Incirrina Grimpe, 1916**

**Familia Octopodidae Orbigny, 1840**

**Subfamilia Octopodinae Orbigny, 1839-1842**

**Género *Octopus* Cuvier, 1797**

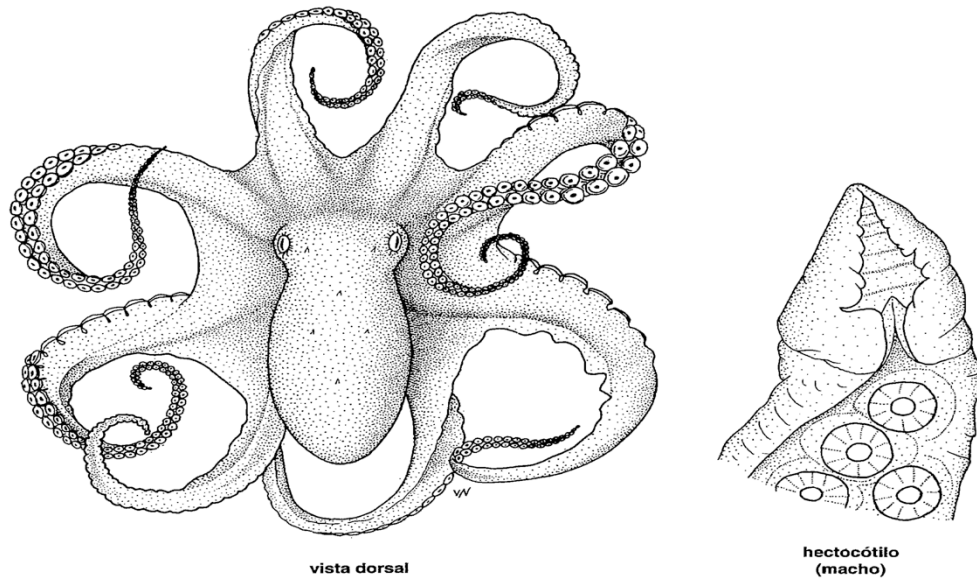
**Especie *Octopus hubbsorum* Berry, 1953**

---

<sup>1</sup> La subclase Ammonoidea, es considerada por Boyle y Rodhouse (2005), en cambio Young *et al.* (2011), consideran a la subclase Myopsida Naeff, 1916. Por su parte Brusca y Brusca (2003), solo consideran la subclase Nautiloidea y Coleoidea.

<sup>2</sup> El Superorden es descrito como Octobranchia Fioroni, 1981 en las clasificaciones de Boyle y Rodhouse (2005) y Discoverlife (2011), En cambio, Young *et al.* (2011) describe al superorden como Octopodiformes Young, 1998.

<sup>3</sup> En algunas clasificaciones refieren Octopodida como sinonimia de Octopoda.



**Figura 3. Imagen dorsal de *Octopus hubbsorum*. A la derecha se muestra imagen de la modificación en la terminación del tercer tentáculo en los machos denominado hectocótilo (estructura que permite la transferencia espermatofórica.) Fuente Roper *et al.* 1995.**

### **2.3.2. Diagnósis de *Octopus hubbsorum*.**

El pulpo de Hubb (Figura 3) posee cuerpo redondeado a oval; brazos robustos y musculosos, 3-4 veces la longitud del cuerpo, el segundo par más largo que los demás, ventosas engrandecidas en los brazos del segundo y tercer par en ambos sexos; hectocótilo diminuto, 1.5-2% de la longitud del brazo; cada hemibranchia externa con 8 a 10 laminillas branquiales; huevos pequeños. Color gris oscuro sin ocelos. Presenta una talla máxima registrada de 9 cm de longitud del manto (Roper *et al.* 1995). Tiene un ciclo de vida corto, aproximadamente de 10 meses en machos y hasta de 15 meses las hembras (López-Uriarte 2005).

### **2.3.3. Problemas encontrados en la clasificación taxonómica.**

Debido al colapso la pesquería de peces a nivel global, la atención de la pesca comercial se está desplazando a la explotación de cefalópodos (pulpos, calamares y sepias) como recursos pesqueros, ya que son de fecundidad y crecimiento rápido, mismo que los ha vuelto blanco de la rentabilidad pesquera). La capacidad para gestionar con eficacia la pesca de pulpo, se ve gravemente obstaculizada por muchos problemas, algunos de los cuales se derivan de una pobre comprensión en su taxonomía. Estas incluyen el agrupamiento de especies, la falta de herramientas de diagnóstico detalladas (claves regionales), inadecuadas estadísticas de captura (incluyendo la falta de datos de captura por unidad de esfuerzo), la escasez de información biológica de las especies objetivo, la falta de censos regionales detallados y la falta de buen estado de conservación de las colecciones con referencia comprobable (Norman y Hochberg 2005).

El estado general de conocimiento de la taxonomía de cefalópodos tiene implicaciones para la comprensión y la gestión de sus pesquerías (Boyle y Rodhouse 2005). Estudios moleculares recientes de la filogenia de los pulpos de la familia Octopodidae han demostrado que el género *Octopus* es polifilético y que se requiere una importante revisión genérica de la familia (Norman 2005). Muchos aspectos biogeográficos de *O. hubbsorum* son inciertos, como en otras especies de pulpo del Pacífico oriental tropical. Hay una falta de información sobre la biología, ecología y taxonomía de los cefalópodos del Pacífico mexicano, y en algunos casos ha habido

mala determinación de las especies en algunas publicaciones, en las que el nombre de *O. veligero* se utilizó por error, en referencia a *O. hubbsorum*, por lo que una detallada revisión taxonómica de la fauna de cefalópodos mexicano es necesaria (López-Uriarte, *et al.* 2005).

#### **2.4. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.**

*Octopus hubbsorum*, también conocido con el nombre vernáculo de pulpo de Hubb (Roper *et al.* 1995; Discoverlife 2011), es una especie presente a lo largo de la vertiente del Pacífico mexicano (Figura 4) con una distribución que abarca desde el Golfo de California hasta el sur de las costas del Golfo de Tehuantepec (López-Uriarte *et al.* 2005; Bravo-Olivas 2008; Alejo-Plata *et al.* 2008; Pliego-Cardenas 2009). Se ha descrito como una especie de hábitos bentónicos, presente en sustratos rocosos y arenosos de las zonas intermareal y submareal, con profundidades que van desde los 0 m hasta 30 m (López-Uriarte *et al.* 2005). La especie ha sido observada hasta profundidades de 45 m durante estudios de nudibranchios, sugiriendo que la especie realiza migraciones verticales de los que se precisa realizar estudios, ya que a la fecha no ha sido evaluado (Com. pers. López-Uriarte).



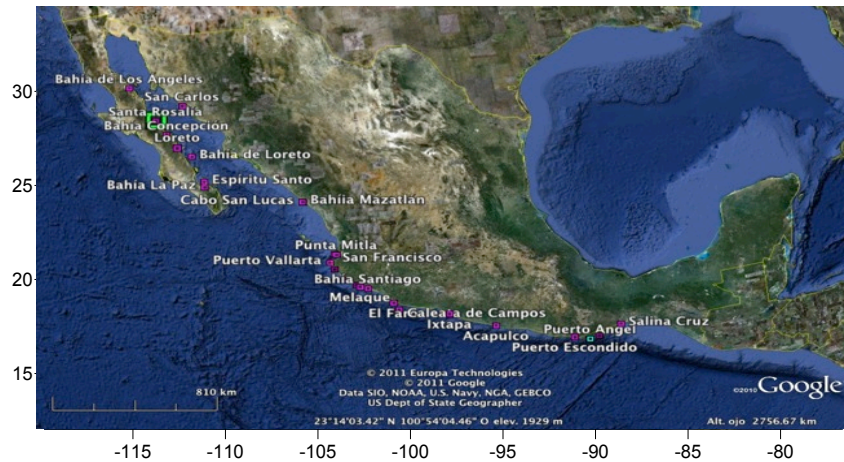


Figura 4. Distribución geográfica de *Octopus hubbsorum* Berry, 1953; en las costas de México (López-Urriarte *et al.* 2005; Pliego-Cárdenas *et al.* 2011; Alejo-Plata *et al.* 2009) Imagen: Google Earth, 2011.

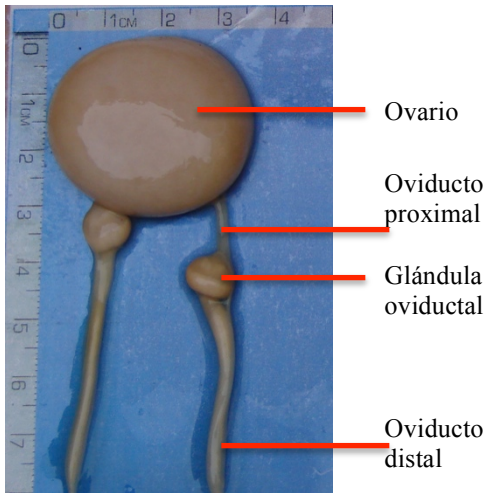
## 2.5. DIETA Y HÁBITOS ALIMENTICIOS.

El pulpo está considerado un depredador oportunista que se alimenta de una gran variedad de especies (Boyle y Rodhouse 2005). Es un cazador activo de noche, desde el ocaso hasta el alba y presenta alimentación ocasional durante algunas horas del día (Boyle y Rodhouse 2005; López-Urriarte *et al.* 2010). Es conocida la gran capacidad de los pulpos de generar biomasa por conversión alimenticia de entre 30%-60% de la ingesta, situación acorde con su breve ciclo de vida, presentando como característica de ello una rápida digestión (Klaich *et al.* 2008; López-Urriarte *et al.* 2010). No obstante, es sabido que dos semanas antes del desove las hembras reducen su alimentación entre 50% a 70% y una semana antes de que ocurra el desove, dejan de alimentarse totalmente hasta morir de inanición (Wodinsky 1978; Alejo-Plata *et al.* 2009).

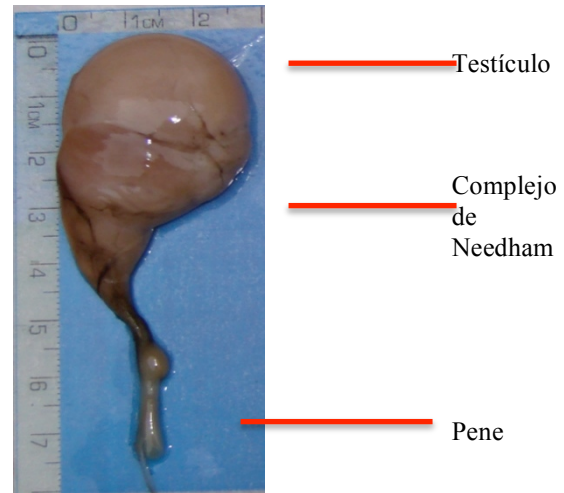
La composición de la dieta de *O. hubbsorum* esta integrada por cerca de 50 especies (López-Uriarte *et al.* 2010). La dieta esta compuesta principalmente de crustáceos con cerca del 46% del peso de los alimentos (*Porcellanidae*, *Petrolisthes*; *Majidae*, *Herbstia campatacantha*, *Stomathopoda*); moluscos con cerca del 26% del peso (*Argonauta pacifica*; *O. hubbsorum*); peces teleósteos con cerca del 24% del peso de la composición alimenticia y el resto con cerca del 6% esta integrada por otras especies como son bivalvos; poliplacóforos y equinodermos (Echinoidea, *Equinometra vanbrunti*) (Alejo-Plata *et al.* 2009; López-Uriarte *et al.* 2010;). La dieta incluye el canibalismo que compone entre el 10%-11% del peso de los alimentos, sin presentar cambios significativos a lo largo del ciclo anual (López-Uriarte *et al.* 2010)

## **2.6. BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL PULPO.**

Los cefalópodos son en su mayoría dióicos, con una única gónada ubicada en la región posterior de la masa visceral. El aparato reproductor en la hembra (Figura 5) está integrado por un ovario, glándula oviductal, glándulas cnidamentales u oviductales, un oviducto proximal y otro distal y gonoporo; mientras que en machos (Figura 6) consta de testículo, vasos deferentes, vesícula seminal, saco de Needham, ducto espermático y gonoporo (Brusca y Brusca 2003). No existen casos conocidos de hermafroditismo o cambio de sexo (Boyle y Rodhouse 2005).



**Figura 5. Aparato reproductor femenino de *O. hubbsorum*.**



**Figura 6. Aparato reproductor masculino de *O. hubbsorum*.**

La reproducción en la mayoría de los cefalópodos ocurre estacionalmente, pero no hay un patrón global conocido en el tiempo. Mangold (1987) citado por Boyle y Rodhouse (2005) propone que el desove de cefalópodos a nivel de poblaciones puede ser categorizado en 1) estrictamente estacional; 2) estacionalidad extendida con o sin picos de actividad; 3) estacionalidad alrededor del año con o sin pico de actividad, y 4) un primer periodo de desove, tras el cual se presenta un año para que ocurra un segundo periodo de desove y se presenta en especies con ciclo de vida superior a los seis meses.

### **2.6.1. Regulación de la reproducción.**

Es sabido que los factores ambientales como son el fotoperiodo, la temperatura y el estado nutricional, regulan la maduración y la época de reproducción de los cefalópodos (Boyle y Rodhouse 2005; Moguel *et al.* 2010). Las altas temperaturas aceleran el desarrollo de la gónadas y conducen a la madurez sexual en las tallas

pequeñas (Boyle y Rodhouse 2005). A su vez, la regulación endócrina de la función reproductiva, es regulada por las glándulas ópticas que se encuentran en el tracto óptico, que a su vez, esta en función del factor ambiental (Wells y Wells 1972; Di Cristo *et al.* 2003; Boyle y Rodhouse y 2005). El control nervioso de la glándula óptica incluye el área subpedunculada y el lóbulo olfatorio, que envían la información recibida hacia el sistema nervioso central, donde se analizan y asocian los estímulos visuales, olfatorios y químicos, modulando la actividad secretoria de las glándulas ópticas (Di Cristo *et al.* 2003). Esta regulación es importante en la madurez del ovario, oviducto y glándulas oviductales; así como, es a su vez, importante para la maduración de los ovocitos durante la fase de maduración ovárica en las hembras (Wells y Wells 1972; Di Cristo y Di Cosmo 2007), no obstante, no se cuenta con información suficiente de su importancia en el desarrollo sexual de los machos (Wells y Wells 1972).

### **2.6.2. Maduración sexual en machos.**

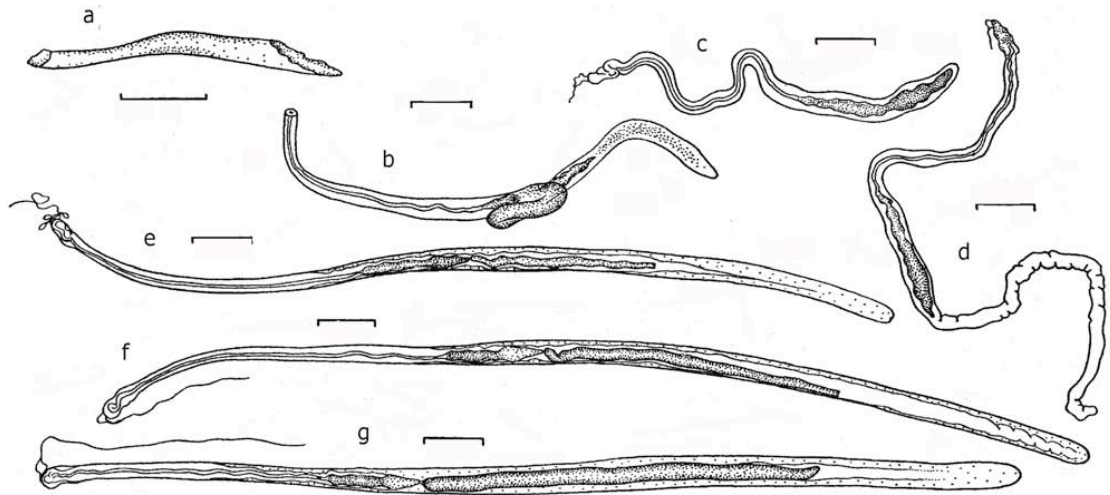
El esperma es producido en la zona media del único testículo. La espermiogénesis, es divisible en estadios desde que son células germinales. Los espermatozoides maduros, son liberados en la porción proximal de los vasos deferentes en el tubo glandular espermatofórico, donde son empacados en espermatóforos (masa de esperma enrollada con un aparato eyaculador envuelto en una túnica cilíndrica) y almacenados en el saco espermatofórico o saco de Needman. Durante el

apareamiento, los espermátóforos son bombeados peristálticamente a través de la porción distal de los vasos deferentes en el único ducto excurrente, (incorrectamente llamado pene, ya que no tiene función copulatoria) y transferidos a la hembra, a través de un brazo especialmente modificado (generalmente el tercer brazo) cuando el individuo es sexualmente maduro, llamado hectocóctilo (Boyle y Rodhouse, 2005).

Los espermátóforos son el envase de los espermatozoides con una pérdida mínima para su transferencia a la hembra. El funcionamiento provisional del complejo espermatófórico, se lleva a cabo en paralelo con la maduración de los testículos. Como resultado, la eficiencia del sistema reproductivo en conjunto y a nivel del organismo, se aproxima a la condición óptima de trabajo por el tiempo de maduración completo de los testículos y el comienzo de la espermatoforogénesis. Por lo tanto un retraso en el desarrollo del hectocóctilo en comparación con el sistema reproductivo tiene sentido: su función principal de este es la transferencia de espermátóforos a la hembra, que se lleva a cabo en las últimas etapas del funcionamiento del sistema reproductivo masculino (Nigmatullin *et al.* 2003).

Los espermátóforos se pueden clasificar en tentativos y viables (Figura 7). El término "espermátóforo tentativo", hace referencia a la producción de espermátóforos durante los períodos de inmadurez y maduración durante la ontogénesis, e incluye tanto espermátóforos provisionales como falsos. El "espermátóforo provisional" carece de espermatozoides; mientras que los

“espermátóforos falsos”, tienen el esperma y un volumen seminal en una concentración muy pequeña, con depósito de corto plazo. Estos espermátóforos anómalos no se acumulan en el saco de Needham y son constantemente eliminados a través del pene con la excepción de los cuasi-normales (Nigmatullin *et al.* 2003).



**Figura 7.** La producción de espermátóforos en *S. pteropus*: espermátóforos tentativos (a-d), espermátóforos falsos (e-f), espermátóforos viables (g). Escala de 1 mm. (Nigmatullin *et al.* 2003).

### 2.6.3. Maduración sexual en hembras.

Durante la maduración sexual, el ovario crece como respuesta al crecimiento de los ovocitos, no obstante, no todos estos maduran, debido a que la cantidad existente, a menudo supera la capacidad que el ovario, puede almacenar, generando una competencia entre los mismos por recursos y espacio, con la consecuente degeneración de algunos de ellos, en un proceso similar a la atresia que se presenta en los peces. Cuando los ovocitos maduran, se separan de su suministro de sangre y del tallo que los conecta al epitelio germinal y son

liberados al oviducto proximal donde se acumulan temporalmente (en pulpos adultos, los oviductos, son estructuras pareadas). Durante el desove, los ovocitos viajan a través de una sección alargada ubicada en la región distal del oviducto, “la glándula oviductal”, cuya función, es la secreción de la última capa protectora del huevo, además de almacenar el esperma después de la impregnación por un macho (Boyle y Rodhouse 2005).

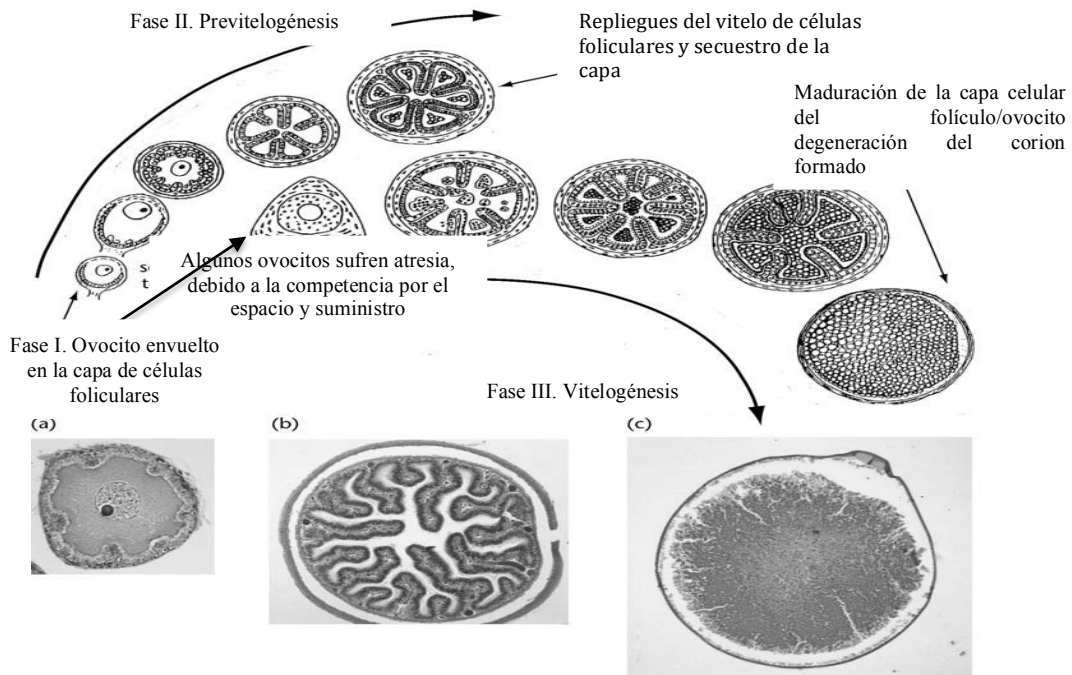
El desove es semélparo (monocíclico), con la liberación total de los huevos en un único episodio (Roper *et al.* 1995; Boyle y Rodhouse 2005) en las oquedades entre las rocas, acomodándolos en racimos o cordones y cubriéndolos en una vaina gelatinosa. La hembra permanece aireando y protegiendo los huevos contra depredadores, y una semana antes del desove, deja de alimentarse y perece de inanición poco tiempo después de la eclosión (Alejo-Plata y Cerdaneres-Ladrón de Guevara 2002; Boyle y Rodhouse 2005; Alejo-Plata 2009).

#### **2.6.4. Ovogénesis y fases de desarrollo de los ovocitos.**

Los óvulos son producidos por hembras en crecimiento en la parte media del único ovario que presentan. La ovogénesis descrita para pulpos (Figura 8), es clasificada en estadios y la distribución del tamaño de los huevos, es a menudo empleada como un índice del estado de maduración del animal. Los ovocitos primarios, surgen de un epitelio germinal y están presentes en una fase muy temprana (Boyle y Rodhouse

2005). Tres fases de desarrollo son reconocidas, y se utilizan para subdividir el continuo proceso de maduración de los ovocitos: **Fase I:** los ovocitos son muy pequeños, y cada uno está adherido por un tallo corto que lo une al núcleo del tejido conectivo del ovario. **Fase II:** las células foliculares aplanadas migran desde el tallo de una capa única sobre la superficie del ovocito por debajo del tejido que cubre el tejido conectivo; el ovocito comienza a aumentar de volumen, pero la proliferación de la capa de células foliculares se incrementa a una tasa mayor que genera el aumento de la superficie del ovocito, y por lo tanto se forma una capa doble muy plegada, bien equipada con vasos sanguíneos, dando la apariencia de un huevo externo a rayas o reticulado. **Fase III:** Las células de la capa de células foliculares se hacen columnares y secretan una yema proteica en el lumen de los ovocitos, el óvulo (ovocito/folículo del complejo celular) aumenta rápidamente de volumen, cuando la acumulación del vitelo es completada, degenera la capa de células foliculares y el corion (Boyle y Rodhouse 2005).





**Figura 8.** Etapas de desarrollo de los ovocitos en el pulpo *Eledone cirrhosa* para mostrar los cambios secuenciales en la formación del óvulo (ovocito/complejo folicular de células) y el secuestro del vitelo. a) Fase I (ovocito envuelto en capa de células); b) Fase II (previtelogénesis) y c) Fase III (viteologénesis). Modificado de Boyle y Rodhouse (2005).

### 2.6.5. Evaluación macroscópica y escalas de maduración sexual.

Los estudios ecológicos y pesqueros requieren estimaciones claras y detalladas del estado de madurez sexual de las especies. El momento y el lugar de las agregaciones de reproducción, la talla de madurez, la proporción de sexos en la cría, y muchas otras características poblacionales. Todos requieren de una evaluación rápida y consistente del estado de madurez sexual. Estas evaluaciones suelen incluir varios aspectos de la reproducción de desarrollo, por ejemplo, el estadio de las gónadas y las estructuras reproductivas accesorias, y se basan tanto en los índices de las

relaciones de tamaño entre los componentes de la reproducción y el tamaño del cuerpo (Boyle y Rodhouse 2005).

Varias escalas han sido desarrolladas para la determinación del estadio sexual de los cefalópodos. Tradicionalmente, los autores han desarrollado sus propias escalas y los criterios empleados envuelven diversos caracteres visuales, merísticos y de peso (Arkhipkin 1992).

Diversos autores apuntan que los patrones de desarrollo de la gónada y las glándulas accesorias son especie-específicas y es necesario desarrollar una escala de madurez para cada una (Arkhipkin 1992). La terminología común empleada en dichas escalas comprende los estadios de madurez juvenil, inmaduro, en maduración, maduro y desovado.

Las escalas de la reproducción de uso común en la biología de poblaciones y estudios de pesca de cefalópodos son en su mayoría adaptaciones de la escala universal de Lipinski (1979) (Boyle y Rodhouse 2005) y otras específicas como la de Guerra (1975) para *O. vulgaris* que contempla cuatro estadios de desarrollo, a partir de la cual se han adaptado diversas escalas de madurez. Ishiyama *et al.* (1999) desarrollaron una escala de nueve estadios para *O. mimus*. Otros autores contemplan lo práctico de desarrollar una escala única general para cefalópodos con adaptaciones genéricas e historia evolutiva, como la escala propuesta por Arkhipkin (1992) por que contempla ocho estadios de madurez. En el caso de *O. hubbsorum*

se han realizado adaptaciones de otras escalas principalmente desarrolladas para para *O. vulgaris* como la empleada por Alejo-Plata (2009) elaborada por Sánchez y Obarti (1993) y adaptada por Quetglas *et al.* (1998) o la empleada por Bravo-Olivas (2008) y Pliego-Cárdenas (2009), ambas adaptadas de Rodríguez Rúa *et al.* (2005). Por su parte López-Uriarte y Ríos-Jara emplearon las tablas desarrolladas por Guerra(1972) con adaptaciones de Cortez (1995). Pese a lo anterior no se han desarrollado tablas que describan específicamente los estadios de desarrollo gonádico de *O. hubbsorum* a nivel macroscópico; tampoco se ha discutido la pertinencia del uso de distintas escalas de evaluación elaboradas para otras especies. Algunas gónadas y glándulas accesorias exhiben características intermedias entre estadios dificultando su determinación, lo cual lleva a considerar la adaptación de tablas con un mayor número de estadios o subestadios; no obstante las tablas de desarrollo gonádico con más de cuatro estadios son poco empleadas en la literatura, debido a que resultan poco prácticas en estudios de campo y laboratorio (Cardoso *et al.* 2004).

#### **2.6.6. Estudios sobre biología reproductiva en las costas mexicanas.**

La fecundidad de una hembra varía de acuerdo a muchos factores entre los que incluyen la edad, el tamaño, la especie y las condiciones ambientales (Salgado-Ugarte *et al.* 2005). A su vez, se estima que la fecundidad de los individuos puede variar entre especies y existe una relación entre la medida del huevo y la fecundidad (Boyle y Rodhouse 2005). Algunos aspectos reproductivos han sido estudiados

recientemente en diversas especies del género *Octopus* tanto en las costas del Pacífico, como del Golfo de México y mar Caribe, encontrándose resultados importantes.

La madurez gonádica en los machos, presentó condiciones reproductivas todo el año en *O. hubbsorum* (Alejo-Plata *et al.* 2009; López-Uriarte y Ríos-Jara 2009; Pliego-Cárdenas *et al.* 2011); situación similar a lo reportado en *O. vulgaris* (Jiménez-Badillo *et al.* 2008). Por otra parte, se encontraron hembras maduras en un breve periodo, cerca de la temporada de reproducción tanto en *O. hubbsorum* (Alejo-Plata *et al.* 2009 y López-Uriarte y Ríos-Jara 2009; Pliego-Cárdenas *et al.* 2011), como en *O. vulgaris* (Jiménez-Badillo *et al.* 2008) y *O. bimaculatus* (Bravo-Olivas 2008).

Existe una relación inversa en la relación talla-peso entre machos y hembras en *O. hubbsorum* (López-Uriarte y Ríos-Jara 2009) y en el índice de madurez en *O. vulgaris* con patrón normal en machos e inverso en hembras (Jiménez-Badillo *et al.* 2008) lo cual hace suponer que los machos maduran a tallas y pesos menores que las hembras, existiendo una relación entre madurez y biomasa solo en las hembras.

La época de veda establecida en el manejo de pesquerías, *O. vulgaris* comprende del 16 de enero al 31 de junio correspondiente a la época de puesta de la especie (CONAPESCA 2010), mismo que coincide con las conclusiones obtenidas por Jiménez-Badillo *et al.* (2008) al ser esta época correspondiente al periodo de madurez y a la de puesta de la especie. Sin embargo, se han encontrado resultados

diferentes en las costas del Pacífico para el caso de *O. hubbsorum*.

Castellanos-Martínez (2008) reportó para *O. bimaculatus* hembras maduras con dos picos, uno en junio y otro en septiembre con disminución significativa en julio y agosto en 2006 y otros dos picos en abril y junio en 2007. Respecto a los machos, se observaron machos maduros a lo largo de todo el año e individuos eyaculados en septiembre.

López Uriarte y Ríos-Jara (2009) reportaron en las costas de Jalisco, hembras maduras con fluctuaciones a lo largo de todo el año, pero con un marcado incremento entre julio y noviembre en 1999 y enero a junio en el 2000; mientras que Alejo-Plata *et al.* (2009) reportaron en las inmediaciones a la costa de Puerto Ángel, hembras maduras, entre los meses de marzo a octubre de 2002 con picos en abril y mayo. Por su parte Pliego-Cárdenas (2011), reportó en la costa de la isla del Espíritu Santo, Baja California Sur, hembras maduras entre los meses de septiembre a diciembre de 2006. En otro estudio Bravo-Olivas (2008), reportó dos épocas de reproducción en la costa de Bahía de Loreto, Baja California Sur, la primera entre los meses de febrero a marzo y la segunda entre los meses de junio y noviembre de 2006.

Los valores de pendiente de la relación peso (Pt) y talla (LDM), han sido reportados como de tipo alométrico negativo (Alejo-Plata *et al.* 2009; Cabrera-Mancilla *et al.* 2010).

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La microrregión de ordenamiento pesquero 5A en Bahías de Huatulco, Oaxaca, incorpora parte del área de influencia marítima del Parque Nacional Huatulco, región en la que coexiste el desarrollo turístico Huatulco. Las temporadas turísticas y el incremento en la población humana a partir del inicio del desarrollo turístico, ha incrementado la demanda de productos del mar. Pescadores del puerto de Santa Cruz, Huatulco, informan que en los últimos años ha venido decayendo la productividad pesquera y la población de especies como son el erizo, la almeja reina, el ostión y el tiburón. A su vez, se reporta falta de planes de manejo específicos de la región, sumado a la falta de establecimientos oficiales de veda para varias especies. La explotación pesquera en la región, queda regulada por los periodos de veda oficialmente establecidos, así como por acuerdos convenidos con las autoridades del Parque Nacional Huatulco.

Los conocimientos sobre la biología reproductiva, son considerados altamente importantes para explicar en parte las fluctuaciones de la abundancia poblacional del pulpo. La investigación realizada en el presente estudio, buscó aportar conocimiento básico sobre la biología reproductiva de la población del pulpo de Hubb, en la microrregión de ordenamiento pesquero 5A en las Bahías de Huatulco, ayudando a comprender su potencial reproductivo, que a su vez, contribuya a promover un manejo más adecuado para la región y al desarrollo de una cultura de sustentabilidad del mismo como recurso pesquero, ante su importancia biológica y económica, en el contexto de una región de protección ecológica.

#### 4. OBJETIVOS

##### a) GENERAL

Contribuir al estudio de la biología reproductiva de *Octopus hubbsorum* Berry, 1953 (Mollusca: Cephalopoda, Octopodidae) en las Bahías de Huatulco, mediante el análisis mensual macroscópico por sexo de las gónadas, y a través del análisis de índices morfofisiológicos que evalúan el desarrollo gonádico y la canalización de energía a la reproducción; así como índices de fecundidad a lo largo de un ciclo anual.

##### b) ESPECÍFICOS

- Determinar la proporción mensual de sexos capturados en el muestreo.
- Determinar la alometría de *O. hubbsorum*, mediante el análisis de la relación peso total-longitud total por sexo.
- Describir a nivel macroscópico, los estadios de desarrollo gonádico por sexo.
- Determinar la frecuencia mensual de los estadios de desarrollo gonádico por sexo.
- Fijar la época de reproducción de *Octopus hubbsorum*, mediante el análisis de índices morfofisiológicos: índice gonadosomático; índice de madurez; índice de la glándula oviductal; índice del complejo espermatofórico; índice hepatosomático así como por el análisis de las medias de pesos ajustadas por covariada (longitud total) por análisis multivariado de covarianza.
- Estimar la fecundidad potencial y relativa en machos y hembras maduros capturados en el muestreo.
- Describir ciclo reproductivo del pulpo de Hubb por sexo.

## **5. MÉTODO**

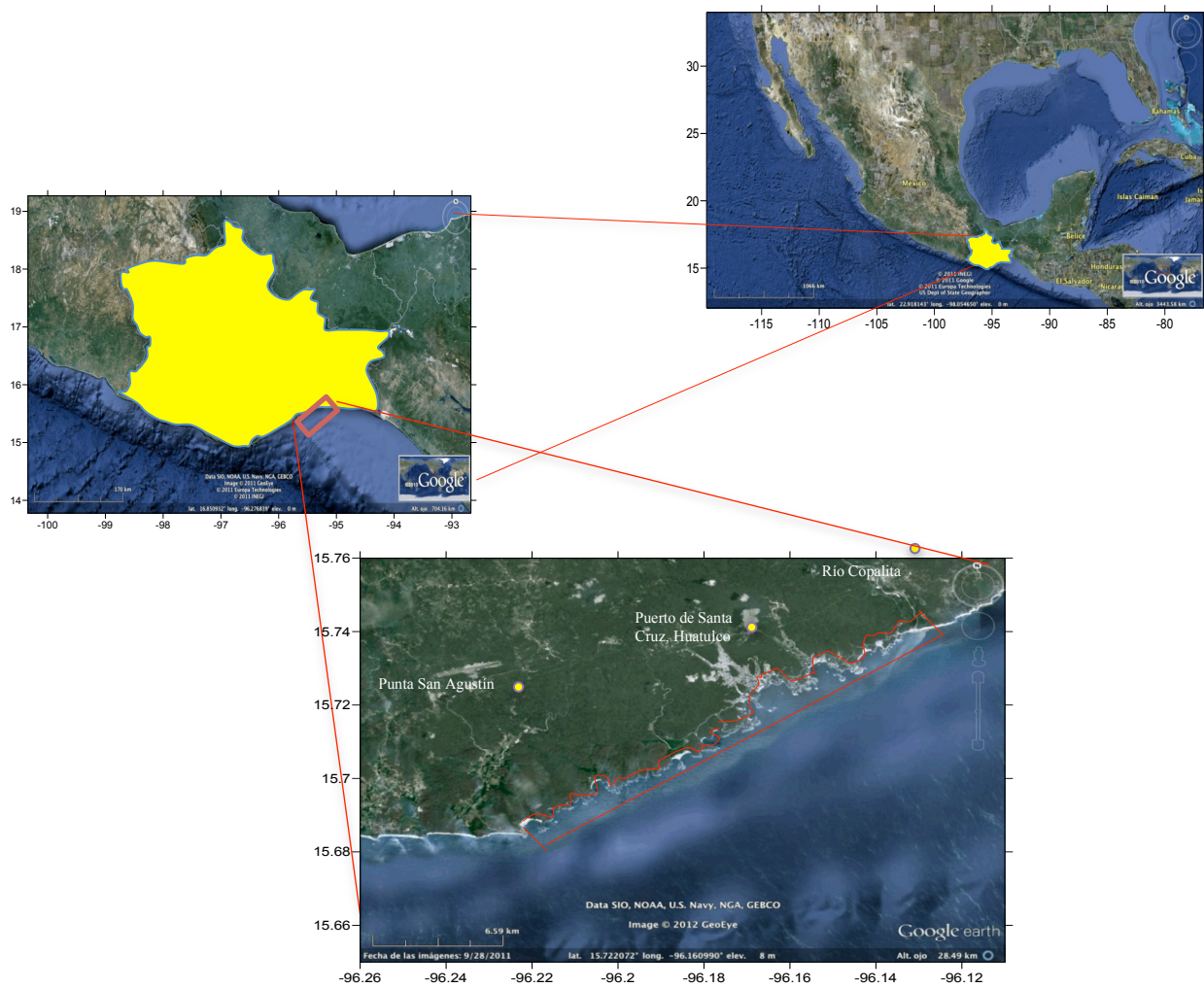
### **5.1. Área de estudio y monitoreo.**

La zona de estudio (Figura 9), se ubica en la microrregión de ordenamiento pesquero 5A, la cual comprende las Bahías de Huatulco, Oaxaca, México (desde Punta San Agustín hasta el río Copalita). Se recolectaron muestras mensuales a lo largo de un ciclo anual, con duración de dos días consecutivos, proveniente de la pesca artesanal con desembarco en el Puerto de Santa Cruz, Huatulco, Oaxaca.

### **5.2. Captura de organismos.**

Se estableció una cuota mensual de 40 ejemplares (considerando las condiciones de pesca) como muestra representativa de la población para el análisis morfogravimétrico. Los ejemplares fueron narcotizados en hielo y sacrificados (Roper and Sweeney, 1983); posteriormente se realizó la determinación taxonómica y se midieron mediante el uso de un ictiómetro para la longitud total (Lt) en mm y mediante un calibrador vernier digital para la longitud dorsal del manto (LDM) y longitud ventral del manto (LVM) en mm; a su vez, se pesaron con una balanza digital de 0.010 g de precisión. Finalmente se realizó la disección (con tijeras de disección) y los órganos se fijaron *in situ* para ser posteriormente trasladados al Laboratorio de Biometría y Biología Pesquera de la FES Zaragoza de la UNAM, donde se procesaron las muestras.





**Figura 9. Distribución geográfica de la zona de estudio en las costas de México. Imagen: Google Earth, 2011. Edición en Surfer 8.0**

### **5.3. Determinación taxonómica.**

La identificación taxonómica de los ejemplares capturados en el muestreo, se realizó empleando la guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca Pacífico-Oriental (Roper *et. al.* 1995).

#### 5.4. Análisis morfogravimétrico y talla de madurez.

A cada organismo, se le registró la longitud total (Lt) la longitud dorsal del manto (LDM) y la longitud ventral del manto (LVM) en mm; peso corporal (PT) y el peso eviscerado (PEv) en g, sexo y estadio de madurez gonádico. Se recolectaron gónadas y glándula digestiva, los cuales se fijaron en disolución de Davidson modificada (Howroyd *et al.* 2005), para ser posteriormente procesados en el laboratorio donde se pesaron con balanza digital con 0.001 g de precisión.

Para estimar la relación entre la longitud dorsal del manto y el peso total para cada sexo y por sexos combinados, para lo cual, se utilizó la fórmula

$$P = aL^b$$

La estimación de los parámetros se llevo a cabo por un método de regresión no lineal iterativo de mínimos cuadrados (Gauss-Newton) y por regresión lineal de la versión logarítmica de la función potencial:

$$\text{LogP} = \text{Loga} + b\text{LogL}$$

donde P= peso total; Loga= intercepto, L= longitud dorsal del manto y b= pendiente. Tanto a como b, se compararon estadísticamente (Zar 1999, Salgado-Ugarte *et al.* 2005; Alejo-Plata *et al.* 2009). Cuando la pendiente de la relación talla-peso es igual a 3 el crecimiento del organismo se considera isométrico; cuando la pendiente es mayor a 3 el crecimiento del organismo se considera alométrico positivo, que indica

un crecimiento mayor en peso que en longitud, y cuando la pendiente es menor a 3 el crecimiento se considera alométrico negativo, que indica un mayor crecimiento en longitud que en peso (Ricker 1975 citado por Solano-Fernández 2007).

La talla ( $L_{(50\%)}$ ) y peso de madurez ( $P_{(50\%)}$ ), se estimaron, mediante ajuste de la distribución de frecuencias del peso y la longitud del organismo de los juveniles y maduros, siguiendo el modelo logístico:

$$P_i = \frac{1}{(1 + e^{[-(\alpha + \beta t_i)])}}$$

donde  $P_i$  es la frecuencia de organismos,  $t_i$  la talla o peso, y  $L_{t(50\%)}$  y  $P_{t(50\%)}$  = -a/b son las constantes de regresión (Silva *et al.* 2002; Pliego-Cárdenas 2009). Tanto la alometría de esta relación como la proporción de sexos, se estimaron por estadio de desarrollo gonádico para pendientes en ambos sexos y se analizaron mediante pruebas de bondad de ajuste (Ji cuadrada).

### **5.5. Madurez gonádica y época de reproducción.**

Se estableció el estadio de madurez gonádica empleando una escala macroscópica (Anexo 3. Tabla A1) de las claves propuestas por ICES (2010) para *O. vulgaris*, a partir de Guerra (1975) y Quetglas *et al.* (1998). La época de reproducción se determinó mediante la interpretación de la proporción de sexos y su composición por

estadios de desarrollo gonádico, así como por el análisis de índices morfofisiológicos y de fecundidad.

### 5. 6. Índices morfofisiológicos:

En el **índice gonadosomático (IGS)** para hembras (h) y machos (m), es el peso de la gónada es expresado como un porcentaje del peso corporal, para seguir el ciclo reproductivo de una especie en un año a intervalos mensuales o de menor tiempo (Salgado-Ugarte *et al.* 2005; Boyle y Rodhouse 2005; Jiménez-Badillo *et al.* 2008):

$$IGSm = \frac{\text{peso del testículo (g)} + \text{peso del complejo de Needman(g)}}{\text{peso eviscerado (g)}} \times 100$$

$$IGSh = \frac{\text{peso del ovario (g)} + \text{peso del complejo oviductal(g)}}{\text{peso eviscerado (g)}} \times 100$$

Se calculó el **índice de madurez sexual (IM)**, para hembras (h) y machos (m), a fin de establecer la relación entre el peso de la gónada y las estructuras asociadas. Conforme transcurre el desarrollo gonádico, al aumentar la madurez el índice aumenta en machos, mientras que en las hembras disminuye (Guerra 1975).

$$IMh = \frac{\text{Peso de las glándulas oviductales y oviductos (g)}}{\text{Peso del ovario (g) + Peso de las glándulas oviductales y oviductos(g)}}$$

$$IMm = \frac{\text{Peso del complejo de Needman (g)}}{\text{Peso del testículo (g) + Peso del complejo de Needman(g)}}$$

**Índice de las glándulas oviductales en hembras (IGO).** Expresa la relación existente entre el desarrollo de las glándulas oviductales y la talla (LVM), de modo que incrementa el valor con la madurez del organismo (Fernández-Nuñez 1996; Jiménez-Badillo *et al.* 2009), como:

$$IGO = \frac{\text{Diámetro de las glándulas oviductales (mm)}}{\text{Longitud ventral del manto (mm)}}$$

**Índice del complejo espermatofórico en machos (ICE).** Expresa la relación existente entre el desarrollo de los órganos participantes en la espermatofogénesis y la masa magra (Fernández-Nuñez 1996).

$$ICE = \frac{\text{Peso del complejo de Needham (g) + Peso del testículo (g)}}{\text{Peso eviscerado (g)}}$$

Para determinar el uso de sustancias de reserva durante la reproducción se estimó el **Índice hepatosomático o Índice de la Glándula Digestiva (IHS)**, (Boyle y Rodhouse 2005; Bravo-Olivas 2008).

$$IHS = \frac{\text{peso de la glándula digestiva (g)}}{\text{peso corporal (g)} - \text{peso de la glándula digestiva(g)}} \times 100$$

**5.7. Distribución de los índices.** La distribución de los datos del logaritmo natural de cada uno de los índices morfofisiológicos contemplados en el presente estudio, se efectuó mediante la interpretación mensual de gráficos de violín, que son una combinación de la información arrojada por un diagrama de caja y bigotes y un estimador de densidad por núcleo (EDK), empleando el kernel Gaussiano (Hintze y Nelson 1998; Steichen 1998).

**5.8. Análisis Multivariado de Covarianza (ANMUCOVA).** Se ha observado que el uso del IGS y el IHS, con individuos de diferentes tamaños puede ser inapropiado porque el crecimiento gonádico frecuentemente es alométrico y se parte del supuesto erróneo de una relación lineal (crecimiento isométrico) entre las dos variables que se utilizan para el cálculo, además de que proporcionan una estimación sesgada de la media verdadera de la relación; además a menudo asumen incorrectamente independencia de la longitud y suponen que la variación de la condición es indicada solamente por la variación del intercepto (a). Esto implica que la pendiente (b) de la relación talla-peso son los mismos entre los grupos (Salgado-Ugarte 1995; Salgado-Ugarte *et al.* 2005). Un paso adicional en la complejidad se incluye en el método propuesto por García-Berthou y Moreno-Amich (1993). En lugar de tener una sola

variable de respuesta en el modelo lineal, todas las medidas morfométricas relacionadas con la actividad reproductiva se incluyen simultáneamente en conjunto con factores tales como el sexo y la fecha de muestreo y se ajustan por el uso de covariadas, empleando el ANMUCOVA (García-Berthou y Moreno-Amich 1993; Salgado-Ugarte 1995). Debido a lo anteriormente expuesto, los pesos promedios de gónadas, glándulas accesorias y glándula digestiva se compararon entre muestreos utilizando a la talla como covariada (para evitar la influencia del tamaño del organismo).

Los valores logarítmicos del peso eviscerado, la longitud dorsal del manto, del peso de gónadas, glándulas accesorias y glándula hepática, se multiplicaron por una constante ( $10^6$ ) para evitar trabajar con valores negativos. Para el análisis ANMUCOVA se consideraron las siguientes variables:

- Variables de respuesta: peso eviscerado de los organismos, el pesos de las glándulas hepáticas, el pesos de las gónadas y el pesos de las glándulas accesorias (complejos de Needham o complejos oviductales).
- Factores: Sexo y mes de captura.
- Covariada: Longitud Total.

Para el cálculo del contraste univariante a posteriori para la comparación de las estimaciones ajustadas por mes se empleo el subcomando CONTRASTE = REPETIDO el comando de SPSS MANOVA (García-Berthou y Moreno-Amich

1993; Salgado-Ugarte 1995). Los análisis del ANMUCOVA se efectuaron empleando el software estadístico SPSS 20 para Mac OS X

### **5.9. Fecundidad.**

La fecundidad, es un término generalmente empleado para describir el número de huevos producidos. La fecundidad de una hembra varía de acuerdo a muchos factores entre los que incluyen la edad, el tamaño, la especie y las condiciones ambientales como son disponibilidad de alimento, temperatura del agua, temporada del año (Salgado-Ugarte 2005).

Se estimó el número de ovocitos mediante el método gravimétrico. Para ello se evaluaron las gónadas de individuos en madurez de los estadios III y IV capturados en cada uno de los muestreos mensuales a lo largo de la temporada de pesca. Para ello, se realizó un análisis por triplicado, tomando tres submuestras de 0.5 g tejido: una del área proximal una del área media y otra una del área distal de cada gónada (Salgado-Ugarte 2005; López-Uriarte y Ríos Jara 2009).

Las submuestras se colocaron en viales de plástico de 10 mL de capacidad conteniendo un volumen de disolución de Gilson en proporción 1:3 respecto de la submuestra por 30 días a temperatura ambiente, los cuales fueron sometidos a agitación vigorosa periódicamente (Kjesbu *et al.* 1990; Klibansky y Juanes 2008). Concluida la digestión, la muestra se filtró en una malla de aproximadamente 1 mm para separar los ovocitos del resto del tejido digerido. A partir de ello, se determinó la



**fecundidad potencial de las hembras**, mediante el conteo por método estereoscópico del número de ovocitos maduros encontrados en el ovario antes del desove, para estimar el mínimo de la población adulta necesaria para mantener el reclutamiento (Salgado-Ugarte 2005; López-Uriarte y Ríos Jara 2009). Para ello se empleó la siguiente relación:

$$\text{Fecundidad Potencial} = \frac{\text{peso del ovario} \times \text{número de ovocitos en la submuestra}}{\text{peso de la submuestra}}$$

A su vez, se estimó la fecundidad relativa, la cual se define como el número de óvulos por unidad de peso o unidad de longitud de los individuos (Salgado-Ugarte 2005):

$$\text{Fecundidad Relativa de las hembras} = \frac{\text{fecundidad potencial}}{\text{peso corporal}}$$

Por otro lado se separaron los sacos espermatofóricos y se extrajeron los espermatóforos, los cuales se colocaron en disolución de Gilson por 7 días, y posteriormente en etanol al 50% para su preservación. Los espermatóforos retirados de etanol, se colocaron en disolución jabonosa al 10% para facilitar la enumeración de los espermatóforos viables (fecundidad potencial), mediante técnica estereoscópica. La fecundidad relativa de los machos (López-Uriarte 2009) se estimó de la siguiente forma:

$$\text{Fecundidad Relativa de los machos} = \frac{\text{número de espermatozoides}}{\text{peso corporal}}$$

En el presente estudio para todos los análisis estadísticos morfogravimétricos, se empleó el software de análisis Stata V. 11.0 para Windows (StataCorp 2005), considerando en todos los casos una significancia de 0.05 (Zar 1999; Marques dos Santos 2005).

**5.10. Modelo lineal generalizado.** Algunos de los primeros modelos empíricos para el análisis de datos biológicos, se basan en regresión lineal o análisis de correlación unifactorial. Sin embargo, los avances en la modelización estadística han desarrollado enfoques más sofisticados, teniendo en cuenta los efectos de múltiples variables explicativas y sus interacciones (tales como son la regresión lineal múltiple, análisis de la redundancia, los modelos lineales generalizados y los modelos aditivos generalizados), en la respuesta a la variación en las variables explicativas (Pierce *et al.* 2008).

Los modelos lineales generales proporcionan un conjunto de procedimientos validados y reconocidos para relacionar las variables de respuesta a la combinación lineal de uno o más predictores. No obstante, la fiabilidad y la aplicabilidad de estos modelos están restringidos por el grado en que los residuos se ajustan a la normalidad, y la media y la varianza son independientes uno de otro. Hay muchas situaciones reales que no satisfacen esos supuestos. Las transformaciones para

normalizar y estabilizar la variación de los residuos son útiles en muchos casos, sin embargo, las interpretaciones biológicas de los modelos y parámetros pueden ser muy complicadas por las alteraciones de escala y estas no siempre tienen éxito. Así, los modelos lineales sobre la base de datos transformados en tales situaciones puede ser inadecuado.

Los modelos lineales generalizados (MLG) amplían la gama de aplicaciones de los modelos lineales al acomodar las variaciones no estables, así como los residuales de distribuciones exponenciales (por ejemplo, las distribuciones binomial y de Poisson). Los modelos lineales generalizados tienen tres componentes:

a) El componente aleatorio que especifica la distribución condicional de la variable de respuesta. Estas distribuciones se caracterizan por una función de la media (parámetro canónico o ubicación) y una función de la varianza (parámetro de dispersión). Para las distribuciones binomial y de Poisson, el parámetro de dispersión es 1, mientras que para la Gaussiana (normal) el parámetro de dispersión es el error de la varianza y se supone que es independiente de la media.

b) El componente sistemático que representa la combinación lineal de los predictores (que pueden ser contrastes categóricos y continuos o polinómicos).

c) La función de enlace que conecta los valores esperados de la respuesta (componente aleatorio) para la combinación lineal de los predictores (componente sistemático). El modelo lineal generalizado por lo tanto se puede representar como:

$$g(\mu) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$$

donde  $g(\mu)$  representa la función de enlace y  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  y  $\beta_2$  representan ampliamente los parámetros análogos a los de modelos lineales generales. Aunque hay muchas funciones de enlace empleadas comúnmente, la forma exacta de la función de enlace depende de la naturaleza de la distribución aleatoria de respuesta (Logan 2010).

La fecundidad potencial se analizó por sexo, mediante un modelo lineal generalizado, empleando el número total de ovocitos (para hembras maduras) o de espermatozoides (para machos maduros) como variable dependiente; las variables morfométricas (peso eviscerado, peso de la gónada, peso de la glándula accesoria, peso de la glándula hepática) y la variable mes (como factor de agrupación) como variables explicativas (Riesch *et al.* 2009). El modelo se realizó asumiendo un error de tipo Poisson con ligamiento logístico. El modelo fue validado mediante el procedimiento de computo intensivo de validación cruzada y obedeciendo al criterio de información de Akaike (Crawley 2007; Gelman y Hill 2007), empleando el paquete estadístico R versión 2.14.2 para Mac OS X.

## **6. RESULTADOS**

### **6.1. Descripción de la pesquería de pulpo en el puerto de Santa Cruz Huatulco, Oaxaca en un ciclo anual.**

La pesquería realizada en el puerto de la Bahía de Santa Cruz, Huatulco puede clasificarse como de tipo: a) artesanal de subsistencia y b) deportiva. A estos, hay que sumar la captura realizada para fines de investigación científica por grupos pertenecientes a distintas instituciones.

La pesca comercial es multiespecífica de tipo artesanal y es realizada por pescadores organizados en 6 Asociaciones Cooperativas. Se trabaja en lanchas de fibras de vidrio de aproximadamente 7 m de eslora, con motor fuera de borda de 40 a 75 Hp. Se trabajó con cooperativas con permiso de pesca de moluscos, quienes a su vez cuentan con permisos para la captura de crustáceos en la zona que comprende de la bahía de San Agustín al río Copalita. Cada embarcación cuenta con buzos dedicados a la captura de moluscos y crustáceos mediante buceo autónomo empleando el gancho o fisga como medio de captura.

Es de hacer mención que la pesca por objetivo de captura realizada, está en función de la demanda de producto, de las condiciones climáticas (temperatura del agua, rebalses<sup>4</sup>,

---

<sup>4</sup> Rebalse es un meteoro natural ocasionado por el ciclo de mareas (con duración aproximada de 4 días antes y 4 después de la luna llena) durante este fenómeno se origina en la región un choque de corrientes marítimas que provoca un incremento en el nivel de la marea y se acompaña del ingreso de

ciclones tropicales, tepehuntepecanos y eventos de suradas); así como de las necesidades económicas de los buzos. A la pesca por objetivo de captura, es necesario añadir la captura incidental de moluscos, en la captura de otras especies.

En la localidad se realiza el torneo anual de pesca deportiva el primer jueves y viernes del mes de mayo. La pesca deportiva esta enfocada en especies como son el dorado, el marlín, el huachinango, pargo, flamenco y el picudo entre algunas otras, y es realizada tanto por pescadores aficionados, como por profesionales. Los ejemplares capturados pueden ser empleados como alimento por los pescadores deportivos, o bien; medidos, pesados y fotografiados para finalmente ser liberados nuevamente al mar.

Es preciso hacer mención que la región es sometida a presión debido a la fuerte demanda de productos del mar tanto por parte del sector turístico de la región, particularmente durante los periodos vacacionales de connacionales y extranjeros, tanto como por el arribo periódico de cruceros, así como por parte del consumo en otros estados durante la veda de *O. vulgaris* y *O. maya*. Algunos pescadores, refieren a su vez el ingreso incidental a la región de embarcaciones pesqueras de gran calado con fines de explotación de recursos.

---

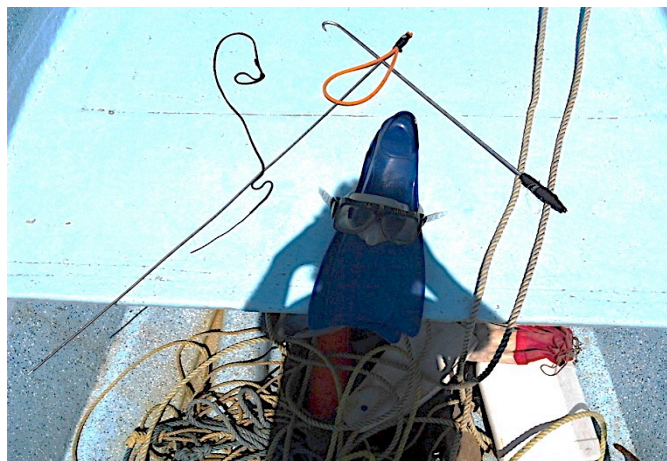
plancton de mar abierto y la remoción de sedimentos, en la costa. Debido a esto, la capitanía de puerto de Santa Cruz Huatulco, coloca banderas rojas a la navegación, debido a que limita la visibilidad al interior del mar, restringiendo actividades como el buceo y la pesca.

La pesquería del puerto de Santa Cruz ubicada en el municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca, requiere registros de pesca y de planes de manejo adecuados para la mayoría de las especies capturadas, no obstante, queda sometida a los periodos de veda establecidos en el Diario Oficial de la Federación y a los acuerdos establecidos con las autoridades del Parque Nacional Huatulco.

Durante el mes de marzo de 2012, el gobierno municipal de Huatulco conjuntamente con el programa SEMARNAT-CONAPESCA, entregó nuevas embarcaciones y nuevos motores a algunos pescadores y buzos del puerto de Santa Cruz Huatulco, a condición de que los pescadores inscritos en el programa mantengan actualizados y aprobados sus permisos de pesca, situación que llevó a una reorganización de las Asociaciones Cooperativas y a la modificación del esfuerzo pesquero en la región.



**Figura 10. Dársena del Puerto de Santa Cruz Huatulco, Oaxaca.**



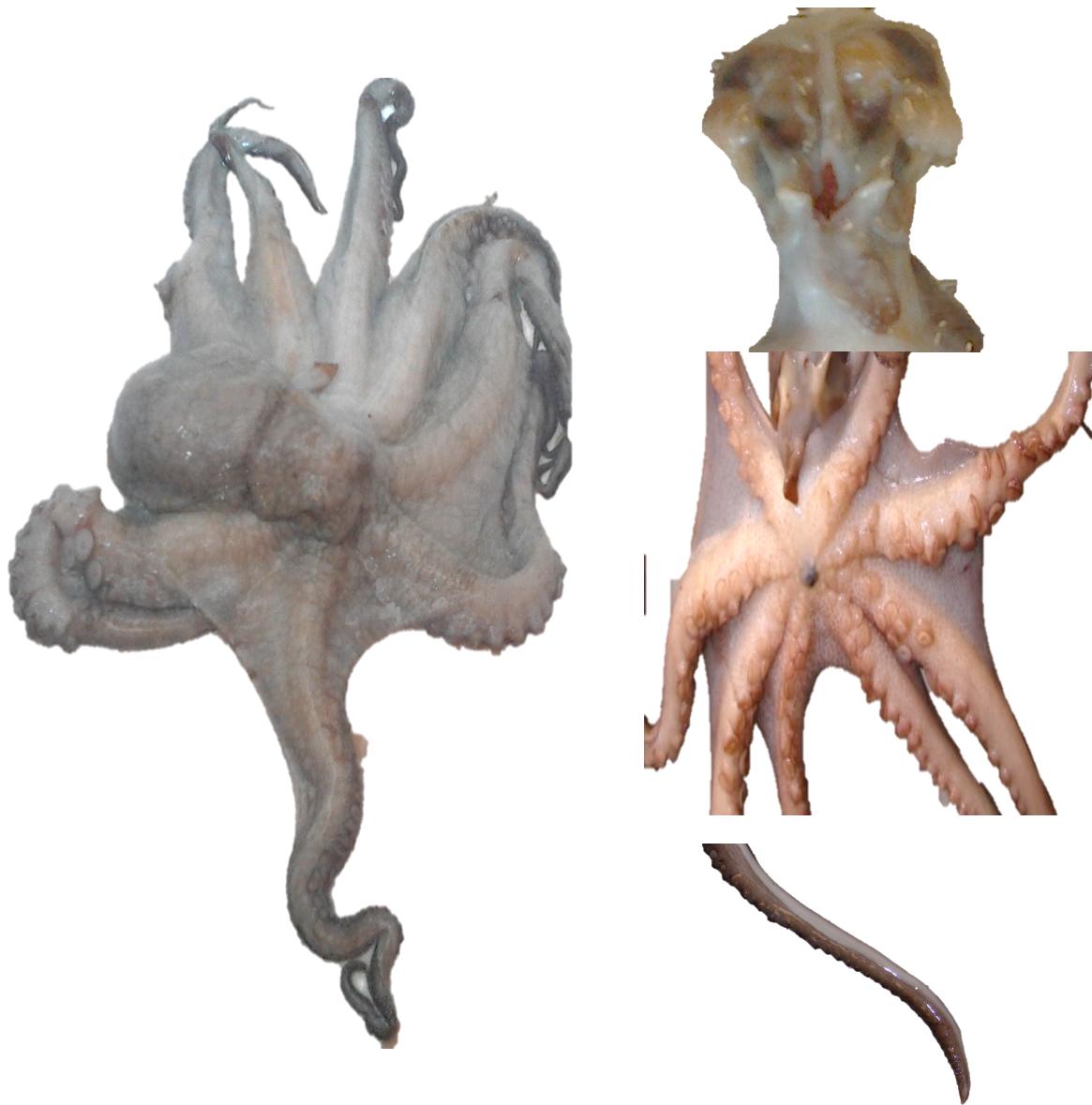
**Figura 11. Equipo de pesca para la captura del pulpo (consiste de aletas, visor, ganchos y amarras).**

## **6.2. Descripción del pulpo capturado en la pesquería de Santa Cruz, Huatulco.**

Se revisó en fresco (salidos de captura) cada uno de los organismos incluidos en el presente estudio, a fin de identificar las características propias de la especie, descritas en Roper *et al.* 1995.

*O. hubbsorum* (Figura 12), posee un cuerpo oval; el segundo par de tentáculos visiblemente más largo que los demás, con dos hileras de ventosas por tentáculo y ventosas engrandecidas en los brazos del segundo y tercer par en ambos sexos; hectocóctilo diminuto en los machos maduros y sin desarrollo (no visible) en los juveniles; hemibranchia con 10 laminillas branquiales (algunos pocos individuos con 9). Color beige a café en organismos frescos. Sin ocelos evidentes en ningún estadio de desarrollo. Presenta una talla máxima en hembras maduras de 740 mm de longitud total y 2080 g de peso total. En el caso de los machos 695 mm de longitud total y 1730 g de peso total.





**Figura 12. Izquierda. Vista dorsal del pulpo de Hubb, no se observa la presencia de ocelos. Derecha arriba. Vista ventral del manto. Derecha centro. Es posible observar ventosas agrandadas en el 2° y 3° tentáculo. Derecha abajo. Vista del tentáculo modificado y su parte terminal el hectocótilo diminuto en un macho maduro.**

Tabla 2. *O. hubbsorum*. Medidas y cuentas de hembras en base a las claves y diagnosis de Roper *et al.* 1995.

	<b>HEMBRA Ejemplar 346</b>	<b>HEMBRA Ejemplar 381</b>	<b>HEMBRA Ejemplar 258</b>	<b>HEMBRA Ejemplar 90</b>
<b>CONDICIÓN DEL ORGANISMO</b>	Fresco	Fresco	Fresco	Fresco
<b>ESTADIO DE MADUREZ</b>	Inmadura	En desarrollo	Madurez inicial	Madurez máxima
<b>LONGITUD TOTAL</b>	263 mm	347 mm	497 mm	510 mm
<b>LONGITUD DORSAL DEL MANTO</b>	55 mm	64.650 mm	113.55 mm	95.70 mm
<b>LONGITUD VENTRAL DEL MANTO</b>	32 mm	37.810 mm	75.25 mm	74.20 mm
<b>PESO TOTAL</b>	120 g	170 g	810 g	1375 g
<b>NÚMERO LAMINILLAS BRANQUIALES</b>	9	10	10	10
<b>COLOR</b>	Beige a Café	Beige a Café	Beige a Café	Beige a Café
<b>OSCELOS</b>	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes

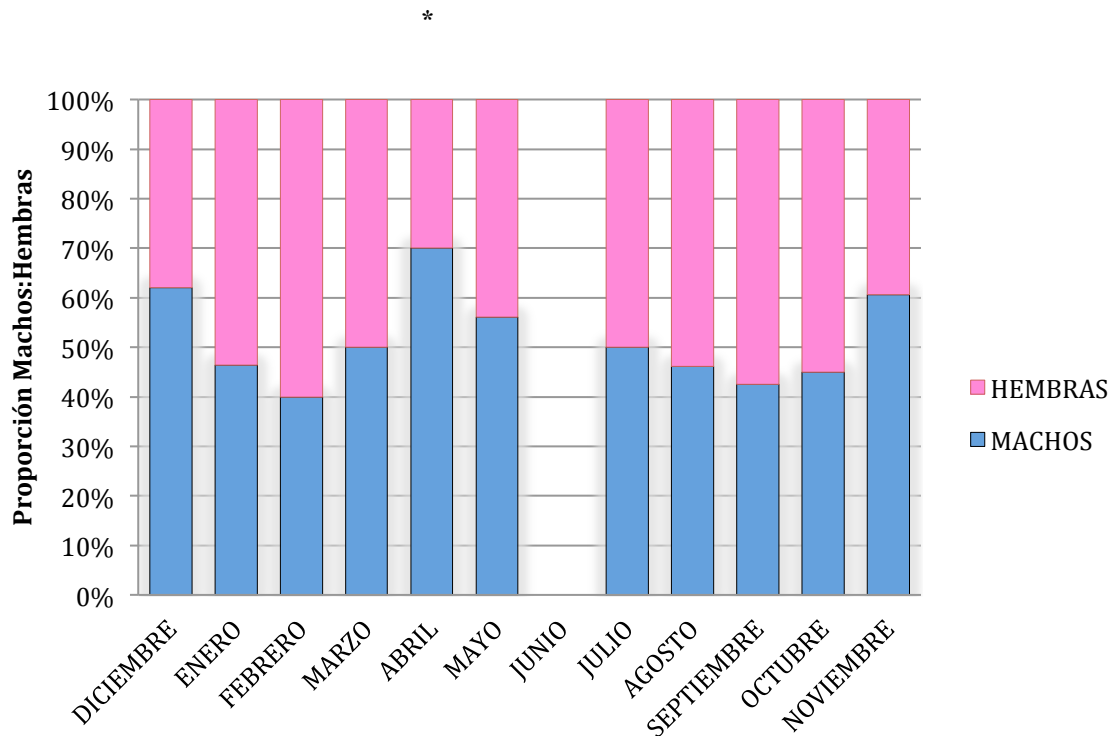
Tabla 3. *O. hubbsorum*. Medidas y cuentas de hembras en base a las claves y diagnosis de Roper *et al.* 1995.

	<b>MACHO Ejemplar 68</b>	<b>MACHO Ejemplar 174</b>	<b>MACHO Ejemplar 416</b>	<b>MACHO Ejemplar 77</b>
<b>CONDICIÓN DEL ORGANISMO</b>	Fresco	Fresco	Fresco	Fresco
<b>ESTADIO DE MADUREZ</b>	Inmadura	En desarrollo	Madurez inicial	Madurez máxima
<b>LONGITUD TOTAL</b>	217.0 mm	435 mm	331 mm	512 mm
<b>LONGITUD DORSAL DEL MANTO</b>	63.0 mm	87.5 mm	39.2 mm	114 mm
<b>LONGITUD VENTRAL DEL MANTO</b>	39.0 mm	60.9 mm	62.0 mm	80.30 mm
<b>PESO TOTAL</b>	110.0 g	450 g	180 g	1000 g
<b>HECTOCÓCTILO</b>	No apreciable	No apreciable	5.8 mm	7.9 mm
<b>NÚMERO LAMINILLAS BRANQUIALES</b>	10	10	9	10
<b>COLOR</b>	Beige a Café	Beige a Café	Beige a Café	Beige a Café
<b>OSCELOS</b>	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes

### **6.3. Proporción mensual por sexos.**

Se analizaron un total de 431 organismos obtenidos de la pesca artesanal en el puerto de Santa Cruz Huatulco, Oaxaca; correspondientes al periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012, de los cuales 208 ejemplares fueron hembras con talla mínima de 140.3 mm y máxima de 840 mm en la longitud total; peso mínimo de 80 g y peso máximo de 2080 g. Por su parte, 223 fueron machos con talla mínima en la longitud total de 217 mm y máxima de 695 mm; peso mínimo de 70 g y peso máximo de 1730 g.

Durante el periodo de estudio evaluado (Figura 13), se presentó una mayor proporción de hembras en los meses de enero, febrero, septiembre y octubre; una mayor proporción de machos en los meses de diciembre, abril, mayo y noviembre e igual proporción en los meses de marzo y julio. No se tienen valores del mes de junio, debido a los efectos del ciclón tropical “Carlotta” a lo largo de la costa de Oaxaca.



**Figura 13. Proporción mensual de sexos de *O. hubbsorum* entre los meses de diciembre de 2011 a noviembre de 2012. \*abril  $\chi^2_{40,1} = 6.40$ , ( $P = 0.01$ )**

A lo largo del periodo total de estudio  $\chi^2_{432,1} = 0.36$ , ( $P = 0.55$ ), no existen evidencias que rechacen la hipótesis nula de igualdad de proporciones con significancia del 95%. No obstante, la prueba de bondad y ajuste de  $\chi^2_{40,1} = 6.40$ , ( $P = 0.01$ ) muestra que solo se presenta diferencia estadísticamente significativa en la proporción de sexos en el mes de abril, en el cual la cantidad de machos superó el doble de hembras.

**Tabla 4. Proporción de sexos de *O. hubbsorum* entre los meses de diciembre de 2011 a noviembre de 2012.**

MES	TOTAL	% DE HEMBRAS	% DE MACHOS	PROPORCIÓN DE SEXOS (HEMBRAS:MACHOS)	$\chi^2$	gl	VALOR p
diciembre 2011	29	62.07	37.93	1:0.61	1.69	1.00	0.13
enero 2012	41	46.34	53.66	1:1.16	0.22	1.00	0.76
febrero 2012	41	40.00	60.00	1:1.5	1.60	1.00	0.14
marzo 2012	44	50.00	50.00	1:1	0.00	1.00	1.00
abril 2012	40	70.00	30.00	1:0.43	6.40	1.00	0.01
mayo 2012	41	56.10	43.90	1:0.78	0.61	1.00	0.38
junio 2012*	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
julio 2012	44	50.00	50.00	1:1	0.00	1.00	1.00
agosto 2012	39	46.15	53.85	1:0.9	0.23	1.00	0.74
septiembre 2012	40	42.50	57.50	1:0.7	0.90	1.00	0.27
octubre 2012	40	45.00	55.00	1:1.02	0.40	1.00	0.52
noviembre 2012	33	39.39	60.61	1:1.5	1.48	1.00	0.16
PERIODO TOTAL	432	50.50	49.50	1:1	0.36	1.00	0.55



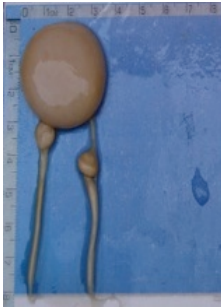
\*SD= Sin datos debido a los efectos del paso del ciclón tropical "Carlotta" a lo largo de la costa de

Oaxaca.

#### 6.4. Estadios de desarrollo gonádico por sexo.

Considerando como base de clasificación la escala propuesta por ICES (2010) para *O. vulgaris*. Se describen las siguientes características morfocromáticas de las gónadas y glándulas accesorias para *O. hubbsorum*.

Tabla 5. Estadio macroscópico de desarrollo gonádico de las hembras de *O. hubbsorum*.

	IMAGEN	OVARIO	OVIDUCTOS	GLÁNDULAS OVIDUCTALES
<b>ESTADIO I. INMADURO</b>		Esférico, muy pequeño y blanco  <b>Peso (g): 0.27±0.24</b>	Traslúcidos y delgados. Los oviductos distales de diámetro similar a las glándulas oviductales	Muy pequeñas y blancas  <b>Diámetro (mm): 2.26±0.64</b>
<b>ESTADIO II. EN DESARROLLO</b>		Ovalado. pequeño de color nacarado y textura granular.  <b>Peso (g): 1.26±1.13</b>	De color blanco. engrosados respecto al estadio inmaduro	De color nacarado. mayores que en el estadio inmaduro  <b>Diámetro (mm): 3.48±1.10</b>
<b>ESTADIO III. MADUREZ INICIAL.</b>		Ligeramente ovalado, grande de color nacarado  <b>Peso (g): 13.26±12.75</b>	Blancos y los oviductos distales ensanchados	Gran tamaño con dos regiones características separadas por una banda denticulada. la región superior de color beige y la inferior color nacarado.  <b>Diámetro (mm): 3.48±1.10</b>


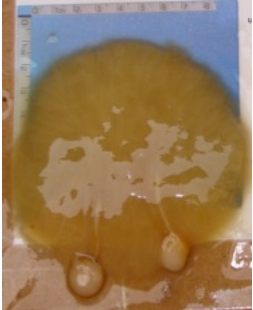
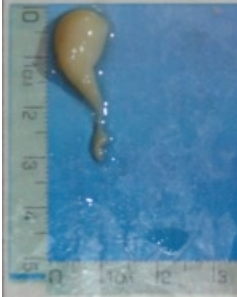
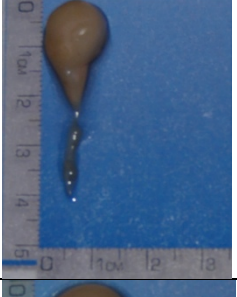
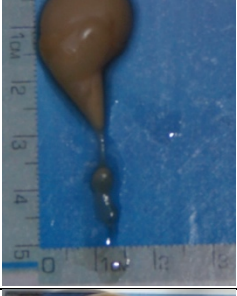


<p><b>ESTADIO IV. MADUREZ MÁXIMA</b></p>		<p>Ligeramente ovalado. Muy grande y de color amarillo a café</p> <p><b>Peso (g): 87.73<math>\pm</math>44.46</b></p>	<p>Nacarados y los oviductos distales ensanchados, pueden presentar algunos huevos</p>	<p>Tamaño máximo con dos regiones características. separadas por una banda denticulada. La región superior de color café y la inferior color amarillo.</p> <p><b>Diámetro (mm): 13.68<math>\pm</math>3.10</b></p>
<p><b>ESTADIO V. EN DESOVE/DESOVADO</b></p>		<p>Flácido y grande. de color amarillo recién desovada y pequeño de color café.</p> <p><b>Peso (g): 31.435<math>\pm</math>37.97</b></p>	<p>Amarillos. pueden presentar algunos ovocitos</p>	<p>Tamaño máximo con dos regiones características. separadas por una banda denticulada. La región superior de color café y la inferior color amarillo.</p> <p><b>Diámetro (mm): 14.5<math>\pm</math> 2.4</b></p>

Tabla 6. Estadio macroscópico de desarrollo gonádico de los machos de *O. hubbsorum*.

	IMAGEN	TESTÍCULO	COMPLEJO ESPERMATOFÓRICO
<b>ESTADIO I. INMADURO</b>		Muy pequeño con forma esférica y de color blanco. <b>Peso= 0.48+0.48</b>	Es traslucido. El pene aparece como una diminuta prominencia. <b>Peso=0.29+0.26</b>
<b>ESTADIO II. EN DESARROLLO</b>		Pequeño. ligeramente ovalado de color nacarado. <b>Peso= 1.50+1.03</b>	Presenta algunos espermatozoides tentativos. <b>Peso=0.94+0.64</b>
<b>ESTADIO III. MADUREZ INICIAL.</b>		Ovalados de color nacarado. <b>Peso=2.67+1.54</b>	Vaso deferente con filamento en espiral. Complejo de Needham mayoritariamente con espermatozoides tentativos y algunos espermatozoides viables <b>Peso=1.63+0.90</b>
<b>ESTADIO IV. MADUREZ MÁXIMA</b>		Ovalados de color beige. <b>Peso=3.09+2.39</b>	Complejo de Needham lleno con espermatozoides viables. <b>Peso=1.86+1.27</b>
<b>ESTADIO V. EYACULADO</b>		Flácido de color beige oscuro <b>Peso=4.60 ± 1.36</b>	Complejo de Needham vacío o con espermatozoides remanentes en desintegración. <b>Peso=3.11 ± 0.74</b>



En el caso de las hembras (Figura 14), se encontraron presentes los estadios “inmaduro” y “en desarrollo” en todos los meses evaluados. Las hembras maduras en los estadios “madurez inicial” estuvieron presentes en casi todos los meses, excepto en marzo (coincidente con el rebalse) y octubre; mientras que el estadio “madurez máxima” solo estuvo ausente en los meses de marzo (coincidente con el rebalse), octubre y noviembre, mientras que se registraron hembras en estadio V (en desove) solo en el de diciembre de 2011. Debido a la presencia de hembras maduras a lo largo del ciclo anual, se deduce que en las hembras el pulpo de Hubb presentan un patrón reproductivo anual.

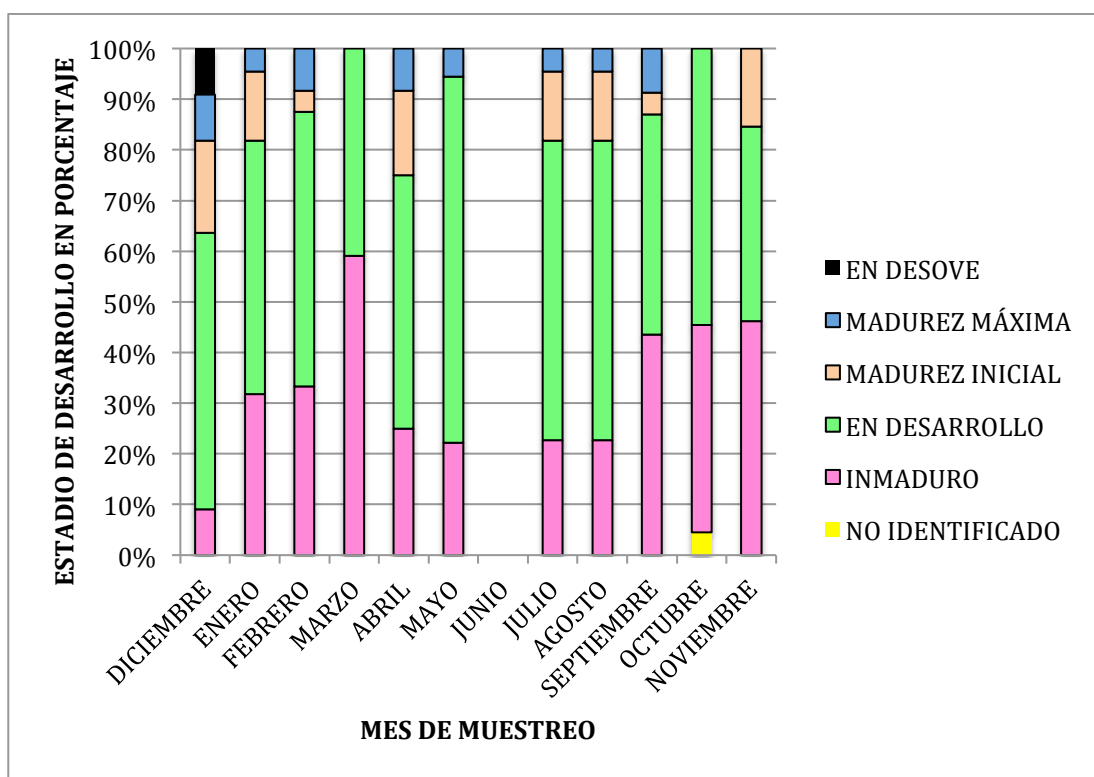


Figura 14. Proporción de estadios por desarrollo gonádico de las hembras de *O. hubbsorum*.

En el caso de los machos (Figura 15), se registró el estadio “inmaduro” en casi todos los meses excepto mayo y noviembre; mientras que los estadios “en desarrollo” y “madurez inicial” estuvieron presentes a lo largo de todo el ciclo anual; mientras que el estadio “madurez máxima” se presentó en todos los meses excepto en diciembre. Se registraron machos eyaculados en los meses de julio y noviembre. En el caso de los machos la presencia de machos maduros a lo largo de todo el ciclo anual, indica que el pulpo de Hubb, presenta un ciclo reproductivo anual.

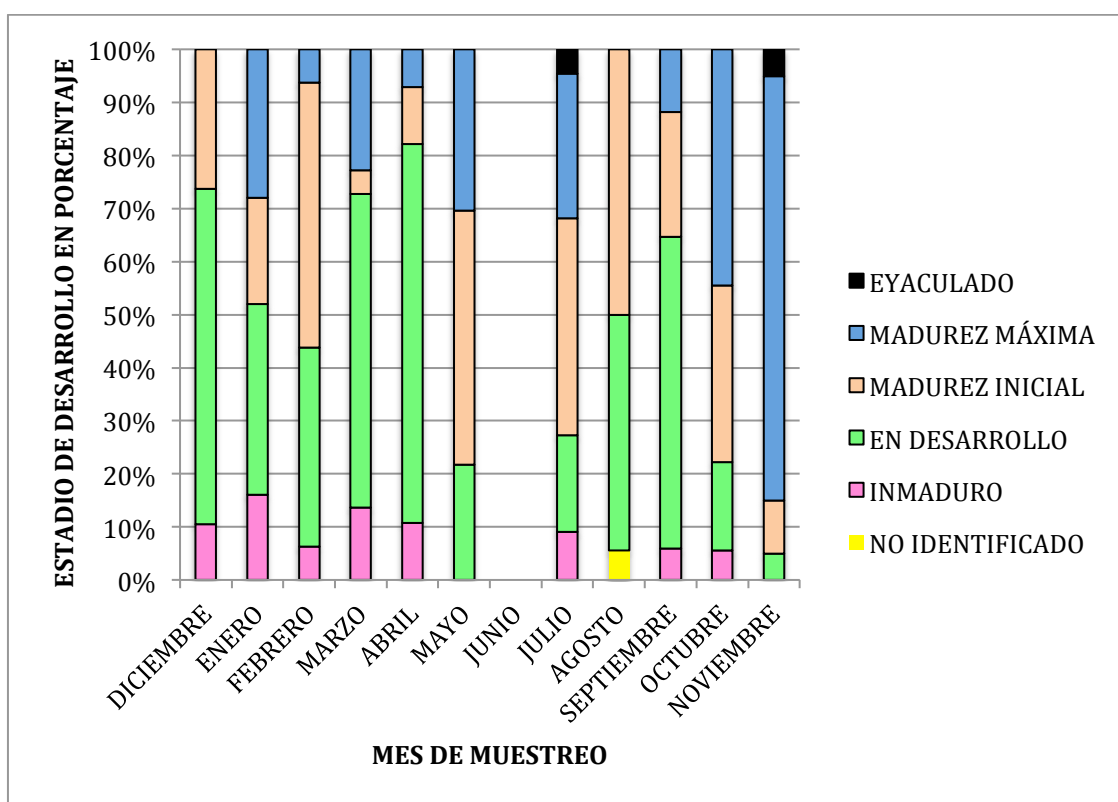


Figura 15. Proporción de estadios por desarrollo gonádico de los machos de *O. hubbsorum*.

## 6.5. Relación peso-longitud

Se realizó el análisis de la relación peso-talla (peso total-longitud total; peso total-longitud dorsal del manto y peso total-longitud ventral del manto) por sexos combinados (Figura 10; n=430), hembras (Figura 11; n=207) y para machos (Figura 12; n=223), registrando la relación peso total-longitud total el mejor ajuste con un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0.88.

Los parámetros de relación talla-peso por sexos combinados (Figura 16) como por sexos separados (Figuras 17 y 18 ) exhiben un valor del intercepto (a) con un nivel  $p < 0.05$ . A su vez, los valores de la pendiente ( $b_1$ ) en todos los niveles de cada uno de los casos fue menor a 3; por lo que el crecimiento de *O hubbsorum* en la microrregión de ordenamiento pesquero 5A en Bahías de Huatulco es de tipo alométrico negativo, es decir, que los organismos presentan un mayor crecimiento en talla que en peso.

Los valores  $r^2$  de la función potencial durante el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012 para los totales indican que el peso se explica en función de la talla en 88% de los casos en base a la Lt; 86% de los casos en base a la LDM y 87 % de los casos en base a la LVM. En el caso de las hembras, el peso se explica en función de la talla en el 88% de los casos en base a la Lt; 89% de los casos en base a la LDM y 89% de los casos en base a la LVM. Por su parte la relación en los machos, el peso se explica en función de la talla en 89% de los casos en base a la Lt; 87% de los casos en base a la LDM y 85% de los casos en base a la LVM.

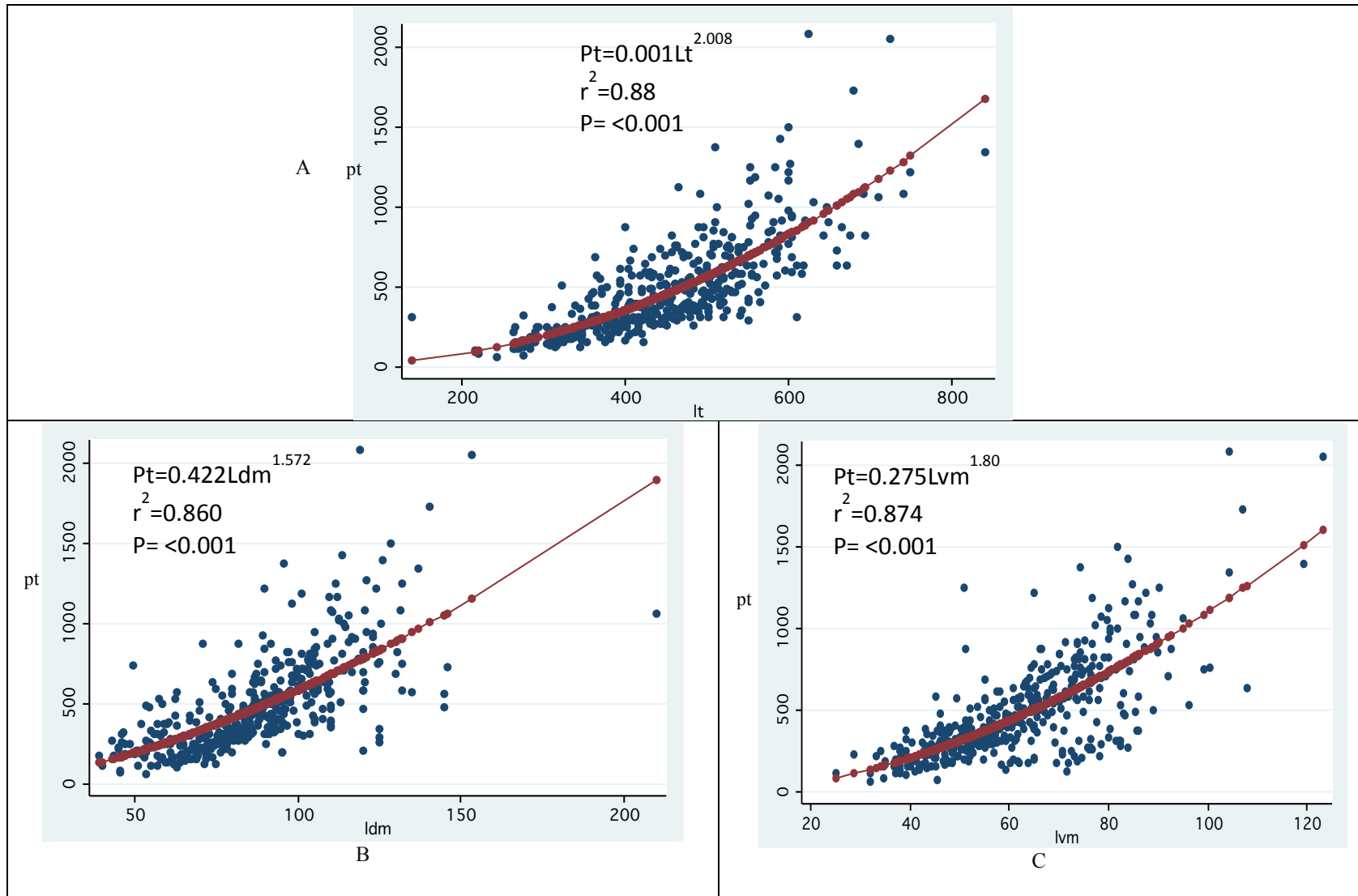


Figura 16. Diagrama de dispersión y función potencial de la relación peso-talla por sexos combinados de *O. hubbsorum* A) relación peso total-longitud total; B) relación peso total-longitud dorsal del manto; C) relación peso total-longitud ventral del manto.

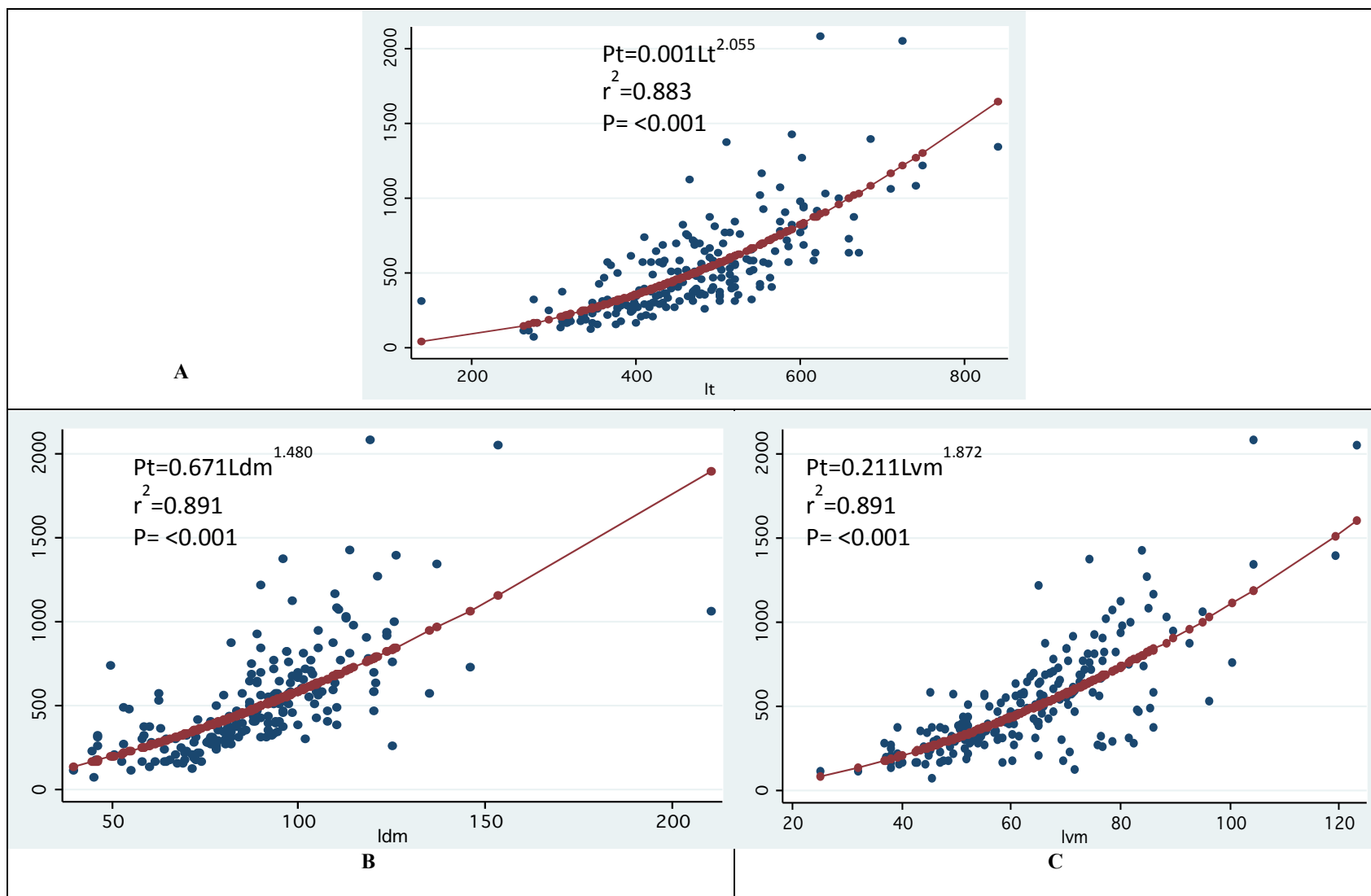


Figura 17. Diagrama de dispersión y función potencial de la relación peso-talla de las hembras de *O. hubbsorum* a) relación peso total-longitud total; b) relación peso total-longitud dorsal del manto; c) relación peso total-longitud ventral del manto.

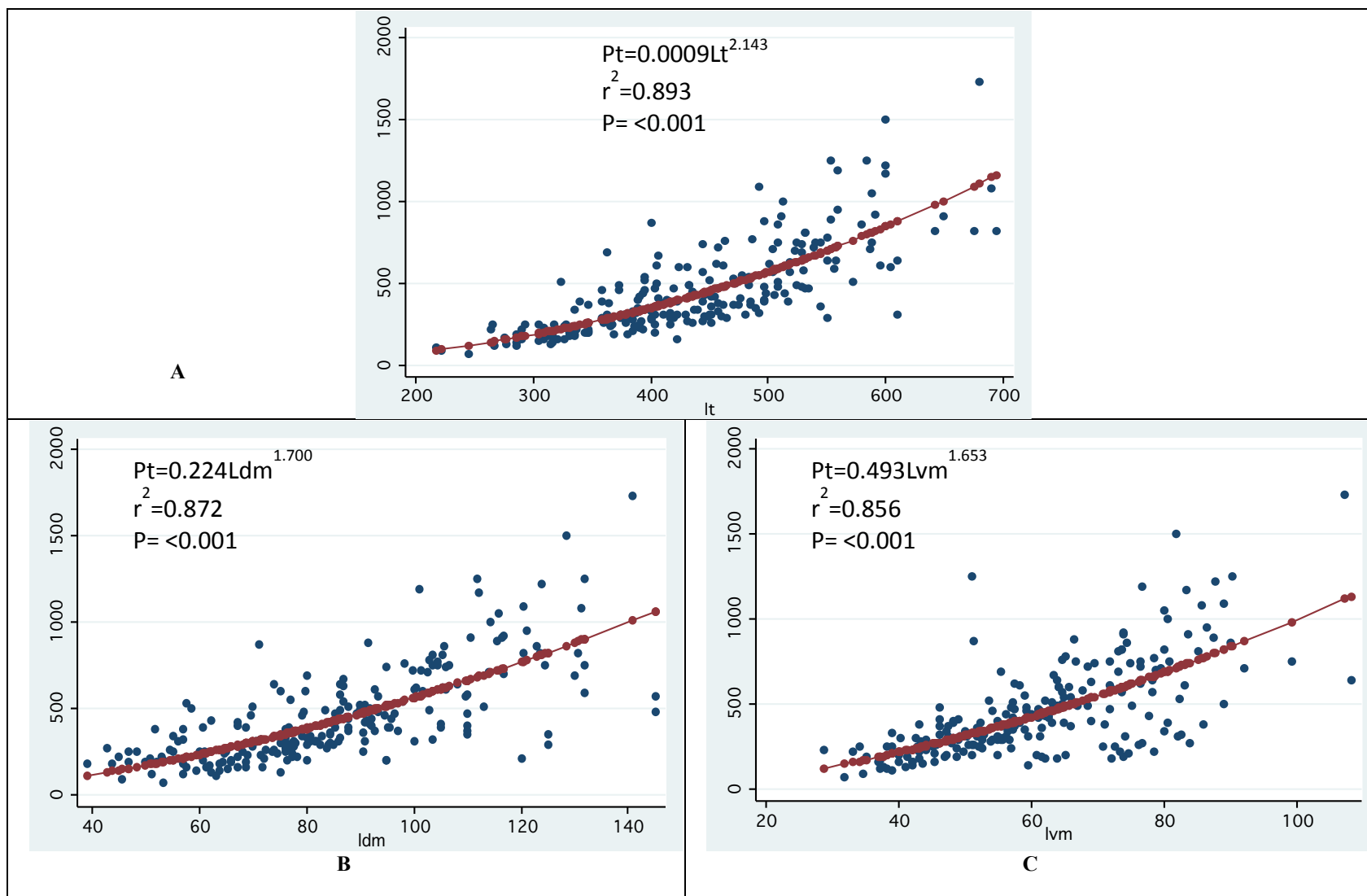


Figura 18. Diagrama de dispersión y función potencial de la relación peso-talla de los machos de *O. hubbsorum* A) relación peso total-longitud total; B) relación peso total-longitud dorsal del manto; C) relación peso total- longitud ventral del manto.

## 6.6. Índices morfofisiológicos.

Se realizó el análisis del logaritmo natural de los índices morfofisiológicos durante el periodo de estudio, correspondiente a diciembre de 2011 a noviembre de 2012 de un total de 431 individuos. Durante el periodo de muestreo se presentaron tres fenómenos naturales: 1) rebalse (marzo); 2) marea roja (mayo) de la cual se reportó por parte de la Jurisdicción Sanitaria de la Costa, la presencia de los protistas dinoflagelados *Prorocentrum*, *Akashiwo sanguinum* y *Ceratium balechi* con conteo inferior a mil células por litro de agua de mar; y 3) paso del ciclón tropical “Carlotta” (junio) a lo largo de la costa de Oaxaca, cuyos efectos afectaron la consecución de muestras en dicho mes.

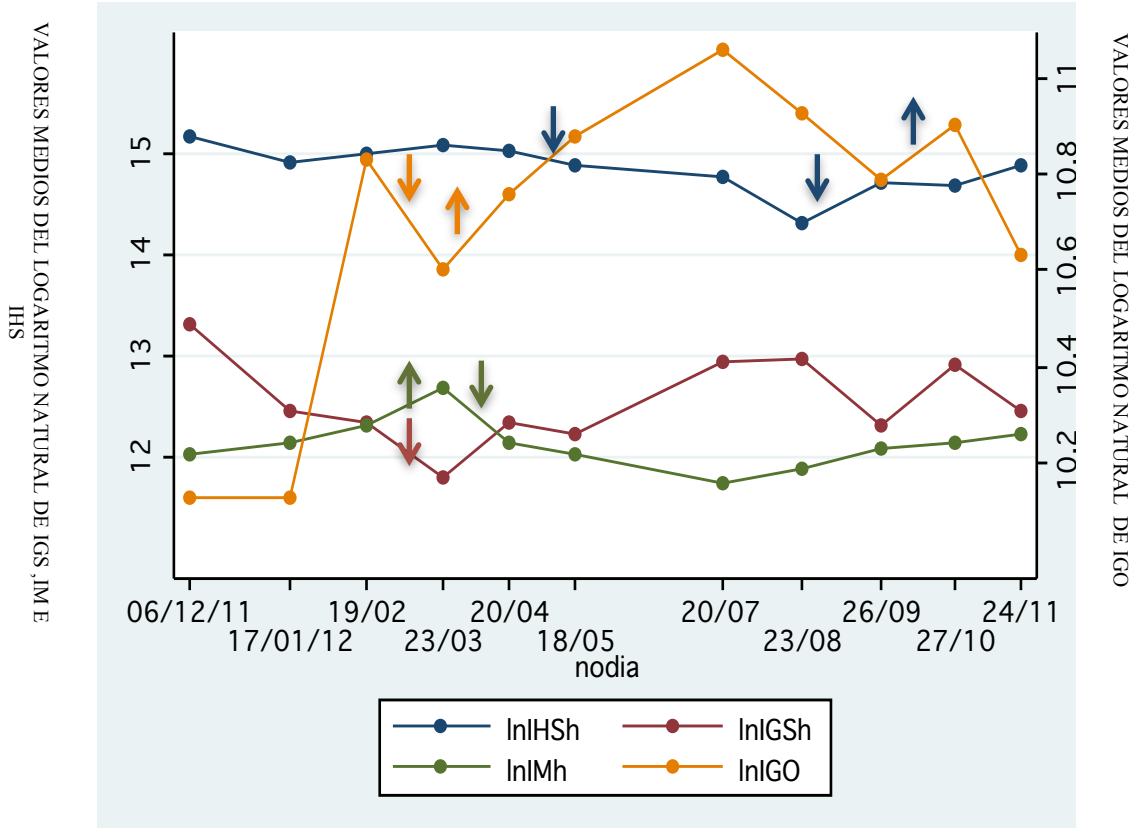
**Tabla 7. Promedio aritmético y desviación estándar de los índices morfofisiológicos de las hembras de *O. hubbsorum* en el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012.**

MES	<i>lnIHS</i>	<i>lnIGS</i>	<i>lnIM</i>	<i>lnIGO</i>
<b>diciembre de 2011</b>	15.167± 0.447	13.311± 1.956	12.043 ± 1.142	10.130 + 0.252
<b>enero de 2012</b>	14.897 ± 0.436	12.464 ± 1.625	12.143± 1.142	10.130 + 0.252
<b>febrero de 2012</b>	14.984 ± 0.436	12.339± 1.527	12.318 ± 0.840	10.830 + 0.560
<b>marzo de 2012</b>	15.070 ± 0.186	11.793 ± 0.251	12.680 ± 0.215	10.600± 0.198
<b>abril de 2012</b>	15.005 ± 0.370	12.359 ± 1.191	12.153 ± 0.799	10.761± 0.485
<b>mayo 2012</b>	14.879 ± 0.190	12.241 ± 0.924	12.031 ± 0.585	10.877± 0.246
<b>junio 2012*</b>	SD	SD	SD	SD
<b>julio 2012</b>	14.747 ± 0.388	12.940± 1.141	11.748 ± 0.703	11.057 ± 0.335
<b>agosto 2012</b>	14.309 ± 0.295	12.973 ± 1.283	11.883± 0.735	10.927 ± 0.166
<b>septiembre 2012</b>	14.691 ± 0.301	12.317 ± 0.846	12.089± 0.628	10.789 ± 0.470
<b>octubre 2012</b>	14.675± 0.301	12.913 ± 0.846	12.157 ± 0.451	10.904 ± 0.315
<b>noviembre 2012</b>	14.869 ± 0.270	12.454 ± 1.136	12.238 ± 0.680	10.630 ± 0.264

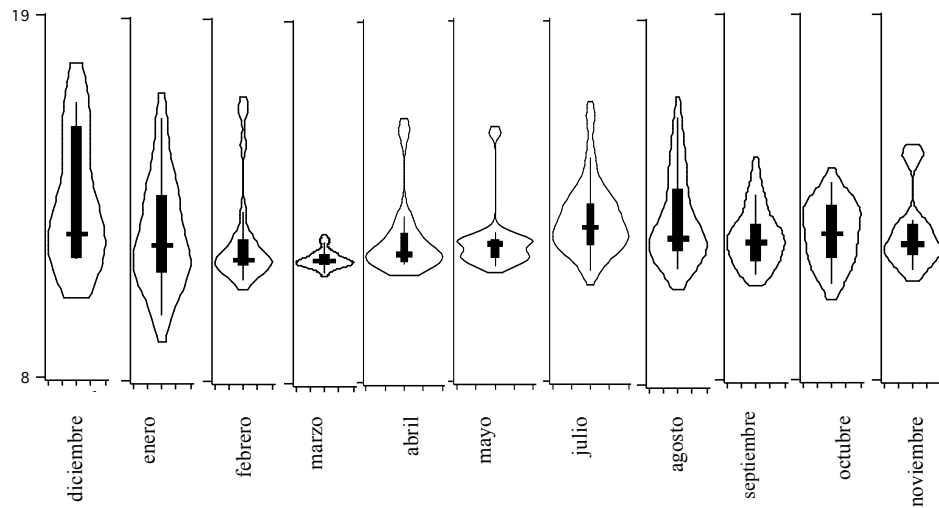
\*SD= Sin datos obtenidos. debido a los efectos del ciclón tropical “Carlotta” a lo largo de la costa de Oaxaca.

En el caso de las hembras (Tabla 5 y Figura 19) los valores en escala logarítmica, del índice gonadosomático (*IGS*), inició con un valor alto que decayó gradualmente hasta el mes de marzo para incrementarse a partir de abril hasta agosto, y disminuir de septiembre hasta noviembre. El índice de madurez (*IM*), presentó un efecto de espejo con respecto al *IGS*. El índice de la glándula oviductal (*IGO*), inició con un valor bajo en diciembre, incrementándose en enero y febrero, para decaer en marzo (mes en que se presentó el rebalse), para incrementarse paulatinamente hasta el mes de julio, y caer gradualmente hasta el mes de noviembre. Por su parte el índice hepatosomático inició con un valor alto para descender ligeramente en enero para sostenerse sin gran variación hasta el mes de mayo donde cae gradualmente hasta el mes de agosto en que exhibe su valor mínimo para incrementar gradualmente hasta noviembre.





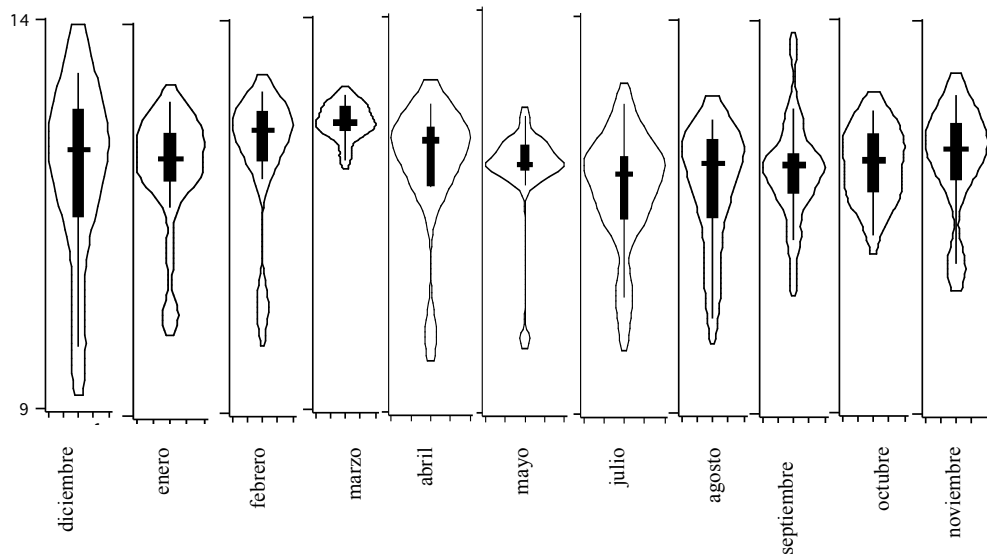
**Figura 19.** Valores del logaritmo natural de los índices morfofisiológicos de las hembras de *O. hubbsorum*, a través del ciclo de muestreo diciembre de 2011 a noviembre de 2012. Flechas hacia arriba y abajo indican variación estadísticamente significativa entre meses en contraste lineal.  
**lnIHS** = logaritmo natural del índice hepatosomático en hembras.  
**lnIGSh** = logaritmo natural del índice gonadosomático en hembras.  
**lnIMh** = logaritmo natural del índice de madurez en hembras.  
**lnIGO** = logaritmo natural del índice de la glándula oviductal.



**Figura 20. Diagramas de violín del logaritmo natural del índice gonadosomático (*IGS*) en hembras de *O. hubbsorum* por mes.**

Los diagramas de violín del logaritmo del *IGS* en hembras de *O. hubbsorum* por mes (Figura 20), muestran tendencia a los valores bajos a lo largo de todo el año y presencia de sesgo con tendencia hacia los casos extraordinarios altos en primavera-verano, así como la presencia de multimodalidad en algunos meses. El test robusto de Levene para la homogeneidad de la varianza ( $W=4.23$ ; g.l.=10, 187;  $P<0.05$ ), rechaza la hipótesis nula( $H_0$ ) de igualdad de varianzas del logaritmo natural del *IGS*.

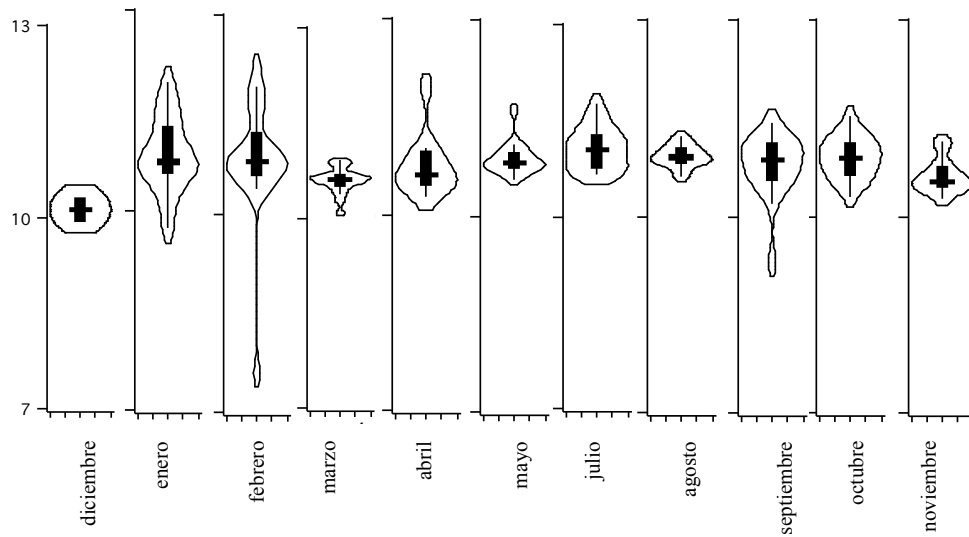
El test (H) de Kruskal-Wallis para la comparación de K medias poblacionales ( $H=25.807$ ; g.l.=10, 188;  $P<0.05$ ), rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) de igualdad de medianas poblacionales. El contraste *post-hoc*, entre niveles (fecha de muestreo), exhibe la presencia de un incremento significativo ( $P<0.05$ ) entre febrero y marzo.



**Figura 21. Diagramas de violín del logaritmo del *IM* en hembras *O. hubbsorum* por mes.**

Los diagramas de violín del logaritmo del *IM* en hembras de *O. hubbsorum* por mes (Figura 21), presentan tendencia a los valores altos en todos los meses, presentando sesgo con tendencia los valores altos en primavera-verano; así como la presencia de multimodalidad en la mayoría de los meses. El test robusto de Levene para la homogeneidad de la varianza ( $W=2.05$ ; g.l.=10, 188;  $P<0.05$ ), rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) de igualdad de varianzas del logaritmo natural del *IM*.

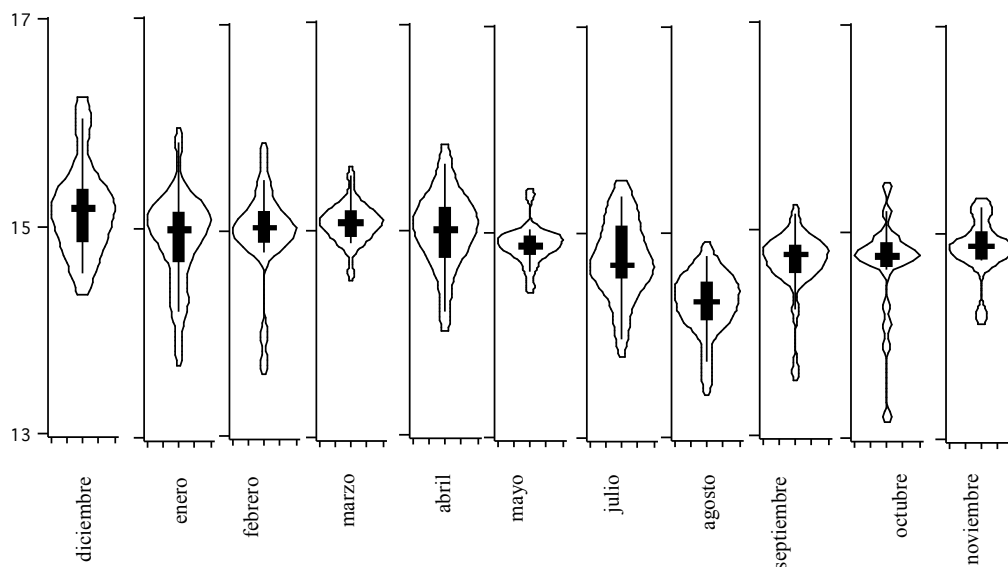
El test (H) de Kruskal-Wallis para la comparación de K medias poblacionales ( $H=44.412$ ; g. l.=10;  $P<0.05$ ), rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) de igualdad de medianas poblacionales. El contraste *post-hoc*, entre niveles (fecha de muestreo), exhibe la presencia de un incremento significativo ( $P<0.05$ ) entre febrero-marzo y un descenso significativo ( $P<0.05$ ) en marzo-abril.



**Figura 22. Diagramas de violín del logaritmo del *IGO* en hembras *O. hubbsorum* por mes.**

Los diagramas de violín del logaritmo del *IGO* en hembras de *O. hubbsorum* por mes (Figura 22), presentan tendencia a los valores bajos en la mayoría de los meses con excepción de julio a octubre, donde predominan los valores medios, exhibiendo un ligero sesgo con tendencia los valores altos en la mayoría de los meses, con excepción de enero, febrero y septiembre. A su vez, se observa la presencia de multimodalidad en la mayoría de los meses. El test robusto de Levene para la homogeneidad de la varianza ( $W=2.49$ ; g. l.=10, 171;  $P<0.05$ ), rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) de igualdad de varianzas del logaritmo natural del *IGO*.

El test (H) de Kruskal-Wallis para la comparación de K medianas poblacionales ( $H=35.129$ ; g. l.=10;  $P<0.05$ ), rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) de igualdad de medias poblacionales. El contraste *post-hoc*, entre niveles (fecha de muestreo), exhibe la presencia de un descenso significativo ( $P<0.05$ ) entre febrero-marzo y un incremento significativo ( $P<0.05$ ) en febrero-marzo y marzo-abril.



**Figura 23. Diagramas de violín del logaritmo del *IHS* en hembras *O. hubbsorum* por mes.**

Los diagramas de violín del logaritmo del *IHS* en hembras de *O. hubbsorum* por mes (Figura 23), reflejan valores altos de diciembre a mayor con predominancia a los valores altos, decayendo de mayo a agosto con tendencia a los valores bajos, para incrementar de septiembre a noviembre con tendencia los valores medios. Se observa sesgo a los valores altos en diciembre y a los bajos en el resto de los meses, así como la presencia de multimodalidad en la mayoría de los meses. El test robusto de Levene para la homogeneidad de la varianza ( $W=1.63$ ; g. l.=10, 185;  $P>0.05$ ), no rechaza la hipótesis nula( $H_0$ ) de igualdad de varianzas del logaritmo natural del *IHS*.

El análisis de varianza (ANDEVA) para la comparación de medias poblacionales ( $F=7.34$ ;  $gl=10,185$ ;  $P<0.05$ ), rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) de igualdad de medias poblacionales. El contraste *post-hoc*, entre niveles (fecha de muestreo), exhibe la presencia de un descenso significativo ( $P<0.05$ ) entre abril-mayo y julio-agosto y un incremento significativo ( $P<0.05$ ) en agosto-octubre.

Se realizó el análisis del logaritmo natural de los índices morfofisiológicos (*IGS*, *IM*, *IHS*, *ICE*) de diciembre de 2011 a noviembre de 2012 de un total de 225 machos. (Tabla 10).

**Tabla 8. Promedio aritmético y desviación estándar del logaritmo natural de los índices morfofisiológicos de los machos de *O. hubbsorum* en el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012.**

MES	<i>lnIHS</i>	<i>lnIGS</i>	<i>lnIM</i>	<i>lnICE</i>
<b>diciembre de 2011</b>	14.896 + 0.412	13.599+ 0.580	12.802 + 0.205	9.001 + 0.566
<b>enero de 2012</b>	14.986 + 0.549	13.213+ 0.888	12.827 + 0.167	8.579 + 0.930
<b>febrero de 2012</b>	14.758 + 0.228	13.274 + 0.430	12.927+ 0.246	8.659+ 0.463
<b>marzo de 2012</b>	14.978 + 0.220	13.310 + 0.380	12.893 + 0.192	8.704 + 0.389
<b>abril de 2012</b>	14.900 + 467	13.447 + 0.650	12.832 + 0.218	8.838 + 0.672
<b>mayo 2012</b>	14.752+ 0.239	13.593 + 0.163	12.808+ 0.084	8.985+ 0.161
<b>junio 2012</b>	SD	SD	SD	SD
<b>julio 2012</b>	14.494 + 0.303	13.576 + 0.352	12.837 + 0.176	8.974+ 0.352
<b>agosto 2012</b>	14.051 + 0 .331	13.760 + 0.311	12.964 + 0.227	9.166 + 0.310
<b>septiembre 2012</b>	14.419 + 0.187	13.401 + 0.515	12.956 + 0.200	8.795 +0.512
<b>octubre 2012</b>	14.634 + 0.238	13.595 + 0.489	12.954 + 0.124	8.987 + 0.504
<b>noviembre 2012</b>	14.648 + 0.283	13.930 + 0.446	12.866 + 0.117	9.317 + 0.453

\*SD= Sin datos obtenidos, debido a los efectos del ciclón tropical “Carlotta” a lo largo de la costa de Oaxaca.

En el caso de los machos (Tabla 6, Figura 24), el logaritmo natural del índice gonadosomático (*IGS*), inició con un valor alto que decayó en enero para incrementarse gradualmente hasta agosto exhibiendo en este mes su valor máximo, para disminuir desde septiembre y presentar un incremento gradual hasta noviembre. El logaritmo natural del índice de madurez (*IM*), presentó una tendencia inversa con respecto al logaritmo natural del *IGS* con variaciones mínimas entre muestreos. El logaritmo natural del índice del complejo espermatofórico (*ICE*), va paralelo al del logaritmo natural del *IGS*. Por su parte el logaritmo natural del índice hepatosomático (*IHS*) presentó un comportamiento de espejo con respecto al del logaritmo natural del *IGS*.

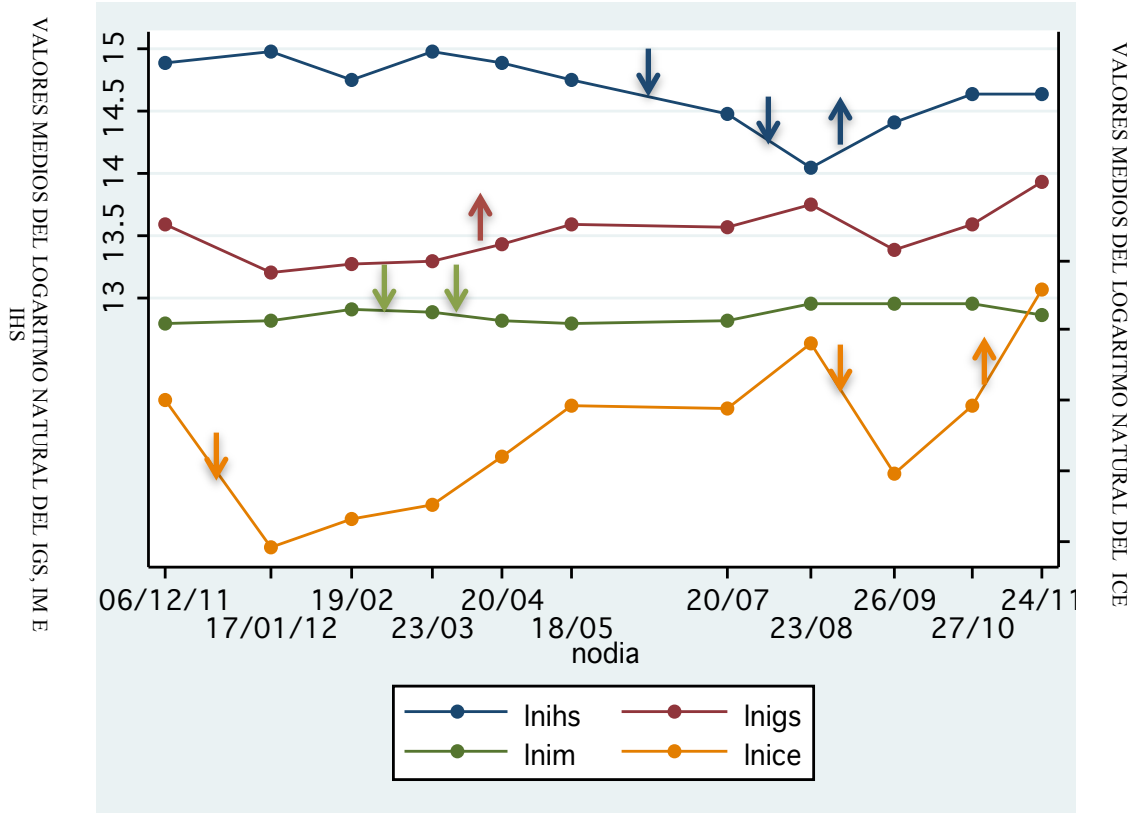


Figura 24. Valores del logaritmo natural de los índices morfofisiológicos de los machos de *O. hubbsorum*, a través del ciclo de muestreo diciembre de 2011 a noviembre de 2012. Flechas hacia arriba y abajo indican variación estadísticamente significativa entre meses en contraste lineal.

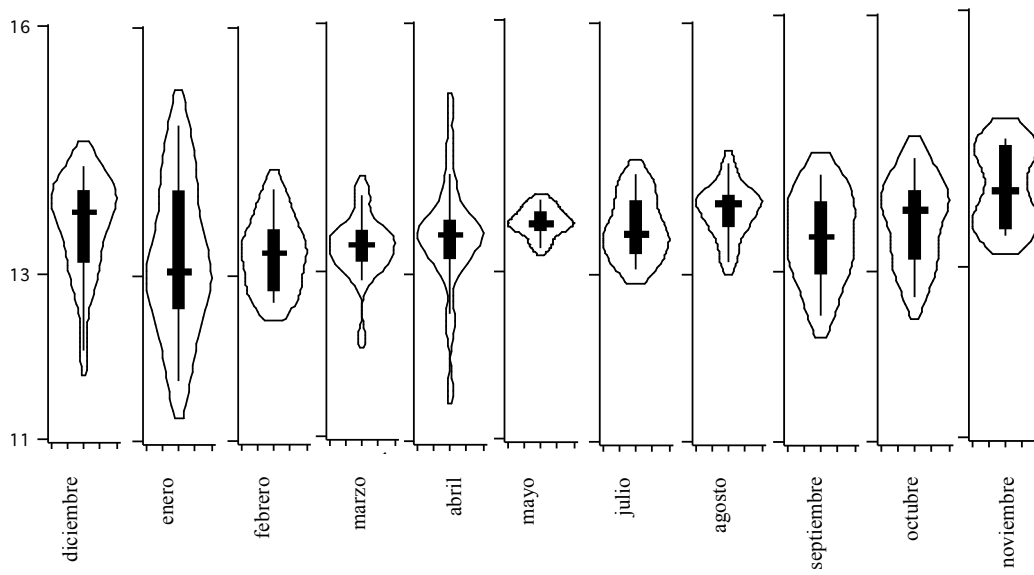
InIHS = logaritmo natural del índice hepatosomático en machos.

InIGS = logaritmo natural del índice gonadosomático en machos.

InIM = logaritmo natural del índice de madurez en machos.

InICE = logaritmo natural del índice de la glándula machos.

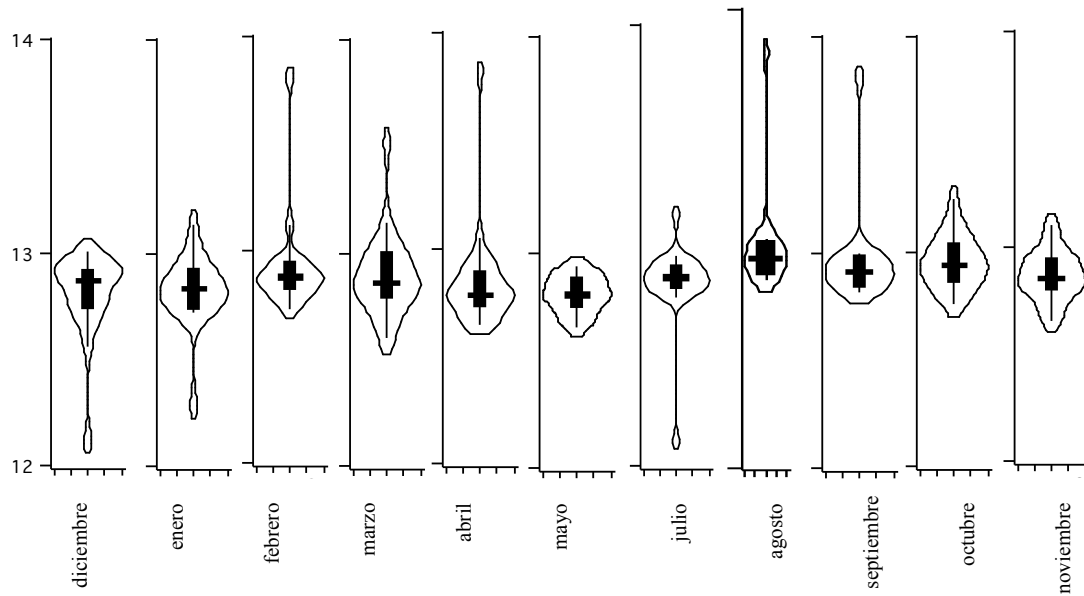




**Figura. 25** Diagramas de violín del logaritmo natural del *IGS* en machos *O. hubbsorum* por mes.

Los diagramas de violín del logaritmo natural del índice gonadosomático (*IGS*) en machos (Figura 25), exhiben tendencia hacia los valores altos, con sesgo hacia los casos extraordinarios y presencia de multimodalidad en la mayoría de los meses. El test robusto de Levene para la homogeneidad de la varianza ( $W=4.52$ ; g. l.=10, 206;  $P<0.05$ ), rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) de igualdad de varianzas del logaritmo natural del *IGS*, de al menos una diferencia entre los meses de diciembre a marzo y entre julio-septiembre.

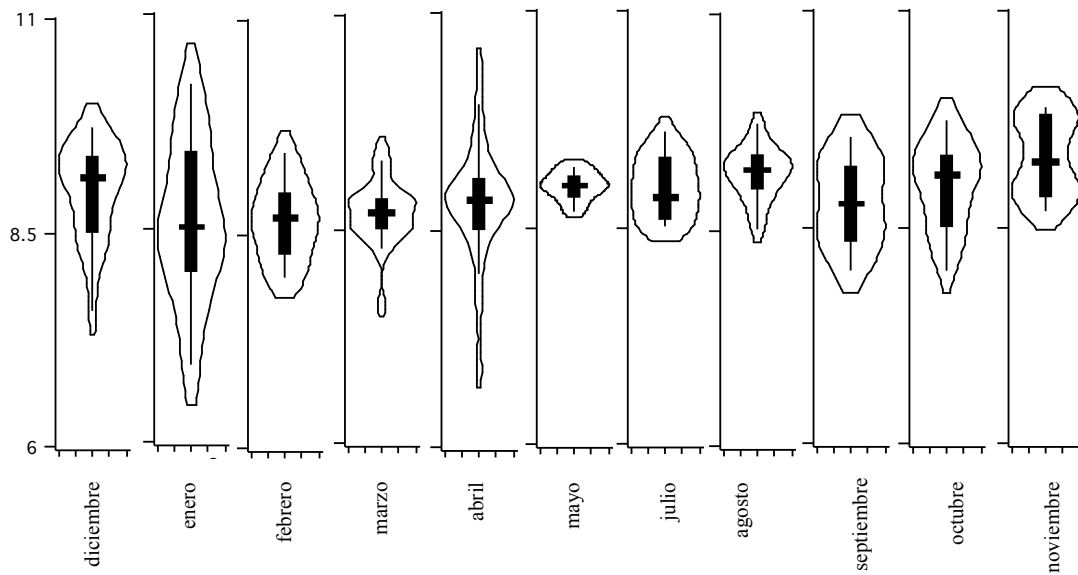
El test (H) de Kruskal-Wallis para la comparación de K medianas poblacionales ( $H=25.807$ ; g. l.=10, 210;  $P<0.05$ ), rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) de igualdad de medias poblacionales. El contraste regular *post-hoc*, exhibe la presencia de un incremento significativo ( $P<0.05$ ) entre marzo y abril.



**Figura 26. Diagramas de violín del logaritmo del *IM* en machos *O. hubbsorum* por mes.**

Los diagramas de violín del logaritmo natural del índice de madurez (*IM*) en machos (Figura 26), exhiben tendencia hacia los valores bajos, con sesgo hacia los casos extraordinarios bajos en diciembre y enero y con sesgo hacia los casos extraordinarios altos en los meses de febrero hasta abril y nuevamente en septiembre. Se observa además la presencia de multimodalidad en la mayoría de los meses. El test robusto de Levene para la homogeneidad de la varianza ( $W=0.54$ ; g. l.=10, 210;  $P>0.05$ ), no rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) de igualdad de varianzas del logaritmo natural del *IM*.

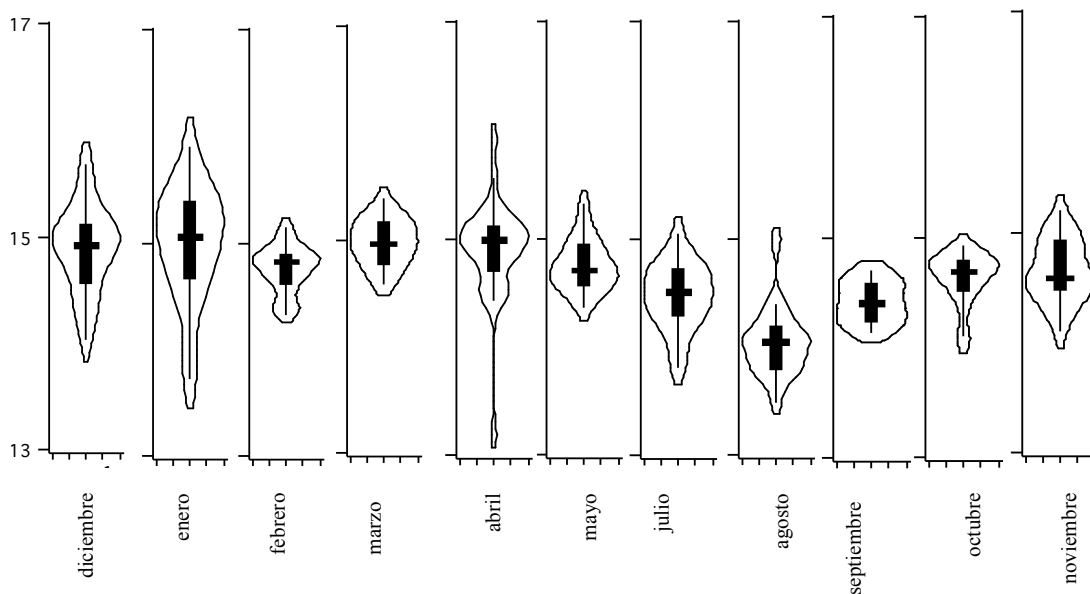
El análisis de varianza (ANDEVA) ( $F=2.18$ ; g. l.=10;  $p<0.05$ ), rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) de igualdad de medias poblacionales. El contraste regular *post-hoc*, exhibe la presencia de un descenso significativo ( $P<0.05$ ) entre febrero-marzo y marzo-abril.



**Figura 27. Diagramas de violín del logaritmo del ICE en machos *O. hubbsorum* por mes.**

Los diagramas de violín del logaritmo natural del índice del complejo espermatofórico (*ICE*) en machos (Figura 27), exhiben tendencia hacia los valores altos, con sesgo hacia los casos extraordinarios y presencia de multimodalidad en la mayoría de los meses. El test robusto de Levene para la homogeneidad de la varianza ( $W=4.52$ ; g. l.=10, 20;  $P<0.05$ ), rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) de igualdad de varianzas del logaritmo natural del *ICE*.

El test (H) de Kruskal-Wallis para la comparación de K medianas poblacionales ( $H=32.399$ ; g. l.=10;  $P<0.05$ ), rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) de igualdad de medianas poblacionales. El contraste regular *post-hoc*, exhibe la presencia de un descenso significativo ( $P<0.05$ ) entre diciembre-enero y agosto-septiembre, y un incremento significativo ( $P<0.05$ ) entre octubre-noviembre.



**Figura 28. Diagramas de violín del logaritmo del IHS en machos *O. hubbsorum* por mes.**

Los diagramas de violín del logaritmo natural del índice del índice hepatosomático (*IHS*) en machos (Figura 22), presentan valores altos entre diciembre a abril con sesgo hacia los valores bajos, mostrando un descenso en los datos entre mayo y agosto, para incrementar de septiembre a noviembre. Se observa la presencia de multimodalidad. El test robusto de Levene para la homogeneidad de la varianza ( $W=2.38$ ; g. l.=10, 210;  $P<0.05$ ), rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) de igualdad de varianzas del logaritmo natural del IHS.

El test (H) de Kruskal-Wallis para la comparación de K medianas poblacionales ( $H=83.991$ ; g. l.=10;  $P<0.05$ ), rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) de igualdad de medias poblacionales. El contraste *post-hoc*, entre niveles (fecha de muestreo), exhibe un descenso significativo en el periodo mayo-julio, julio-agosto y un incremento significativo entre agosto-octubre.

### **6.7. Análisis multivariado de covarianza (ANMUCOVA).**

Los valores logarítmicos de los pesos medios de la gónada, complejo oviductal, glándula hepatosomática y peso eviscerado de los individuos, presentan variabilidad a lo largo del ciclo estudiado (Figura 29). En el caso del ovario, se observan altibajos, con pico máximo en mayo y picos mínimos en marzo y octubre. El complejo oviductal, mostró una conducta semejante a la del índice gonadosomático, el pico máximo se presentó en abril y el mínimo en octubre. El peso eviscerado presentó oscilación de diciembre a mayo, partir del cual presentó una tendencia a la baja que registró dos picos máximos en febrero y mayo y dos mínimos en enero y octubre. Por otro lado el peso medio de la glándula hepatosomática, mostró una tendencia a la alta de diciembre a abril con pico máximo en abril, con tendencia gradual a la baja en los meses sucesivos con mínimo en octubre

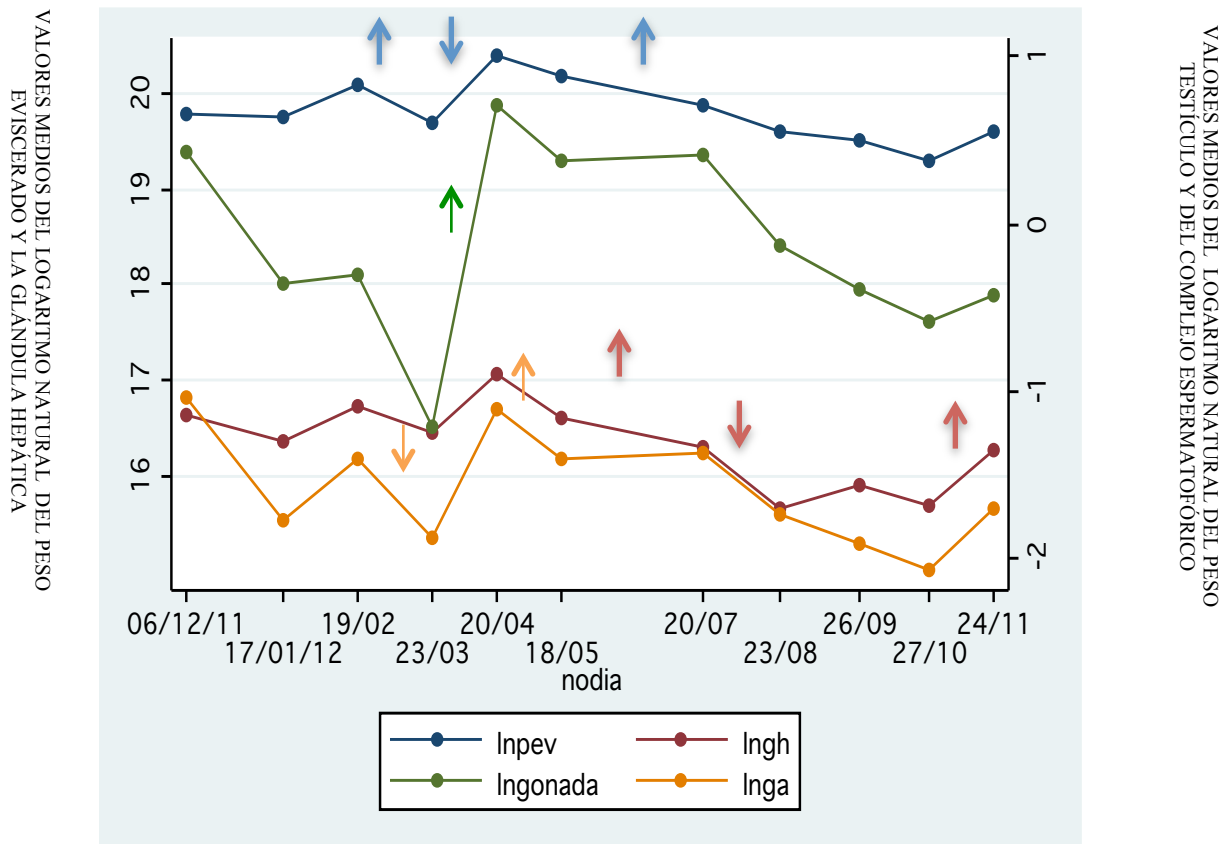


Figura 29. Valores del logaritmo natural de los pesos medios de gónada, glándula accesoria, glándula hepática y peso eviscerado en las hembras de *O. hubbsorum*, a través del ciclo de muestreo diciembre de 2011 a noviembre de 2012. Las flechas representan variaciones estadísticamente significativas en el contraste lineal entre meses.

Ingonada= media del logaritmo natural del peso medio del ovario.

Inga= media del logaritmo natural del peso medio del complejo oviductal.

Inpev= media del logaritmo natural del peso eviscerado.

Ingh= media del logaritmo natural del peso de la glándula hepátosomática.

El ANMUCOVA (Tabla 7), revela que en el caso de las hembras, la covariada (lnLT), presenta relación lineal sobre los pesos medios del ovario, complejo oviductal, y glándula hepatosomática. No obstante, los resultados al presentar valores significativos en la intersección del factor (mes) con la covariada (lnLT) indican que se viola el supuesto de que las relaciones lineales sean paralelas, por lo que debe utilizarse un Análisis Multivariado de Varianza (MANDEVA) (Tabla 8) (Norusis, 1985).

**Tabla 9. Análisis multivariado de covarianza con intersección (factor y covariada) de las hembras de *O. hubbsorum* en el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012.**

Contrastes multivariados						
	Efecto	Valor	F	gl de la hipótesis	gl del error	P
<b>lnlt</b>	Traza de Pillai	0.713	106.236	4	171	<0.001
	Traza de Hotelling	2.485	106.236	4	171	<0.001
	Lambda de Wilks	0.286	106.236	4	171	<0.001
<b>mes</b>	Traza de Pillai	0.792	4.298	40	696	<0.001
	Traza de Hotelling	1.346	5.704	40	678	<0.001
	Lambda de Wilks	0.364	4.955	40	650	<0.001
<b>mes*lnlt</b>	Traza de Pillai	0.395	1,911	40	696	0.001
	Traza de Hotelling	0.488	1.070	40	678	<0.001
	Lambda de Wilks	0.645	1.991	40	650.270	<0.001

**Tabla 10. Análisis multivariado de varianza para los pesos (ovario, complejo oviductal, glándula hepátosomática y peso eviscerado) por mes de las hembras de *O. hubbsorum* en el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012.**

	Efecto	Valor	F	gl de la hipótesis	gl del error	P
mes	Traza de Pillai	0.729	4.129	40	740	<0.001
	Traza de Hotelling	1.053	4.755	40	722	<0.001
	Lambda de Wilks	0.419	4.449	40	691.98	<0.001

Por lo tanto, los datos se contrastaron *a posteriori* linealmente entre niveles (meses).

**Tabla 11. Contraste lineal *a posteriori* entre meses para el análisis de medias de pesos de las variables lnpev, lngónada y lnga de las hembras de *O. hubbsorum* en el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012.**

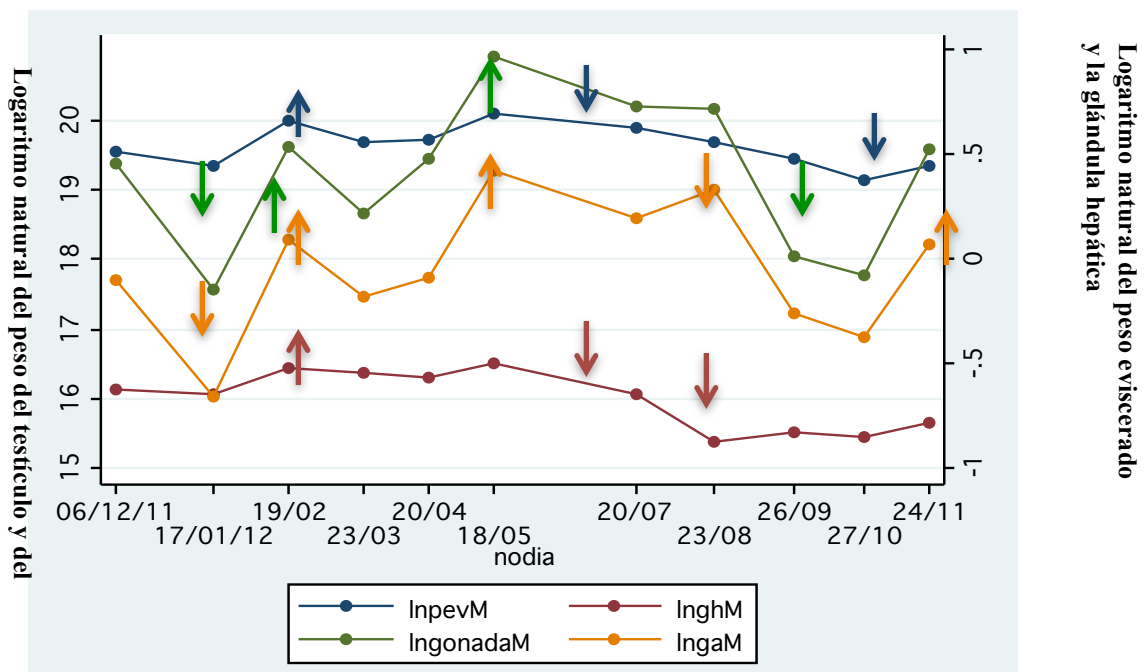
	06-dic-11 al 17-ene-12	17-ene-12 al 19-feb-12	19-feb-12 al 23-mar-12	23-mar-12 al 20-abr-12	20-abr-12 al 18-may-12	18-may-12 al 12-jul-12	12-jul-12 al 23-ago-12	23-ago-12 al 26-sep-12	26-sep-12 al 27-oct-12	27-oct-12 al 24-nov-12
<b>lnpev</b>	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+
<b>lngónada</b>	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
<b>lnga</b>	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
<b>lngh</b>	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+

+ Incremento en el valor de los pesos medios.

- Descenso en el valor de los pesos medios.

Recuadros en gris, corresponde a una variación estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) en el contraste *post hoc* por niveles (fecha de muestreo).

En el caso de los machos, el peso medio del logaritmo natural del peso eviscerado, presenta variaciones mínimas a lo largo del ciclo anual, registrando su máximo valor en febrero y mayo, y los mínimos en enero y octubre. El peso medio del logaritmo natural de la glándula hepática presentó valores altos de diciembre a julio, con pico máximo en mayo, a partir del cual se marcó un descenso hasta su valor mínimo en agosto, a partir del que se muestra un leve incremento gradual hasta el mes de noviembre. El peso medio del logaritmo natural de la gónada y el complejo espermatoforico, fueron paralelos a lo largo de todo el ciclo anual, presentando una tendencia a la alta desde diciembre hasta julio, con pico máximo en mayo y valores mínimos en enero y octubre.



**Figura 30.** Valores del logaritmo natural de los índices morfofisiológicos de los machos de *O. hubbsorum*, a través del ciclo de muestreo diciembre de 2011 a noviembre de 2012. Las flechas representan variaciones estadísticamente significativas en el contraste lineal entre meses.  
**IngonadaM**= media del logaritmo natural del peso medio del testículo.  
**IngaM**= media del logaritmo natural del peso medio del complejo espermatoforico.  
**InpevM**= media del logaritmo natural del peso eviscerado.  
**InghM**= media del logaritmo natural del peso de la glándula hepatosomática.



El ANMUCOVA (Tabla 10), revela que en el caso de los machos, la covariada (lnLt), presenta relación lineal sobre los pesos medios del ovario, complejo oviductal, y glándula hepatosomática. No obstante, resultante de valores significativos en la intersección del factor (mes) con la covariada (lnLt), los resultados fueron contrastados con un MANDEVA (Tabla 11) al rechazarse la existencia de pendientes paralelas en las relaciones lineales.

**Tabla 12. Análisis multivariado de covarianza con intersección para los machos de *O. hubbsorum* en el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012.**

<b>Contrastes multivariados</b>						
	<b>Efecto</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>gl de la hipótesis</b>	<b>gl del error</b>	<b>P</b>
<b>mes*lnlt</b>	Traza de Pillai	0.307	1.600	40	768	<0.001
	Traza de Hotelling	0.360	1.691	40	750	0.012
	Lambda de Wilks	0.717	1.646	40	718.52	0.005
<b>mes</b>	Traza de Pillai	1.004	6.440	40	768	<0.001
	Traza de Hotelling	1.993	9.345	40	750	<0.001
	Lambda de Wilks	0.256	7.758	40	718.52	<0.001
<b>lnlt</b>	Traza de Pillai	0.814	207.564	4	189	<0.001
	Traza de Hotelling	4.392	207.564	4	189	<0.001
	Lambda de Wilks	0.185	207.564	4	189	<0.001

**Tabla 13. Análisis multivariado de varianza para los pesos (testículo, complejo espermatofoórico, glándula hepática y peso eviscerado) de los machos de *O. hubbsorum* en el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012.**

<b>Contrastes multivariados</b>						
	<b>Efecto</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>gl de la hipótesis</b>	<b>gl del error</b>	<b>P</b>
<b>mes</b>	Traza de Pillai	0.838	5.385	40	812	<0.001
	Traza de Hotelling	1.261	6.261	40	794	<0.001
	Lambda de Wilks	0.361	5.840	40	760.23	<0.001

Tabla 14. Contraste lineal *a posteriori* entre valores medios sucesivos mensuales de pesos de Inpev, lngh, lngonada y lnga de los machos de *O. hubbsorum* en el periodo diciembre de 2011 a noviembre de 2012.

	06-dic-11 al 17-ene-12	17-ene-12 al 19-feb-12	19-feb-12 al 23-mar-12	23-mar-12 al 20-abr-12	20-abr-12 al 18-may-12	18-may-12 al 12-jul-12	12-jul-12 al 23-ago-12	23-ago-12 al 26-sep-12	26-sep-12 al 27-oct-12	27-oct-12 al 24-nov-12
<b>Inpev</b>	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+
<b>lngonada</b>	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+
<b>lnga</b>	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+
<b>lngh</b>	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+

+ Incremento en el valor de los pesos medios.

- Descenso en el valor de los pesos medios.

Recuadros en gris, corresponde a una variación estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) en el contraste *post hoc* por niveles (fecha de muestreo).

## **6.8. Talla y peso de madurez.**

Considerando las tallas (longitud total) y pesos (peso total) de hembras y machos en madurez inicial, madurez máxima y eyaculados/en desove, se estimó la talla y peso de madurez por sexo. En las hembras maduras, la talla mínima registrada fue de 99.55 mm y la máxima de 840 mm, mientras que el peso mínimo fue de 260 g y el máximo de 2080. Por su parte en los machos, la talla mínima registrada fue 180 mm y la máxima de 1730 mm, mientras que el peso mínimo fue de 290 g y el máximo de 695 g.

La longitud total se estimó mediante el ajuste del modelo logístico, resultando la talla de primera madurez  $L_{t(50\%)}$  de 686.37 mm en hembras y de 472.66 mm en machos. Por su parte el peso total a la primera madurez  $P_{t(50\%)}$  fue de 1195.106 g en hembras y de 527.153 g en machos.

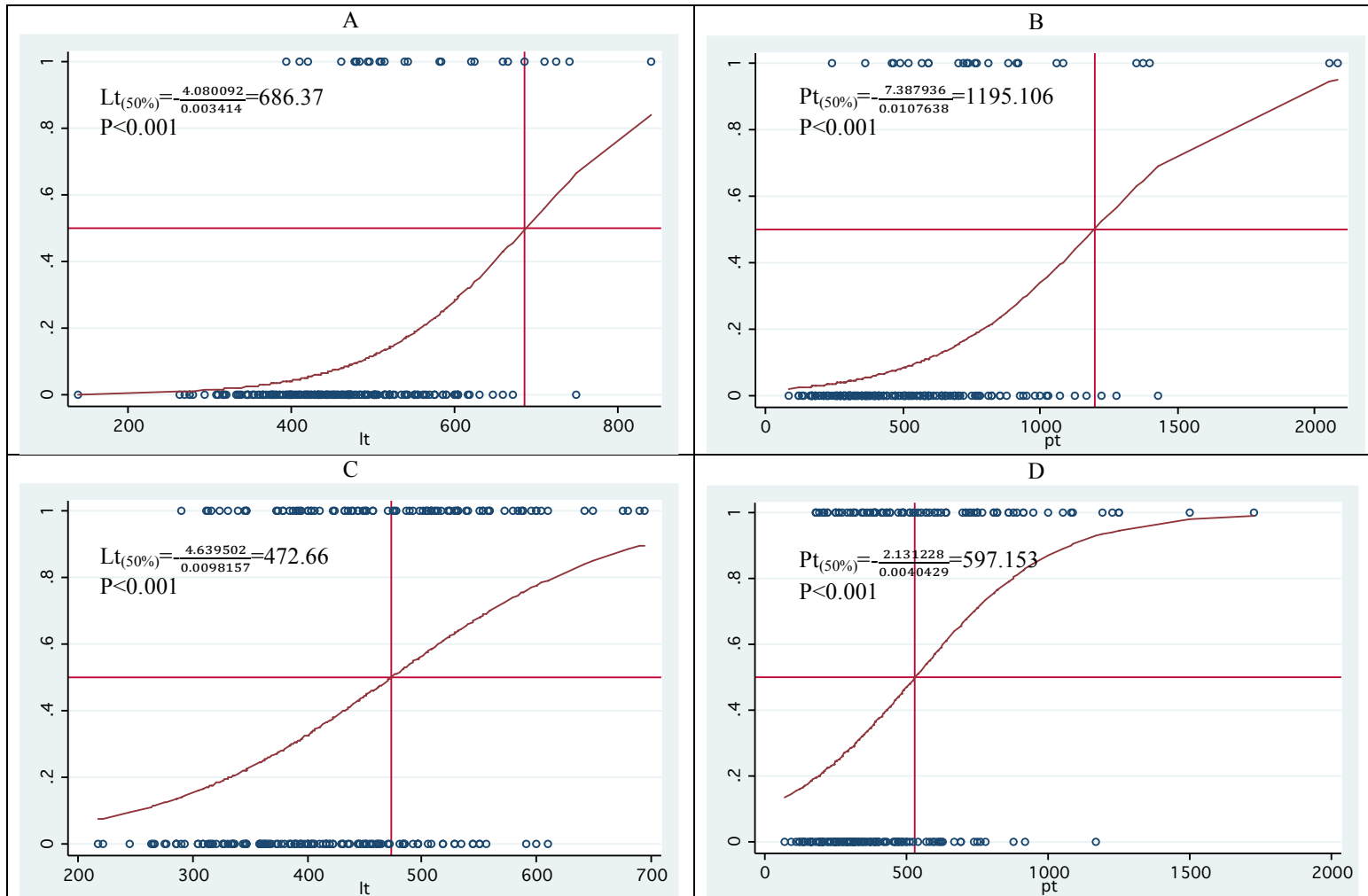


Figura 31. Ajuste de la curva de madurez del modelo logístico de *O. hubbsorum* en Bahías de Huatulco. A) longitud total en hembras; B) peso total en hembras; C) longitud total en machos ; D) peso total en machos.

## 6.9. Análisis de la fecundidad del pulpo de Hubb.

Se estimó la cantidad total de ovocitos, a partir, de 22 hembras maduras capturadas en el muestreo a lo largo del periodo de estudio, registrando una fecundidad potencial de  $107,103 \pm 60,381$  ovocitos por hembra y una fecundidad relativa de  $167 \pm 96$  ovocitos por gramo de peso corporal. Durante el ciclo anual de estudio, se registró un pico en la fecundidad potencial de las hembras en el mes de abril, seguido del mes de mayo; los valores de fecundidad más bajos, se obtuvieron en los meses de diciembre y enero. Respecto de la fecundidad relativa, se registró una tendencia a la baja de diciembre a febrero, a partir del cual se presentó una alza gradual en el número de ovocitos por gramo de peso corporal, desde mayo hasta noviembre, sugiriendo que en esos meses los organismos maduran a tallas y pesos menores.

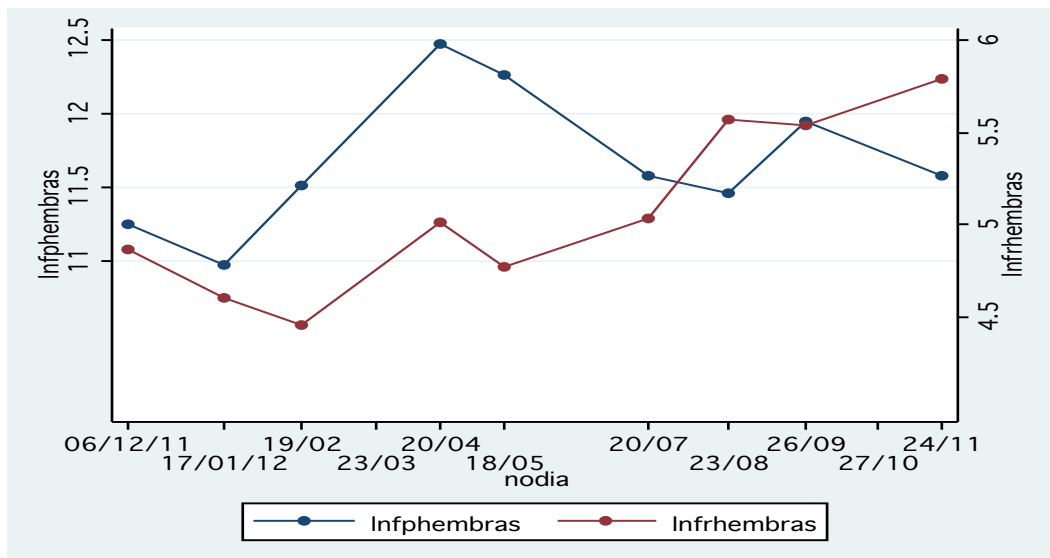


Figura 32. Variación del logaritmo natural de la fecundidad potencial (línea azul) y del logaritmo natural de la fecundidad relativa (línea roja), en las hembras maduras del pulpo de Hubb (n=22), a lo largo del periodo de estudio.

En el periodo comprendido de diciembre de 2011 a noviembre de 2012, se contabilizaron los espermatozoides totalmente desarrollados de 109 organismos maduros, registrando un mínimo de 2 espermatozoides y un máximo de 113. Se observa un incremento gradual del número de espermatozoides de diciembre hasta abril, donde se registró el pico máximo de la fecundidad potencial, y a partir de ahí un descenso gradual hasta el mes de septiembre, donde se presentó el mínimo, para registrar una tendencia a incrementarse nuevamente hasta el mes de noviembre.

La fecundidad relativa en los machos, registró una tendencia a la alta de diciembre a mayo (con una caída en el mes de marzo), a partir del cual se presentó un descenso gradual en el número de espermatozoides por gramo de peso corporal, hasta el mes de septiembre, mostrando un incremento al mes de noviembre (pico máximo).

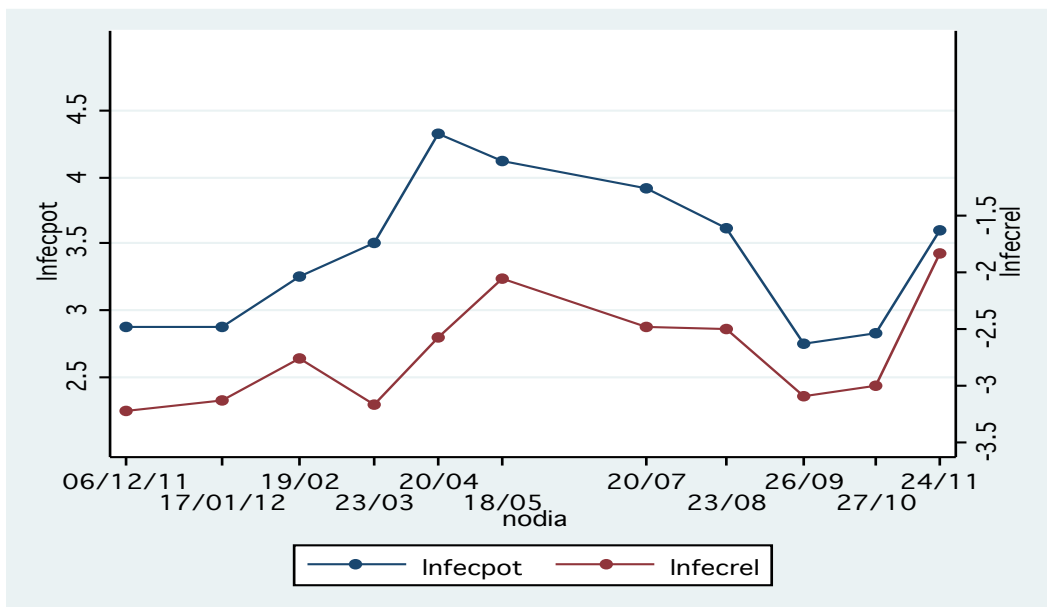


Figura 33. Variación del logaritmo natural de la fecundidad potencial (línea azul) y del logaritmo natural de la fecundidad relativa (línea roja), en los machos maduros del pulpo de Hubb (n=109), a lo largo del periodo de estudio.

Con el fin de analizar si la fecundidad potencial, está en función de las variables de estudio empleadas para el análisis de índices tradicionales y en el MANOVA (longitud total, peso eviscerado, peso de las gónadas, pesos de las glándulas accesorias y de las glándulas hepáticas), se corrieron modelos lineales generalizados con ajuste de error de Poisson con ligamiento logarítmico, solo para el caso de los machos (al no contar con un número lo suficientemente representativo de hembras maduras por mes), seleccionando finalmente los modelos más parsimoniosos, que presentaran una reducción de la desviación de los valores predichos respecto de los valores reales, que registrase el mejor valor *AIC* (principio de información de Akaike) y que presentaban el mejor ajuste de los residuos a la normalidad y a la homogeneidad de varianza mediante validación cruzada.

El primer modelo seleccionado fue el correspondiente al que analizó la fecundidad potencial en función del peso los órganos reproductivos (testículos y complejos espermatofóricos), empleando el mes como factor y al cual se le aplicó una validación cruzada. Dicho modelo presentó una desviación nula=1697.9, g.l.=103 y desviación residual=635.8, g.l.=71 ; con un *AIC*=1244.5 y realizó predicciones muy próximas a los valores reales, siendo estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) en el periodo enero-marzo y en el periodo julio-octubre.

El segundo modelo seleccionado fue el correspondiente al que analizó la fecundidad potencial en función del aporte energético a la reproducción (peso eviscerado y glándula hepática), empleando el mes como factor y al cual se le aplicó una validación cruzada.

Dicho modelo presentó desviación nula=1720.43, g.l.=72 y desviación residual=778.13, g.l.=70; con un AIC=1379.7 y realizó predicciones muy próximas a los valores reales, resultando estadísticamente significativas ( $P<0.05$ ) en el periodo diciembre-marzo y en el periodo mayo-septiembre.

Derivado de los resultados anteriormente expuestos, es posible afirmar que la fecundidad potencial (número de espermatozoides por mes) está en función de los pesos de testículos, glándulas accesorias, y en menor medida del peso eviscerado y del peso de la glándula hepática. Cabe resaltar que la talla (longitud total), no realizó predicciones estadísticamente significativas en los diversos modelos analizados, por lo cual no es explicativa de la fecundidad potencial en los machos.

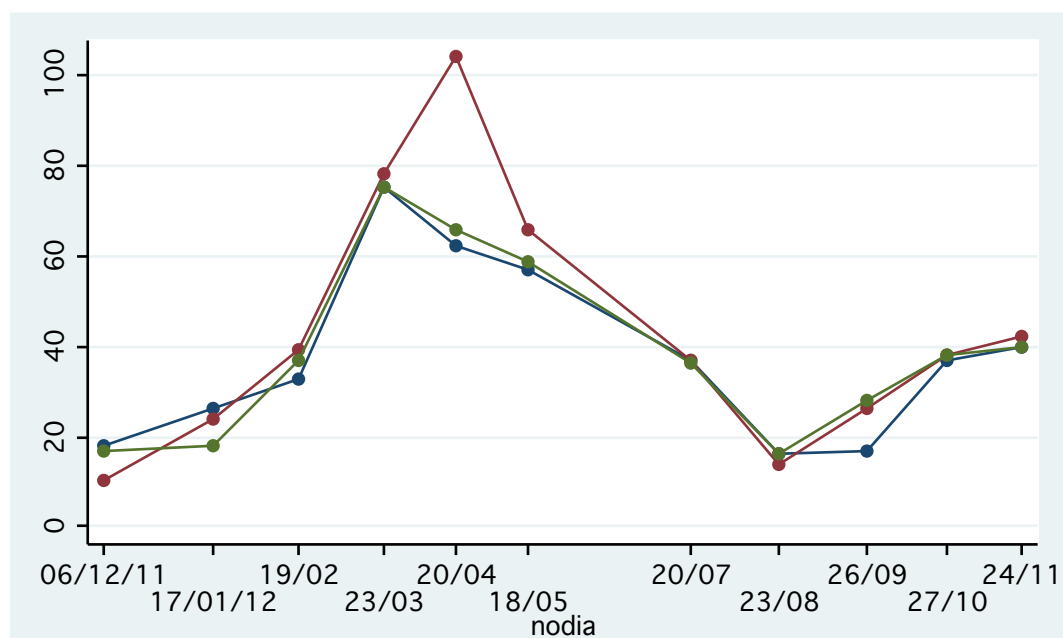


Figura 34. Variación media de la fecundidad potencial de los machos por fecha de muestreo (línea azul), a lo largo del periodo de estudio. Predicción del modelo lineal generalizado fecundidad~testículo(mes)+complejo espermatoforico(mes) (línea verde). Predicción del modelo lineal generalizado fecundidad~peso eviscerado(mes)+glándula hepatosomática(mes) (línea verde).



Las siguientes gráficas muestran el cumplimiento de supuestos de los modelos obtenidos mediante validación cruzada, lo cual valida la aplicación de ambos modelos empleados para analizar la fecundidad potencial en los machos.

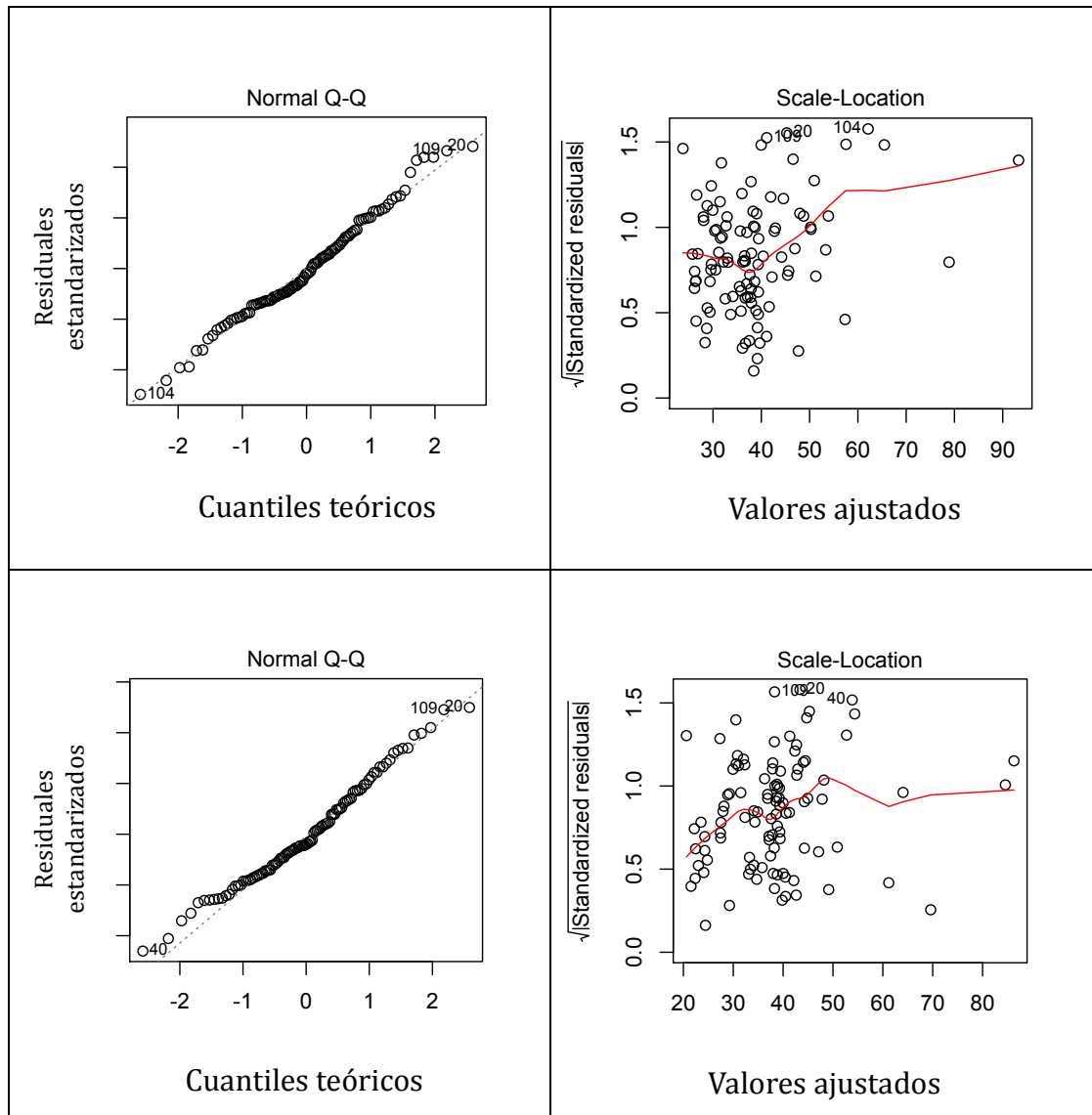


Figura 35. Gráfico Q-Q para la normalidad de la distribución de residuos (superior izquierda) y distribución de la varianza de los residuos (superior derecha) de la predicción del modelo lineal generalizado fecundidad~testículo(mes)+complejo espermatofórico(mes), obtenido por validación cruzada. Gráfico Q-Q para la normalidad de residuos (inferior izquierda) y distribución de varianza de los residuos (inferior derecha) de la predicción del modelo lineal generalizado fecundidad~peso eviscerado(mes)+glándula hepatosomática (mes), obtenido por validación cruzada.

## 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

### **Captura en la pesquería de Santa Cruz, Huatulco.**

Se ha reportado en la región la presencia de paralarvas de *O. bimaculatus* (Alejo-Plata *et al.* 2012); no obstante, durante el muestreo, solo se encontraron individuos de la especie *O. hubbsorum*. Esto puede deberse a que dos especies no pueden coexistir en el mismo nicho ecológico, de acuerdo al principio de Gause (Nesis 2002). En Bahías de Huatulco, las capturas de pulpo se realizan en profundidades no mayores a los 20 m, debido a que la pesca con compresor está prohibida en la región, aunque buzos del puerto de Santa Cruz Huatulco, informan de la presencia de pulpo hasta los 40 m de profundidad. Debido a esto, es posible asegurar que la pesquería de pulpo en Bahías de Huatulco, está sostenida por *O. hubbsorum*. No obstante, no se descarta la posible presencia de *O. bimaculatus* en la región pero en otro estrato espacial. Esta idea se ve apoyada por Quetglas *et al.* (1998) en Palma de Mallorca en el Mediterráneo, donde la pesquería es sostenida por *O. vulgaris* y *Eleodone moschata* y esporádicamente registró la presencia de *Eleodone cirrhosa*, misma que se describió que habita a mayores profundidades.

Sánchez y Obarti (1993) observaron que el periodo de productividad más alto, se ubica entre primavera y verano, cuando los pulpos exhiben mayor talla y las capturas son mayores; correspondiendo el periodo de septiembre-noviembre al más bajo, incrementando gradualmente hasta marzo antes de iniciar su decremento. Este periodo es coincidente con el observado en la pesquería de Santa Cruz, Huatulco.

Se registraron valores de pendiente e intercepto significativas ( $P < 0.05$ ), y los valores de la pendiente en la ecuación logarítmica (exponente en la expresión potencial) fueron menores a tres lo cual indica que el crecimiento del pulpo de Hubb, es de tipo alométrico negativo (Alejo-Plata *et al.* 2009; Cabrera-Mancilla *et al.* 2011), presentando un mayor crecimiento en longitud que en peso (Ricker 1975 citado por Solano-Fernández 2007). En el presente estudio se observa que el peso en función de la talla de los individuos en ambos sexos, registra un valor en el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), mayor respecto de la longitud total; mientras que el peso exhibe valores menores de determinación pero de magnitud similar en la longitud ventral del manto y la longitud dorsal del manto; no obstante tradicionalmente se ha ocupado la longitud dorsal del manto debido a la pérdida de brazos por parte de los pulpos, lo que puede generar errores de medición.

A lo largo del ciclo anual, la proporción sexual hembra-macho total fue de 0.8:1 (es decir 4 hembras por 5 machos), la cual no exhibe una diferencia estadísticamente significativa  $\chi^2_{432,1} = 0.36$ , ( $P = 0.55$ ) de la proporción 1:1, consistente con lo reportado para *O. hubbsorum* (López-Uriarte y Ríos-Jara 2009; Pliego-Cárdenas *et al.* 2011).  $\chi^2_{40,1} = 6.40$ , ( $P = 0.01$ ). Cuando se analizan los datos en función del año, se observa una mayor proporción de machos en abril, lo cual coincide con el pico de fecundidad y el periodo de máxima productividad pesquera en la región, reflejando a su vez, en los índices morfofisiológicos (*IGS, IM, IGO, ICE, IHS*) tanto en machos como en hembras.

Wenner (1972) (citado por Grimes y Huntsman 1980), sugirió que las diferencias en la proporción de sexos de una especie puede deberse a la mortalidad; al crecimiento y longevidad; a la diferenciación de la actividad sexual y a la migración de uno de los sexos en el área de muestreo; o bien a errores de muestreo. Los meses en que se presentó una mayor proporción de hembras sugieren la migración vertical de las hembras en busca de aguas más cálidas que permitan mejores condiciones reproductivas (Quetglas *et al.* 1998; Hernández-García *et al.* 2002). Las hembras maduras presentan una migración vertical, acercándose a las costas en busca de condiciones reproductivas adecuadas y sustratos rocosos para la puesta, por lo que la baja proporción de hembras maduras, puede explicarse debido a que la captura de pulpo se realiza a profundidades menores a los 20 m, como lo reportado por otros autores (Sánchez y Obarti 1993; Quetglas *et al.* 1998), mismo que podría explicar, las diferencias encontradas en la proporción de sexos con respecto a la región pesquera contigua a Bahías de Huatulco, en Puerto Ángel, Oaxaca reportadas por Alejo-Plata *et al.* (1999), debido a la diferencia de la profundidades en que es posible realizar la pesca comercial en ambas pesquerías.

La madurez, ha sido evaluada empleando diversos criterios como son la apariencia morfo cromática de gónadas y glándulas accesorias (Sánchez y Obarti 1993), las características histológicas de gónadas y glándulas accesorias (Gabr *et al.* 1998; Zamora y Olivares 2004; Ávila-Poveda *et al.* 2009; Estefanell *et al.* 2010); el empleo de índices que analizan la proporción del peso de la gónada y órganos accesorios con respecto al peso eviscerado del organismo (Guerra 1975; Otero *et al.*, 2007); así como el análisis modal de la longitud de los espermatozoides en machos maduros (Grubert y Wadley 2000;

Nigmatullin *et al.* 2003) y de los diámetros de los ovocitos en hembras (Ishiyama *et al.* 1999; Rocha *et al.* 2001).

En el presente estudio se emplearon los criterios de madurez propuestos por ICES 2010 para determinar la madurez de los individuos. Así, se registró la presencia de hembras inmaduras y en desarrollo en todos los meses evaluados, mientras que las hembras maduras en los estadios III y IV se presentaron con mayor frecuencia, en invierno-primavera y parte del verano. No obstante se ha descrito la presencia de una parte mínima de hembras maduras de *O. hubbsorum* listas para la copulación en cualquier estación del año (López-Uriarte y Rios-Jara 2009; Alejo-Plata *et al.* 2009), indicando que el patrón reproductivo del pulpo de Hubb es anual con pico de reproducción en primavera; a su vez, se observa que la frecuencia de los estadios muestra una tendencia secuencial en la frecuencia de los estadios (López-Uriarte y Rios-Jara 2009).

En el caso de los machos, se registraron los estadios II, III y IV en todos los meses, mientras que en el estadio I, solo se encontró en los meses de marzo y abril. Se ha descrito la presencia de machos de *O. hubbsorum* en todos los estadios a lo largo del año, pero con fluctuaciones en su frecuencia, mientras que los individuos en estadio I, se observan con nula o muy baja frecuencia en las capturas (López-Uriarte y Rios-Jara 2009; Alejo-Plata *et al.* 2009; Pliego-Cárdenas *et al.* 2011).

Los machos maduros se encuentran presentes a lo largo de todo el año, lo cual exhibe ventajas frente a una madurez de tipo estacional, garantizando la presencia de machos maduros con posibilidades de fertilizar a las hembras maduras existentes (Grubert y Wadley 2000), lo cual garantiza un sostenimiento poblacional a lo largo de todo el año, como estrategia para asegurar la supervivencia de la especie, ante los altos índices de mortandad y a la presión ambiental a que se ven sometidos.

ÍNDICE GONADOSOMÁTICO. Las variaciones en el índice gonadosomático en el caso de peces indica desove fraccionado en la población y la presencia de diversas cohortes (Grimes y Huntsman, 1980). El comportamiento de los datos recabados para este estudio, exhiben un patrón reproductivo a lo largo del año con periodo principal de actividad de diciembre a julio y con pico en primavera. Los resultados son consistentes con los reportados por otros autores (Alejo-Plata *et al.* 2009; López-Uriarte y Rios-Jara 2009) y es similar al periodo reproductivo descrito para *O. vulgaris* (Jiménez-Badillo *et al.* 2008) y *O. maya* (Pérez-Pérez *et al.* 2011) en las costas mexicanas.

ÍNDICE HEPATOSOMÁTICO. Diferentes funciones para la glándula digestiva de los cefalópodos han sido señaladas, entre las cuales se ubica el de reservorio de energía metabólica, es el sitio de la síntesis de enzimas digestivas y aporta nutrientes para la fase final de la maduración. La glándula digestiva en predesove está compuesta mayoritariamente por proteínas y lípidos. Después del desove, el porcentaje de proteínas

aumenta y el de lípidos disminuye notoriamente; mientras que el de glúcidos es similar antes y después del desove (Zamora y Olivares 2004).

El comportamiento del logaritmo natural del *IHS* en *O. hubbsorum* en Bahías de Huatulco, exhibe en ambos sexos valores máximos en invierno, presentando un decaimiento gradual a lo largo del resto del ciclo anual. Realizando una comparación de los valores del logaritmo natural del *IHS* por estadio de desarrollo gonádico, es evidente que no existen diferencias en el uso de reservas de la glándula hepática hacia la reproducción. Esto puede explicarse con lo encontrado en *O. mimus* en que la inversión calórica en la reproducción fue mayoritariamente proteica y glucosídica, mientras que la energía proporcionada por lípidos fue muy baja, debido a que el ovario esta compuesto en su mayoría por proteínas y glúcidos, mientras que el contenido lipídico es bajo (Zamora y Olivares 2004).

Por su parte, en los machos cuando se contrasta por estadio de desarrollo gonádico, el *IHS* presenta un valor más alto en el estadio inmaduro (coincidente con el periodo de crecimiento somático) y una disminución hacia el periodo reproductivo, por lo cual los resultados obtenidos sugieren que los machos podrían canalizar más gasto energético proveniente de la glándula digestiva hacia la reproducción que las hembras, o bien su función principal tendría aporte hacia la fase de crecimiento somático. Se ha constatado que la mayoría de los cefalópodos, bajo condiciones deficientes de energía, utilizan las proteínas como fuente de energía provenientes de la masa muscular (Carvalho y Sousa-Reis 2003; Zamora y Olivares 2004). Los resultados del *IHS* del presente estudio, sostiene la importancia de analizar el *IHS* en los cefalópodos machos, a diferencia de otros autores que

no consideran su análisis en machos (Pliego-Cárdenas *et al.* 2011), debido a que estos no canalizan lípidos a la acumulación de vitelo en los gametos.

ÍNDICE DE MADUREZ. Los valores del índice de madurez presentan una tendencia inversa a los del índice gonadosomático y, un comportamiento similar a los del índice hepatosomático e índices de la glándula oviductal y complejo espermatofórico. No obstante, no se observan cambios considerables entre fechas de muestreo, observándose una tendencia sostenida con sus valores más bajos entre abril y julio en el caso de los machos y en julio en el caso de las hembras. El *IM* debe interpretarse directamente en machos, mientras que en hembras se interpreta de forma inversa (Silva *et al.* 2002; Rodríguez-Rúa *et al.* 2005; Jiménez-Badillo *et al.* 2008).

#### ANÁLISIS DE LOS PESOS MEDIOS.

Algunos autores señalan que el uso de índices morfofisiológicos como son el *IGS* y el *IHS* no son buenos indicadores de la actividad reproductiva, señalando que su uso puede ser inapropiado porque el crecimiento gonádico frecuentemente es alométrico y se parte del supuesto erróneo de una relación lineal (crecimiento isométrico) entre las dos variables que se utilizan para el cálculo, además de que proporcionan una estimación sesgada de la media verdadera de la relación; además a menudo asumen incorrectamente independencia de la longitud y suponen que la variación de la condición es indicada solamente por la variación



del intercepto. Esto implica que la pendiente de la relación talla-peso son los mismos entre los grupos (DeVlaming *et al.* 1982; Salgado-Ugarte 1995; Salgado-Ugarte *et al.* 2005).

En el ANMUCOVA aplicado a los pesos medios de gónadas, glándulas accesorias, glándula heptosomática y peso eviscerado, si bien fueron significativos los efectos de la talla, al ser significativa la interacción, el análisis debe contrastarse mediante un análisis de varianza multivariado (Norusis 1985; Pardo-Merino y Ruíz-Díaz 2002). Debido a lo anteriormente expuesto y basado en que las variables estudiadas son predictivas de la fecundidad potencial, podemos asumir que este procedimiento de análisis es más preciso que el observado en los índices, toda vez que estos asumen erráticamente que el peso de los distintos órganos que componen las gónadas y glándulas accesorias, dependen de la talla y peso del organismo, y son reflejo del estadio de desarrollo gonádico (Guerra 1975; DeVlaming *et al.* 1982; Lipinsky y Underhill 1995 citado en Gabr *et al.* 1998).

La relación entre la gónada y la glándula hepática, no ha quedado adecuadamente definida, debido a que no solo indica el aporte para la formación de vitelo, sino que al ser reservorio de energía, además es indicativo de reciente actividad alimenticia (Plaza *et al.* 2006); no obstante, el peso de la glándula hepática, es considerado un buen indicador de la condición del animal y permite sustentar en parte, la culminación del evento reproductivo (Zamora y Olivares 2004).

## TALLA Y PESO DE MADUREZ

La talla estimada (longitud total) de madurez fue de 686.37 mm en hembras y de 472.66 mm en machos, lo cual implica que 98% de las hembras y 71 % de machos capturados son organismos que no han alcanzado la madurez sexual. Los valores son similares a los reportados para la misma especie, en las pesquerías del estado de Guerrero (Cabrera-Mancilla *et al.* 2011). La constancia en la talla de madurez en un periodo de 5 años, puede suponer estabilidad en la población (Díaz-Uribe *et al.* 2006).

FECUNDIDAD EN HEMBRAS. Se estimó por triplicado, la cantidad de ovocitos de un total de 22 hembras maduras, registrando una media de  $70,925.62 \pm 870.02$  ovocitos por hembra y  $83.66 \pm 26.3$  ovocitos por gramo de peso corporal. Estos valores son menores a los reportados en Bahías de Banderas, Jalisco por López-Uriarte y Ríos-Jara (2009), y en la isla del Espíritu Santo, B.C.S. por Pliego-Cárdenas (2011) para la misma especie.

La fecundidad potencial en Bahías de Huatulco fue menor a la reportada en Bahía de Banderas, Jalisco y la isla del Espíritu Santo, B. C. S., donde la tallas y pesos reportados en hembras maduras, son mayores a las encontradas en Bahías de Huatulco. Los resultados del modelo lineal generalizado predicen que el peso eviscerado es explicativo de la fecundidad potencial. Las diferencias en la fecundidad potencial, en los distintos estudios realizados, pueden ser reflejo de la heterogeneidad del hábitat, la cual afecta directamente

el crecimiento y desarrollo a estadios donde la fecundidad potencial está determinada (Nigmatullin y Markaida 2008). La fecundidad potencial en *O. hubbsorum* es variable de acuerdo a la localidad, situación similar a lo reportado para *O. vulgaris* 100,000-230,000 ovocitos (Carvalho y Sousa-Reis 2003) y *O. mimus* 60,000-200,000 ovocitos (Warnke 1999), *O. mimus* y 50,000-400,000 ovocitos (Castro *et al.* 2002) y de *O. maorum* 56,000-232,000 ovocitos (Grupert y Wadley 2000), quienes exhiben un intervalo de tallas y fecundidad similares; no obstante, la fecundidad es menor en especies más pequeñas como es el caso de *Eleodone moschata* (210 a 459 ovocitos).

FECUNDIDAD EN MACHOS. En el presente estudio, se analizó a partir de un total de 109 machos maduros, la fecundidad potencial de *O. hubbsorum* en los machos maduros los cuales exhibieron un mínimo de 2 y un máximo de 113 espermátóforos, con una media de  $38 \pm 25$  con un pico en el mes de abril, exhibiendo un comportamiento de tendencia similar al de las hembras, pero presentando el valor máximo un mes antes del pico que presenta la fecundidad potencial en las hembras; esto puede deberse a que las hembras tienen la capacidad de almacenar espermatozoides dentro de la espermateca ubicada en la glándula oviductal (Boyle y Roadhouse 2005). El tiempo que las hembras pueden almacenar espermatozoides en la especie de estudio no ha sido determinada, pero existen reportes en *O. maorum*, quien presenta un ciclo de vida de 2-3 años en el que se describe un periodo de almacenamiento de hasta 10 meses (Mangold 1987), mientras que en *O. hubbsorum* se ha reportado un ciclo de vida máximo de 15 meses (López-Urriarte y Ríos-Jara 2009), por lo que el periodo de receptividad de la hembra y el almacenamiento de espermatozoides debe ser proporcionalmente menor al de *O. maorum*.

La fecundidad de *O. hubbsorum* es similar a la de especies que poseen huevos pequeños y larvas planctónicas; es superior a la de especies de huevos grandes y larvas bentónicas; y es inferior a la de especies que no realizan cuidado parental y destinan mayor energía a una mayor cantidad de huevos (Zamora y Olivares 2004). El pulpo de Hubb, tiene una estrategia reproductiva única al final de su ciclo de vida, sugiriendo un patrón de desove semélparo (López-Uriarte 2009; Alejo-Plata 2009; Pliego-Cárdenas *et al.* 2011) y un patrón de ovulación sincrónico (Rocha *et al.* 2001), correspondiendo a una estrategia reproductiva de tipo planctónica (estrategia *r*), con una alta fecundidad y huevos pequeños (Rocha *et al.* 2001; Nigmatullin *et al.* 2001). y estos, tanto como el desarrollo embrionario, están correlacionados con factores abióticos: como la temperatura del agua, la salinidad, el fotoperiodo y la exposición a radiación a la luz ultravioleta (Kjesbu *et al.* 1990; Órtiz-Galarza 1994; Ishiyama *et al.* 1999; Prezeslawski 2004) y factores bióticos: como son la disponibilidad de alimentos; así como por el estrés (Prezeslawski 2004) y marea roja (Tiffany *et al.* 2006)

Cuando no se cuenta con observaciones directas, el periodo de desove se infiere a partir de la frecuencia de hembras maduras a lo largo de un ciclo anual (Grubert y Wadley 2000), por lo cual se puede deducir que el periodo principal de desove corresponde al periodo comprendido entre abril y julio.

## 8. CONCLUSIONES.

- Con base en las claves taxonómicas de Roper *et. al.* (1995), es posible sostener que la pesquería de pulpo en la microrregión de ordenamiento pesquero 5A está sostenida por *Octopus hubbsorum*.
- La proporción de sexos a lo largo del ciclo anual, no exhibe una diferencia de la proporción 1:1  $\chi^2_{432,1} = 0.36$ , (P=0.55), lo que es consistente con lo reportado por otros autores en Bahía de Banderas, Jalisco y la isla del Espíritu Santo, B. C. S.
- Se observó una proporción mayor de machos en el mes de abril, que coincide con el periodo de máxima productividad pesquera.
- El crecimiento del pulpo de Hubb es de tipo alométrico negativo, es decir, aumenta más en longitud que en peso.
- Las claves para la identificación macroscópica de estadios de desarrollo gonádico propuestas por ICES (2010) para *O. vulgaris*, son funcionales para *O. hubbsorum* debido a que el desarrollo gonádico observado para *O. hubbsorum* es semejante al de *O. vulgaris*.
- La fecundidad potencial tanto en los machos como en las hembras, presenta los valores más altos en el mes de abril, lo que coincide con el máximo periodo de productividad pesquera y se ve reflejado en los altos valores medios de las gónadas, glándulas accesorias, glándulas hepáticas y peso eviscerado registrados en la muestra del mes citado.

- La fecundidad potencial de *O. hubbsorum* en Bahías de Huatulco es menor a la reportada por otros autores que la investigaron en la isla del Espíritu Santo, B.C.S y en Bahía de Banderas, Jalisco.
- 98% de las hembras y 71 % de los machos obtenidos en el muestreo no alcanzaron la talla de madurez según los valores predichos por el modelo logístico, lo cual es indicativo que la captura de pulpo a lo largo de la temporada anual de pesca está compuesta principalmente de juveniles.
- El ciclo reproductivo del pulpo de Hubb en Bahías de Huatulco, presenta una duración a lo largo de todo el año con máximo principal de actividad en primavera (abril-mayo) y otro secundario en otoño (noviembre-diciembre).
- Basado en el análisis de los modelos lineales generalizados con distribución de Poisson y ligamiento logarítmico, y validado mediante un método estadístico de cómputo intensivo (validación cruzada), es posible afirmar que el peso magro, el peso de la glándula hepática; el peso de la gónada y de las glándulas accesorias son variables explicativas de la fecundidad potencial de los machos.
- Con base en el análisis de los modelos lineales generalizados con distribución de Poisson y ligamiento logarítmico, y validado mediante validación cruzada, es posible asumir que la talla (longitud total), no es explicativa de la fecundidad potencial en machos.

## 9. SUGERENCIAS

- A fin de garantizar mayor precisión en el estudio, análisis complementarios deben ser efectuados, como son el análisis histológico de los estadios de maduración gonádica; análisis modal del diámetro de los ovocitos, y análisis modal de la longitud de los espermátóforos.
- Debido a la falta de claves de identificación taxonómica adecuadas y a los problemas que ha generado en la identificación de especies en distintos estudios, análisis de sistemática molecular y numérica, deben ser efectuados a fin de desarrollar claves adecuadas y validar la clasificación de las especies.
- Realizar estudios de abundancia del recurso y muestreo tanto en el estrato de 0 a 20 m, como de 20 a 40 m de profundidad que permitan estudiar a la población de forma más detallada.
- Ampliar el tamaño de muestra, a fin de que los resultados sean más representativos.
- Es necesario evaluar el impacto que tiene para la población de pulpo la captura de una importante proporción de juveniles.

- Trabajar institucionalmente y en conjunto con las cooperativas pesqueras y buzos independientes, tanto como con las autoridades correspondientes, a fin de desarrollar a mediano plazo un plan de manejo adecuado para la pesquería de Bahías de Huatulco.



## 10. LITERATURA CITADA

Alejo-Plata M. C. y Cerdenares-Ladrón de Guevara. 2002. Caracterización de la pesca de pulpo (Cephalopoda:Octopoda) en las costas de Oaxaca; México. Memorias del I Foro Científico de Pesca Ribereña. 17-18 de octubre. INP-CRIP. Guaymas, Sonora.

Alejo-Plata M. C., García-Guillen R. y Herrera-Galindo J. 2012. Paralarvas y juveniles de *Octopus bimaculatus* (Cephalopoda:Octopodidae) en el Pacífico sur de México. *Rev. Biol. Mar y Ocean.* **47**(2):359-365

Alejo-Plata M. C., Gómez-Márquez J. L., Ramos Carrillo S. y Herrera-Galindo J. E. 2009. Reproducción, dieta y pesquería del pulpo *Octopus (Octopus) hubbsorum* (Mollusca: Cephalopoda) en la costa de Oaxaca, México. *Rev. Biol. Trop.* Vol. **57** (1-2): 63-78

Arkipkin I. 1992. Reproductive system structure, Development and Function in Cephalopods with a New General Scale for Maturity Stages. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* **12**:63-74

Arreguín-Sánchez F. 2006. *Pesquerías de México*. En Guzmán-Amaya P. y Fuentes-Castellanos D. F. (editores) *Pesca, Acuacultura e Investigación en México*. CEDRSSA. México. 384 p.

Arriaga-Cabrera L. E., Vázquez-Domínguez J., González-Cano R., Jiménez-Rosenberg E., Muñoz-López V., Aguilar-Sierra (coordinadores). 1998. *Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. Lista de áreas prioritarias marinas de México*. En [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rmp\\_035.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rmp_035.html) Consultada el 10 de septiembre de 2011.

Ávila-Poveda O. Holin-Flores R. F. y Rosas C. 2009. Gonad Development During the Early Life of *Octopus maya* (Mollusca: Cephalopoda). *Biol. Bull.* **216**: 94–102.

Boyle P. R. y Rodhouse P., 2005. *Cephalopods. Ecology and Fisheries*. Blackwell, Oxford. 452 p.

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 en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos. La Paz, B.C.S. 102 p.

Brusca R. C. y Brusca G.J. 2003. *Invertebrates*. Second edition. Sinauer Associates Inc. Publishers, USA. Pp. 701-769

Cabrera-Mancilla E., Gutierrez-Zavala R. M. y Ramos-Carrillo E. 2011. Evaluación de la pesquería del pulpo en el estado de Guerrero. Informe técnico final. Instituto Nacional de Pesca. Dirección General de Investigación Pesquera en el Pacífico Sur. 31 p.

Carvalho J. M. N y Sousa-Reis, 2003 Contributions to knowledge on the maturation and fertility of the common octopus *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 on the Portuguese coast. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* **19** (1-4). 2003: 473-481

Castellanos-Martínez S. 2008. Reproducción del pulpo *Octopus bimaculatus* Verrill, 1883 en Bahía de los Ángeles, Baja California, México. Tesis de Maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN. 95 p.

Castro-Fuentes H., Olivares-Paz A., Quintana-Fellay A., Zuñiga-Romero O. 2002. Descripción del desarrollo embrionario y paralarva de *Octopus mimus* (Gould, 1852) (Mollusca:Cephalopoda) en cautiverio. *Estud. Oceanol.* **21**:13-25

CONANP. 2003. *Plan de Manejo Parque Nacional Huatulco*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 209 p.

CONAPESCA 2011. Anuario estadístico de acuicultura y pesca. En [http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario\\_2010](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario_2010) Consultada el 11 de septiembre de 2011.

CONAPESCA-INP. 2004. *Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México*. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, México. 85 p.

Cortez 1995. Biología y ecología del pulpo común *Octopus mimus* Gould, 1852 (Mollusca: Cephalopoda) en aguas litorales del norte de Chile Tesis doctoral, Universidad de Vigo, España. 293 p.

Crawley M. J. 2007. *The R book*. John Wiley & Sons Inc. Reino Unido. 949 p.

De Vlaming V., Grossman G. y Chapman F. 1982. On the use of the gonosomatic index. *Comp. Biochem. Physiol.* **73A**(1):31-39

Di Cristo C. y Di Cosmo A. 2007. Neuropeptidergic control of *Octopus* oviducal gland. *Peptides* **28**: 163–168.

Di Cristo C., Delli-Bovi P. y Di Cosmo A. 2003. Role of FMRFamide in the reproduction of *Octopus vulgaris*: molecular analysis and effect on visual input. *Peptides* **24**: 1525–1532

Díaz-Uribe J. G D., Audelo-Ramos y González-Medina G. 1999. Informe técnico final del proyecto: caracterización de la pesca ribereña de la costa oaxaqueña: Rio Copalita-Pinotepa Nacional. Universidad del Mar, Puerto Angel, Paxaca, México. 160 p.

Discoverlife. 2011. ITIS Report *Octopus hubbsorum* En: [http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Mollusca\\_Cephalopoda\\_species&flags=HAS](http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Mollusca_Cephalopoda_species&flags=HAS): Consultada el 16 de septiembre de 2011.

Estefanell J., Socorro J., Roo F. J., Guirao R., Fernández-Palacios H., e Izquierdo M. 2010 Gonad maturation in *Octopus vulgaris* during on-growing, under different conditions of sex ratio. *Journal of Mar. Sci.* **67**: 1487–1493.

FAO. 2010. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura, departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO*. Roma. 242 p.

Fernández-Núñez M., Hernández-González C. L. , Raya C.P, y Balguerías E., 1996. Reproductive biology of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 from north western African coast (21°N–26°N). *Shellfish Committee C. M./K:15. ICES* (International Council for the Exploration of the Sea), Copenhagen, Denmark.

Franz-Cardoso F., Piero Villegas P. y Estrella C. 2004. Observaciones sobre la biología de *Octopus mimus* (Cephalopoda: Octopoda) en la costa peruana. *Rev. Peru. Biol.* **11**(1): 45 – 50.

Gabr H. R., Hanlon R. T., Hanafy M.M. y El-Etreby. 1998. Maturation, fecundity and seasonality of reproduction of two commercially valuable cuttlefishes, *Sepia pharaonis*, *S. Dollfusii*, in the Suez Canal. *Fish. Res.* **36**:99-115

García-Berthou E., y Moreno-Amich R. 1993 . Multivariate analysis of covariance in morphometric studies of reproductive cycle. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* **50**: 1394-1399.

Gelman A. y Hill J. 2007. *Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models*. Cambridge University Press. New York, E.U.A. 651 p.

Google Earth. 2011. Keyhole, Inc. y Google. En [earth.google.co](http://earth.google.co). Consultado el 10 de septiembre de 2011.

Grimes y Huntsman 1980. Reproductive biology of the vermilion snapper, *Rhombophites aurorubens*, from north Carolina and South Carolina. *Fish. Bull.* **78**(1):137-145.

Grubert y Wadley, 2000. Sexual maturity and fecundity of *Octopus maorum* in southeast Tasmania. *Bull. Mar. Sci.* **66**(1): 131-142.

Guerra A. 1975. Determinación de las diferentes fases del desarrollo sexual de *Octopus vulgaris* Lamarck, mediante un índice de madurez. *Inv. Pesq.* **39**(2):397-416.

Hintze, J. L. y Nelson R. D. 1998. Violin plots: a box plot density trace synergism. *The American Statistician.* **52**(2):181-4.

Howroyd P., Hoyle-Thacker P., Lyght O., Williams D. y Kleymenova E. 2005. Morphology of the Fetal Rat Testis Preserved in Different Fixatives. *Toxic. Path.* **33**: 300–304.

ICES. 2010. *Report of the Workshop on Sexual Maturity Staging of Cephalopods*. Livorno, Italy. ICES (International Council for the Exploration of the Sea) CM 2010/ACOM: 49 97 p.

Ishiyama V., Siga B. y Talledo C. 1999. Biología reproductiva del pulpo *Octopus mimus* (Mollusca:Cephalopoda) de la región de Matarani, Arequipa, Perú. *Rev. Peru. Biol.* **6**(1). 1999

Jiménez-Badillo M. L, del Río-Rodríguez R. E., Gómez-Solano M.I., Cu-Escamilla A. y Méndez-Aguilar D. 2008. Madurez gonádica del pulpo *Octopus vulgaris* en el Golfo de México: Análisis macroscópico y microscópico. Colección EPOMEX, serie: acuicultura. Universidad Autónoma de Campeche, México. 47p.

Kjesbu O. S., Witthames P. R., Solemdal P. y Walker M. G. 1990. Ovulatory rhythm and method to determinate the stage of spawning in Atlantic Cod (*Gadus morhua*). *Ca. J. Fish. Sci.* **47**: 1185-1193

Klaich M. J., Ré M. E., Pedraza S. N. 2008. Gross growth efficiency as a function of food intake level in the “Pulpito” *Octopus tehuelchus*: A multimodel inference application. *Aquaculture* **284**: 272–276

Klibansky N. Y Juanes F. 2008. Procedures for efficiently producing high-quality fecundity data on a small Budget. *Fish. Res.* **89**: 86-89

Latendrese J. R., Warbritton A. R., Jonassen H y Creasy D. M. 2002. Fixation of testes and eyes using a modified Davidson’s fluid: Comparison with Bouin’s fluid and conventional Davidson’s fluid. *Toxic. Path.* **30**(4): 524-533.

Lipinski, M. (1979) Universal maturity scale for the commercially important squids (Cephalopoda: Teuthoidea). The results of maturity classification of *Illex illecebrosus* (Le Sueur 1821) population for years 1973–1977. ICNAF. *Res. Doc.* 79/11/38 Ser. No. 5364.

Lipinski M. R. y Underhill G. 1995 Sexual maturation in squid: quantum or continuum? *South African J. of Mar. Sci.* **15**(1): 207-223

Logan M. 2010. *Biostatistical Design and Analysis Using R A Practical Guide*. Willey-Blackwell. Reino Unido. 577 p.

López- Uriarte, Ríos-Jara E. y González-Rodríguez M. E. 2008. Diet and Feeding Habits of *Octopus hubbsorum* Berry, 1953, in the Central Mexican Pacific. *The Veliger* **51**(1): 26-42

López-Uriarte E., Ríos-Jara E., E. y Pérez-Péña M. 2005. Range extension for *Octopus hubbsorum* Berry 1953 (Cephalopoda: Octopodidae) in the Mexican. *Pacific. Bull. Mar. Sci.* **77**: 171-179.

López-Uriarte y Ríos Jara. 2009. Reproductive biology of *Octopus hubbsorum* (Mollusca: Cephalopoda) along the central Mexican Pacific coast. *Bull. Mar. Sci.* **84**(1): 109–121.

Mangold K. 1987. Reproduction. En Boyle P.R. (ed.) *Comparative Reviews*. Vol. II., London, Academic Press. P.p.157–200

Markaida-Aburto U. 2001. Biología del calamar gigante *Dosidicus gigas* Orbigny, 1835 (Cephalopoda: Ommastrephidae) en el Golfo de California. Tesis doctoral. CICESE. Ensenada, B.C., México. 426 p.

Marques-dos Santos M. J. 2004 *Probabilidad y estadística para ciencias químico-biológicas*. UNAM-FES Zaragoza, México. 626 p.

Mather J. A. 2010. *Octopus*. En Breed M. D. y Moore J. (editores) Encyclopedia of Animal Behavior. Colorado, Estados Unidos Pp. 579-583.

Moguel C., Mascaró M., Ávila-Poveda O. H., Caamal-Monsreal C., Sánchez A., Pascual C., Rosas C.. 2010. Morphological, physiological and behavioral changes during post-hatching development of *Octopus maya* (Mollusca: Cephalopoda) with special focus on the digestive system. *Aquat Biol.* Vol. **9**: 35–48

Nesis K. 2002. Life style strategies of recent cephalopods: a review. *Bull. Mar Sci.* **71**(2):561-579

Nigmatullim y Markaida U. 2008. Oocyte development, fecundity and spawning strategy of large sized jumbo squid *Dosidicus gigas* (Oegopsida: Ommastrephinae). *J. Mar. Biol. Ass. UK.* **89**(4): 789-801

Nigmatullin Ch. M., Sabirov R. M. y Zalyg V. P. 2003. Ontogenetic aspects of morphology, size, structure and production of spermatophores in ommastrephid squids: An overview. *Berliner Paläobiol. Abh.* **03**: 225-240

Norman M. D. y Hochberg F. G. 2005. The current state of *Octopus* taxonomy. *Phuket Mar. Biol. Cent. Res. Bull.* **66**: 127–154

Norusis M. J. 1985. *SPSS-X advanced statistic guide* McGraw-Hill New York. Pp. 195-254.

Otero J., González A. F., Sieiro M. P., Guerra A. 2007 Reproductive cycle and energy allocation of *Octopus vulgaris* in Galician waters, NE Atlantic *Fish. Res.* **85**: 122–129

Ortíz-Galarza K. J., Iannacone J., de la Matta A. P. y Buitrón-Díaz. 1994. Biología reproductiva de la “concha corazón” *Trachycardium procerum* (Sowerby, 1833) (Cardiidae, Pelecypoda) de Chimbote, Perú. *The biologist* (Lima) **9**(1):66-97

Ortíz-Pérez M. A., de la Lanza-Espino G., Salazar-Espino M. P. y Carbajal-Pérez J. L. 2006. Diferenciación del espacio costero de México: un inventario regional. UNAM 87 p.

Pardo-Merino A. y Ruíz-Díaz M. A. 2002 *SPSS 11. Guía para el análisis de datos*. McGrawHill. Madrid, España. 715 p.

Pérez-Pérez M., Santos-Valencia J., Burgos-Rosas R. Espinoza-Mendez J. C. 2011. Dictamen técnico para el establecimiento de cuota de captura de pulpo *Octopus maya* para la temporada de pesca 2011. Instituto nacional de Pesca. SAGARPA. México. 4 p.

Pierce G. J., Valavanis V.D., Guerra A., Jereb P., Orsi-Relini L., Bellido J.M., Isidora Katara I., Piatkowski U., Pereira J., Balguerias E., Sobrino I., Lefkaditou E., Wang J., Santurtun M., Boyle R., Hastie L., Colin D., Smith J.M., Viana M., González A. F., Zuur A. F. 2008. A review of cephalopod–environment interactions. *European Seas Hydrobiologia* **612**:49–70.

Plaza G. Sakaji H., Honda-H., Hirota Y., Nashida K. 2006. Spawning pattern and type of fecundity in relation to ovarian allometry in the round herring *Etrumeus teres*. *Mar. Biol.* **152**:1051–1064

Pliego-Cárdenas R. 2009. Biología reproductiva del pulpo *Octopus hubbsorum* (Cephalopoda, Octopodidae), en la isla del Espíritu Santo, Golfo de California, México. Tesis de Maestría en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos. La Paz, B.C.S. 53 p.

Pliego-Cárdenas R., García-Domínguez F. A., Ceballos-Vázquez, B. P., Villalejo-Fuerte M., Arellano-Martínez M. 2011. Reproductive aspects of *Octopus hubbsorum* Berry, 1953 (Cephalopoda: Octopodidae) from Espíritu Santo Island, southern Gulf of California, México. *Ciencias Marinas*, **37**(1): 23-32.

Prezeslawski R. 2004. A review of the effects of environmental stress on embryonic development with intertidal gastropod egg masses. *Moll. Res.* **24**:43-63.

Quetglas, A., Alemany F., Carbonell A y Merilla P. 1998. Biology and fishery of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, caught by trawlers in Mallorca (Balearic Sea, Western Mediterranean). *Fish. Res.* **36**: 237-249.

Ricker W. E. 1975. *Computation and interpretation of biological statistics of fish population*. Bulletin on the fisheries research board of Canada. Department of the Environments fisheries and marine service. Ottawa. 382 p.

Riesch R., Tobler M., Plath M., Schlupp I. 2009. Offspring number in a livebearing fish (*Poecilia mexicana*, Poeciliidae): reduced fecundity and reduced plasticity in a population of cave mollies. *Environ. Biol. Fish.* **84**:89–94.

Rocha F. 2003. *Biología, ecología, cultivo y pesquerías de cefalópodos*. Curso de Postgrado. Universidad Austral de Chile. P.7

Rocha F. Guerra A. y González A. 2001. A review of reproductive strategies in cephalopods. *Biol. Rev.* **76**:291-304

Rodríguez- Rúa A., Pozuelo I., Prado M. A., Gómez M. J. y Bruzón M. A. 2005. The gametogenic cycle of *Octopus vulgaris* (Mollusca:Cephalopoda) as observed on the Atlantic coast of Andalusia (south of Spain). *Mar. Biol.* **147**:927-933

Roper, C.F.E. y Sweeney M.J. 1983. Techniques for fixations, preservation and curation of cephalopods. *Mem. Natl. Mus. Victoria* **44**: 29-48.

Roper, C.F.E., Sweeney M.J. y Huchberg F.G. 1995. Cephalopods, *En* W. Fisher, F. Krupp, W. Schneider, C. Somer, K.E. Carpenter & V.H. Niem (eds.). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca en el Pacífico Centro-Oriental*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. p. 305-355.

Salgado-Ugarte I. H. 1995. Nonparametric methods or fisheries data analysis and their application in conjunction with other statistical techniques to study biological data of the Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* in Tokyo Bay. Tesis doctoral. Universidad de Tokyo. 389 p.

Salgado-Ugarte I. H. 2002. *Suavización no paramétrica para análisis de datos*. PAPIME-PAPIT-FES ZARAGOZA, UNAM. México, D.F. 133 p.

Salgado-Ugarte I. H., Gómez-Márquez J. L. y Peña-Mendoza B. 2005 *Métodos actualizados para el análisis de datos biológico pesqueros*. PAPIME-FES Zaragoza, UNAM. México. D.F. 234 p.

Sánchez P. 2003; Cephalopods from off the Pacific coast of Mexico: Biological aspects of the most abundant species. *Sci. Mar.* **67**(1):81-90

Sánchez P. y Obarti R. 1993. The biology and fishery of *Octopus vulgaris* caught with clay pots of the Spanish Mediterranean coast. P.477-487. In Okutani T., O'Dor R. K. y Kubodera T. (eds.) *Recent Advances in Fisheries Biology*. University of Tokio. Japón.

Silva L., Sobrino I. y Ramos F. 2002. Reproductive biology of the common octopus, *octopus vulgaris* cuvier, 1797 (cephalopoda: octopodidae) in the Gulf of Cádiz (Spain). *Bull. Mar. Sci.* **71**(2): 837-850



Solana-Sansores, Wakida-Kusunoki, Burgos-Rosas, de Anda Fuentes, de Anda-fuentes, Cervera Cervera, Espinoza-Fuentes, Mena-Aguilar, Mena-González, Ramírez-Gil, Pisté-Canul, Santos, Huchin-Maturen y Medina. 2011. Dictamen técnico para el establecimiento de cuota de captura de pulpo *Octopus maya* para la temporada de pesca 2011. SAGARPA

Solano-Fernández M. 2007. “Determinación de edad y crecimiento del dorado *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) en el Pacífico Sur mexicano”. Tesis de licenciatura, Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel. Oaxaca, México. 80p.

StataCorp 2005. Stata Statistical Software: Release 10.0. Stata Corporation, College Station, TX.

Steichen, T. J. 1998. Violin plots. *Stata Tech. Bull.* **46**: 13-18

Tiffany B. N., Fangue N. A. y Bennett W. A. 2006 Disappearance of a population of pygmy octopus following a harmful algal Bloom in a northwestern Florida ba) U.S.A. *Amer. Malac. Bull.* **21**: 11-15

Warnke K.1999. Observations on the embryonic development of *Octopus mimus* (Mollusca:Cephalopoda) from Northern Chile. *Veliger.* **42**(3):211-217

Wells M. J. y Wells J. 1972. Sexual displays and mating of *Octopus vulgaris*, Cuvier and *O. Cyanea* gray and attempts to alter performance by manipulating the glandular condition of the animals. *Anim. Behav.*, **20**: 293-308.

Wenner A. 1972. Sex ratio as a function of size in marine crustacea. *Am. Nat.* **106**:321-350.

Wodynsky J. 1978. Feeding behaviour of broody female *Octopus vulgaris*. *Anim. Behav.*, **26**: 803-813.

Young R. E., Vechione M., y Mangold K. M. 2011. En [http://tolweb.org/accessory/Index\\_to\\_Cephalopod\\_Taxa?acc\\_id=585](http://tolweb.org/accessory/Index_to_Cephalopod_Taxa?acc_id=585). Consultado el 25 de septiembre de 2011.

Zamora M. y Olivares P. 2004. Variaciones bioquímicas e histológicas asociadas al evento reproductivo de la hembra de *Octopus mimus* (Mollusca:Cephalophoda). *Int. J. Morphol.*, **22**(3): 207-216

Zar J. H. 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, Nueva Jersey, EUA. 663 p.

# 11. ANEXOS.

## ANEXO I. LISTADO DE ESPECIES PERTENECIENTES AL GÉNERO OCTOPUS (Fuente Discoverlife, 2011)

<i>Octopus abaculus</i>	<i>Octopus fontanianus</i>	<i>Octopus oshimai</i>
<i>Octopus aculeatus</i>	<i>Octopus frianeus</i>	<i>Octopus ovulum</i>
<i>Octopus adamsi</i>	<i>Octopus fujitai</i>	<i>Octopus pallidus</i>
<i>Octopus aegina</i>	<i>Octopus gardineri</i>	<i>Octopus parvus</i>
<i>Octopus alatus</i>	<i>Octopus globosus</i>	<i>Octopus peali</i>
<i>Octopus alecto</i>	<i>Octopus graptus</i>	<i>Octopus penicillifer</i>
<i>Octopus alpheus</i>	<i>Octopus guangdongensis</i>	<i>Octopus penterinus</i>
<i>Octopus araneoides</i>	<i>Octopus hardwickei</i>	<i>Octopus polyzenia</i>
<i>Octopus arborescens</i>	<i>Octopus hattai</i>	<i>Octopus prashadi</i>
<i>Octopus areolatus</i>	<i>Octopus hongkongensis</i>	<i>Octopus pricei</i>
<i>Octopus aspilosomatis</i>	<i>Octopus horridus</i>	<i>Octopus pumilus</i>
<i>Octopus australis</i>	<i>Octopus hubbsorum</i>	<i>Octopus punctatus</i>
<i>Octopus balboai</i>	<i>Octopus hummelincki</i>	<i>Octopus ragata</i>
<i>Octopus bernardi</i>	<i>Octopus joubini</i>	<i>Octopus rapanui</i>
<i>Octopus berrima</i>	<i>Octopus kagoshimensis</i>	<i>Octopus robsoni</i>
<i>Octopus bimaculatus</i>	<i>Octopus kaurna</i>	<i>Octopus roosevelti</i>
<i>Octopus bimaculoides</i>	<i>Octopus kermadecensis</i>	<i>Octopus rubescens</i>
<i>Octopus bocki</i>	<i>Octopus lechenaultii</i>	<i>Octopus rugosus</i>
<i>Octopus boscii</i>	<i>Octopus lobensis</i>	<i>Octopus salutii</i>
<i>Octopus brachiotomus</i>	<i>Octopus longispadiceus</i>	<i>Octopus sanctaehelenae</i>
<i>Octopus briareus</i>	<i>Octopus lunulatus</i>	<i>Octopus sasakii</i>
<i>Octopus brocki</i>	<i>Octopus luteus</i>	<i>Octopus selene</i>
<i>Octopus bunurong</i>	<i>Octopus macropus</i>	<i>Octopus spinosus</i>
<i>Octopus burryi</i>	<i>Octopus magnificus</i>	<i>Octopus striolatus</i>
<i>Octopus californicus</i>	<i>Octopus maorum</i>	<i>Octopus superciliosus</i>
<i>Octopus campbelli</i>	<i>Octopus marginatus</i>	<i>Octopus taprobanensis</i>
<i>Octopus carolinensis</i>	<i>Octopus maya</i>	<i>Octopus tehuelchus</i>
<i>Octopus cephea</i>	<i>Octopus membranaceus</i>	<i>Octopus tenebricus</i>
<i>Octopus chierchiaie</i>	<i>Octopus mercatoris</i>	<i>Octopus tetricus</i>
<i>Octopus chromatus</i>	<i>Octopus microphthalmus</i>	<i>Octopus tonganus</i>
<i>Octopus conispadiceus</i>	<i>Octopus micropyrsus</i>	<i>Octopus tsugarensis</i>
<i>Octopus cordiformis</i>	<i>Octopus mimus</i>	<i>Octopus validus</i>
<i>Octopus cyanea</i>	<i>Octopus minor</i>	<i>Octopus varunae</i>
<i>Octopus cyaneus</i>	<i>Octopus mototi</i>	<i>Octopus veligero</i>
<i>Octopus defilippi</i>	<i>Octopus mutilans</i>	<i>Octopus verrucosus</i>
<i>Octopus dierythraeus</i>	<i>Octopus nanhaiensis</i>	<i>Octopus vitiensis</i>
<i>Octopus digueti</i>	<i>Octopus nanus</i>	<i>Octopus vulgaris</i>
<i>Octopus diqueti</i>	<i>Octopus niveus</i>	<i>Octopus warringa</i>
<i>Octopus exannulatus</i>	<i>Octopus nocturnus</i>	<i>Octopus white</i>
<i>Octopus fangsiao</i>	<i>Octopus occidentalis</i>	<i>Octopus winckworthi</i>
<i>Octopus favonius</i>	<i>Octopus ocellatus</i>	<i>Octopus wolfi</i>
<i>Octopus filamentosus</i>	<i>Octopus ochotensis</i>	<i>Octopus yendoii</i>
<i>Octopus filosa</i>	<i>Octopus oculifer</i>	<i>Octopus zonatus</i>
<i>Octopus filus</i>	<i>Octopus oliveri</i>	
<i>Octopus fitchi</i>	<i>Octopus ornatus</i>	

ANEXO II. PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS MEDIDOS EN EL PRESENTE ESTUDIO.

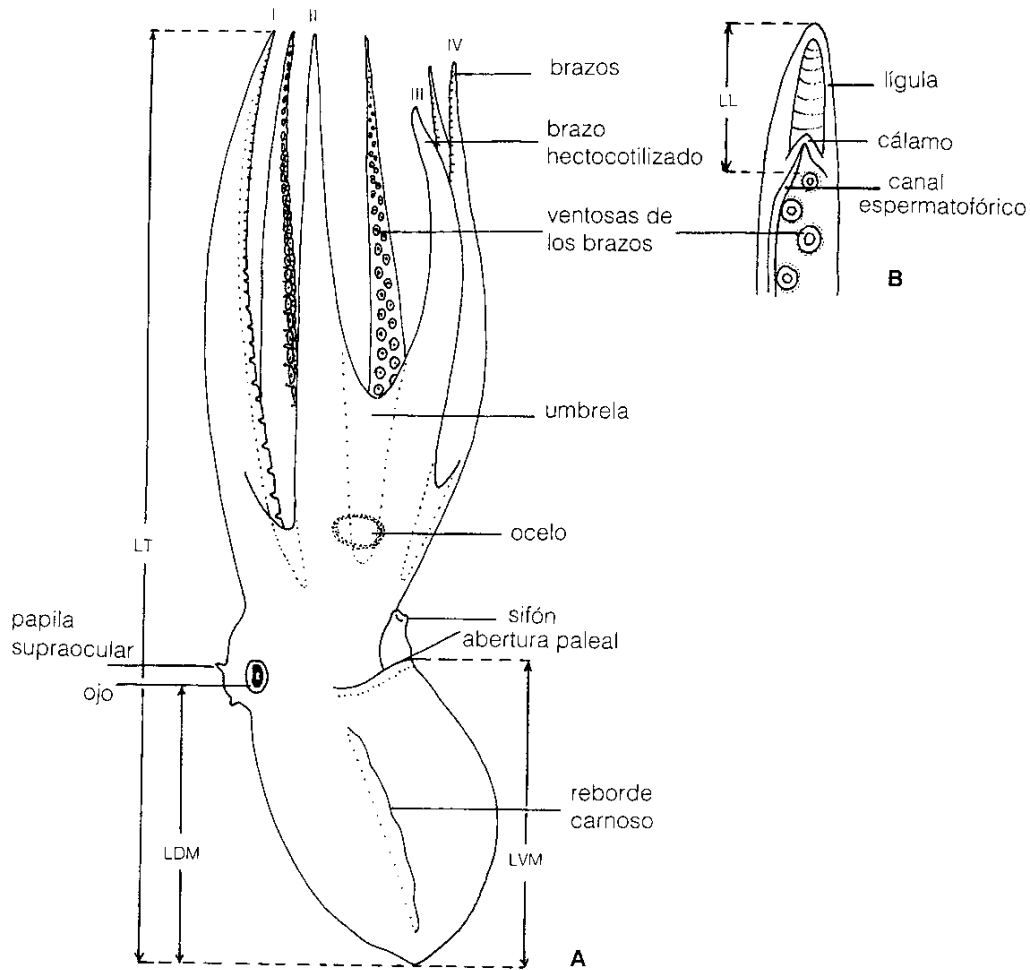


Figura 36. Caracteres morfométricos considerados para la identificación de pulpos. En el presente estudio se midieron la Longitud Total (Lt) y Longitud Dorsal del Manto (LDM), y la Longitud Ventral del Manto (LVM). A) esquema anatómico del pulpo y parámetros morfométricos. En números romanos, se enlistan los tentáculos; B) Esquema de la liguia presente en pulpos machos. Imagen tomada de Rocha (2003).



### ANEXO III. ESTADIOS DE MADURACIÓN GONÁDICA.

Tabla A1. Escala macroscópica de clasificación de los estadios de maduración gonádica de ICES (2010), a partir de 1. Guerra (1975); 2. Quetglas *et al.* (1998) para *O. vulgaris*.

ESTADIO	HEMBRAS			MACHOS	
	OVIDUCTOS <sup>1,2</sup>	GLÁNDULAS OVIDUCTALES <sup>1,2</sup>	OVARIO <sup>1,2</sup>	COMPLEJO ESPERMATOFÓRICO <sup>1,2</sup>	TESTÍCULO <sup>3</sup>
<b>0. INDETERMINADO<sup>3</sup></b>	Sexo no determinado a simple vista.			Sexo no determinado a simple vista.	
<b>I. INMADURO</b>	Semitransparentes y delgados	Muy pequeñas y blancas	Blanco y pequeño muy granuloso	Es transparente. El pene aparece como una diminuta prominencia	Pequeño
<b>II. EN MADURACIÓN</b>	Blancos y anchos	Mayores que en el estadio I y presentan una banda blanca y denticulada	Grande de blanco a amarillo tenue con estructuras granulares.	Presenta espermatozoides con filamento espiral	Alargados de color blanco
<b>III. MADUREZ INICIAL</b>	Blancos y anchos	Máximo tamaño con tres regiones características	Marfil muy grande con huevos color crema	Vaso deferente con filamento en espiral. Complejo de Needham con partículas blancuzcas. Presenta espermatozoides bien desarrollados	Compacto de textura crujiente con estructuras visibles.
<b>IV. MADUREZ MÁXIMA</b>	Blanco-marfil con algunos huevos	Más pequeños con una tonalidad más oscura	Restos de tejido rojos y oscuros; flácido y sin huevos.	Es flácido y presenta espermatozoides remanentes.	
<b>V. POSTDESOVE</b>			Reducido y flácido. Café con ovocitos inmaduros	Espermatozoides en desintegración	

