



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL PULPO
OCTOPUS BIMACULATUS (VERRIL, 1883) EN
BAHÍA SEBASTIÁN VIZCAÍNO, BAJA
CALIFORNIA SUR, MÉXICO.**

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos
Naturales
(Orientación en Biología Marina)

p r e s e n t a

Oswaldo Uriel Rodríguez García

La Paz, B.C.S. Agosto de 2010

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 9:00 horas del día 18 del Mes de agosto del 2010, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"Biología reproductiva del pulpo *Octopus bimaculatus* (Verril, 1883) en Bahía Sebastián Vizcaíno, Baja California Sur, México"

Presentada por el alumno:

Oswaldo Uriel Rodriguez García

Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN Biología Marina

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA


Dr. César A. Salinas Zavala
DIRECTOR DE TESIS


Unal Markalda Aburto
CO-TUTOR


Dr. Marcial Afellano Martínez
CO-TUTOR


DRA. ELISA SERVIERE ZARAGOZA,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CONFROMACIÓN DEL COMITÉ:

Comité tutorial y comité de revisores de tesis:

Dr. César A. Salinas Zavala

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

Dr. Unai Markaida Aburto

El Colegió de la Frontera Sur. Campeche

Dr. Marcial Arellano Martínez

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marina del Instituto Politécnico Nacional

Jurado de Examen:

Dr. César A. Salinas Zavala

Dr. Marcial Arellano Martínez

Dr. Oscar Arizpe Covarrubias

Universidad Autónoma de Baja California Sur

Suplente:

Dra. Elisa Serviere Zaragoza

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

Resumen

El pulpo de dos manchas, *Octopus bimaculatus*, es uno de los principales pulpos capturados a lo largo de la costa Pacífico de Baja California Sur. Esta especie fue reconocida como el pulpo explotado en Bahía Sebastián Vizcaíno. Esta zona es de gran importancia para el país por las altas capturas de langosta roja (*Panulirus interruptus*) y abulón (*Haliotis* spp.), recursos que tienen un elevado valor económico; y forman parte de la dieta de *O. bimaculatus*. Los pescadores de la región le han adjudicado efectos negativos a este pulpo debido a que reduce las poblaciones de estos importantes recursos y en el caso específico de la langosta se introduce a las trampas comiéndose los organismos. Es por esto que es importante incrementar el conocimiento sobre esta especie. En éste trabajo se describe la biología reproductiva (proporción de sexos, desarrollo gonádico, talla de madurez, temporada de reproducción y ciclo de vida) de *O. bimaculatus* de noviembre 2007 a febrero 2009. Se encontró que la población de *O. bimaculatus* en Bahía Sebastián Vizcaíno es de 1:1. En lo que al desarrollo gonádico respecta, se observaron cuatro estadios ováricos y 8 estadios ovocitarios. El desarrollo ovárico fue de manera asincrónica y el desove es de forma terminal no intermitente. La talla de madurez de las hembras se determinó en 112.38 mm de longitud de manto, aunque aparentemente existen dos tallas de madurez, esto debido al ciclo de vida que presenta la población, el cual se ajusta al modelo de alternancia de generaciones. De acuerdo a la presencia de los diferentes estadios ováricos se encontró que la temporada reproductiva va de enero a junio. Conforme a lo observado el ciclo de vida se ajusta al modelo de alternancia de generaciones propuesto por Ambros (1997) pero en este caso se encuentra regulado principalmente por la disponibilidad de alimento.

Palabras clave:, *Octopus bimaculatus*, biología reproductiva, desarrollo ovárico, talla de madurez, alternancia de generaciones.

Abstract

The two spotted octopus, *Octopus bimaculatus*, is one of the principal octopus catches along the Pacific coast of Baja California Sur. At Bahía Sebastián Vizcaíno this specie has been recognized as the octopus exploited. This site is very important to the country by the high catch of spiny lobster (*Panulirus interruptus*) and abalone (*Haliotis* spp.), resources with an important economic value; both of them are part of the diet of *O. bimaculatus*. The fishermen of the site attach negative effects to the octopus because reduces the population of those important resources, in the specific case of the spiny lobster, the octopus get in to the traps and eats them. This is the reason why is important to increase the knowledge of this specie. This work describes the reproductive biology (sex proportion, gonadic development, mature size, reproductive season and life cycle) of *Octopus bimaculatus* from november 2007 to february 2009. I found that the population of *O. bimaculatus* at Bahía Sebastián Vizcaíno is 1:1. About the gonadic development, I observed four ovaric stages and eight ovocitarian stages. The ovaric development was asynchrony and the spawning was no intermittent terminal. The female mature size was at 112.38 mm mantle length, but seems to be two mature sizes, this is because the life cycle of the population fits to the alternating generation. According to the presence of the different ovaric stages I found the reproductive season from January to June. In accordance of the observed the life cycle fits to the alternating generation model proposed by Ambrose (1997) but in this case I found that is regulated by the feed availability.

Key words: *Octopus bimaculatus*, reproductive biology, ovaric development, mature size, alternating generation.

DEDICADO A:

A mí madre, que es fuente de apoyo y consejo, que ha sido un pilar muy fuerte que me ha sostenido tanto tiempo y con la fuerza que solo ella tiene, y con la que nos ha sacado adelante.

A mí sobrino...pues a él simplemente lo quiero mucho... las navidades no serían igual de divertidas sin sus sonrisas...
(y sus juguetes).

A los amigos que siempre estuvieron pendientes del progreso de la tesis y con disponibilidad de ayudar cuando se necesitaba.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) por la formación académica y por las instalaciones facilitadas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca 234746.

Al proyecto Calamar EP 5.0 del cual se financiaron los muestreos y los materiales para el análisis de las muestras.

A la biblioteca del CIBNOR por toda la bibliografía facilitada a la cual fue de gran ayuda (gracias Lic. Ana María por la ayuda en biblioteca y por el sobrenombre es muy divertido).

A la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera “La Purísima” por la disposición a ayudar en el desarrollo de la tesis y las muestras facilitadas.

Al Dr. César A. Salinas, director de tesis, por creer en que algo bueno podría salir de los pulpos, por confiar en mi para el desarrollo del primer trabajo de pulpo que se realiza en el grupo de cefalópodos, por el apoyo brindado (tanto para muestreos, estancias, congreso etc.), la paciencia que tuvo (sobre todo al inicio del mismo) y los consejos brindados.

Al Dr. Oscar Arizpe Covarrubias por aceptar formar parte del jurado, por integrarme en el grupo de trabajo del laboratorio de ecología de sistemas costeros (UABCS), permitirme algunas ausencias para la elaboración de la presente tesis y el apoyo en las impresiones de la misma.

Al laboratorio de Histología e Histoquímica del CIBNOR, a la M. en C. María del Carmen Jaramillo Rodríguez, por todo el apoyo en laboratorio, la colaboración en el análisis de las muestras, toda la información proporcionada y los tan acertados comentarios y observaciones hechos. A la Técnica María Eulalia Meza Chávez por su gran ayuda en el procesamiento de las muestras para histología (cortes, tinciones y de más) y por tener siempre mertiolate del que no arde pa las cortadas.

Al grupo de cefalópodos (Minda, Susy, Alexa, Yorch, Rigo, Gastón) del CIBNOR por aceptarme y enseñarme como es el trabajo de campo (las calma...readas).

A todo el grupo encargado de posgrado, Dra. Elisa Serviere, Lic. Osvelia, Lic. Letty, Dra. Thelma, Betty y Claudia por toda su ayuda en trámites, los apoyos económicos, su interés en nosotros, su paciencia y diligencia...también alguno que otro jaloncito de oreja.

- A la M. en C. Arminda Mejía Rebollo por haber sido motor de arranque de la tesis (al colaborar en el planteamiento de la tesis), por el entusiasmo y consejos brindados para el desarrollo de la misma; por haber sido una guía al inicio de la tesis.
- A la M. en C. Claudia Jeannette Pérez Estrada, por todo el apoyo brindado en campo, las múltiples pláticas durante el camino a tortugas, jajaja las tantas odiseas que nos ocurrieron en los muestreos, los consejos brindados, tanto personales como técnicos, la tolerancia y sobretodo el compromiso con el proyecto.
- A la Bióloga Mayra de La Paz Cuevas, por el apoyo en el muestreo de enero de 2008.
- Al técnico Juan José Ramírez Rosas, por el apoyo brindado al inicio de la tesis, por mostrarnos el camino hacia Tortugas y colaborar en el contacto con la cooperativa La Purísima y con los pescadores.
- A los pescadores de Bahía Tortugas por toda la ayuda brindada, por todas las inquietudes que muchas veces se convirtieron en preguntas también para mí.
- Al Ocean. Juan Carlos Bonilla Gutierrez (encargado del departamento de pesquería y acuacultura de la cooperativa) y a Victor Manuel Hernández Mejorado (presidente del consejo de vigilancia) por brindarnos su ayuda y su amistad.
- A Nacho (pescador de la cooperativa La Purísima) y a su familia por abrirnos las puertas de su casa, por permitirnos procesar las muestras durante los primeros muestreos, por apoyarnos tanto en campo.
- A la familia Manríquez que me ha recibido como un miembro más de la familia y que me ha apoyado durante estos años de maestría.
- A los amigos que me acompañaron y/o apoyaron alguna vez en campo (Fer Manini gracias por ir en mi representación y con aviso de última hora; Fausto, Sara, Jeanneth, Ari, Alejandra) y a quienes me ayudaron en el procesamiento de las muestras, desde aconsejando hasta procesando (Ro, gracias por acompañarme hasta tarde en el lab, echarme tanto la mano con algunos materiales, ayudarme en el procesamiento de muestras, y demás cosas☺; Alexa, Elisa).
- A toda la raza de la maestría, compañeros (de aula y desveladas ya fuera de estudio y de fiesta) y amigos, Fausto, Gina, Tripp, Masso, Paty Lee, March y Rafa, Cote, Cremas, Luzma, Obet, Misha, Adankiu, Tania, Quina, Ana María. Gracias por adelantar fechas de exámenes pa poder salir a campo.

Se que hay mas gente que conocí en el camino y que de alguna manera pusieron su pequeño granito de arena en la elaboración de la tesis, a todos ustedes que de momento no recuerdo GRACIAS!!!

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	8
2.1. BIOLOGÍA GENERAL DE <i>Octopus bimaculatus</i>	8
2.2. PESQUERIA DE PULPO	12
2.3. BIOLOGIA REPRODUCTIVA.....	15
3. JUSTIFICACIÓN.....	18
4. OBJETIVO GENERAL	19
4.1. OBJETIVOS PARTICULARES.....	19
5. ÁREA DE ESTUDIO	20
6. MATERIAL Y MÉTODOS	22
6.1. TRABAJO DE CAMPO.....	22
6.1.2. Determinación de la especie	23
6.2. TRABAJO DE LABORATORIO	24
6.2.1. Biología Reproductiva.....	24
6.2.1.1. Determinación de estadios de madurez	24
6.2.2. Caracterización del hábitat	26
6.2.3. Procesamiento de Datos	26
6.2.3.1. Proporción de sexos, crecimiento y talla de madurez.....	26
6.2.3.3. Índices morfológicos	28
6.3. ANÁLISIS DE ESTADÍSTICOS	29
7. RESULTADOS	30
7.1 Razón sexual	30
7.2 Longitud de manto y peso total de <i>O. bimaculatus</i>	32
7.3 Peso de gónada e índice gonadosomático de <i>O. bimaculatus</i>	35
7.4 Peso de la glándula digestiva e índice de la glándula digestiva.....	36
7.5 Histología reproductiva de los ovarios.....	37
8. DISCUSIÓN	51
8.1 Variables morfométricas.....	52

8.2 Desarrollo gonádico y talla de madurez	58
8.3 Ciclo reproductivo.....	60
8.4 Pesquería	64
9. BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXOS.....	74
ANEXO I.....	I
ANEXO II.....	II
ANEXO III.....	III
ANEXO IV	IV
ANEXO V	vi
ANEXO VI	vii
ANEXO VII	x

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aparato reproductor de <i>Octopus vulgaris</i>	3
Figura 2. Trampa de pulpo utilizada en Baja California Sur	5
Figura 3. Ocelo en forma de estrella de <i>Octopus bimaculatus</i>	9
Figura 4. Modelo de alternancia de generaciones para la población <i>Octopus bimaculatus</i> en las costas de California, EE.UU	11
Figura 5. Captura anual en Baja California Sur durante el periodo 1999-2005	13
Figura 6. Porcentaje de captura promedio anual de pulpo por región en Baja California Sur durante el periodo 1998-2005.....	14
Figura 7. Captura mensual promedio de pulpo reportado en Baja California Sur y en Bahía Tortugas para el periodo 1998-2005.....	14
Figura 8. Campos pesqueros de donde se obtuvieron las muestras de <i>O. bimaculatus</i> en la costa de Bahía Sebastián Vizcaíno.....	21
Figura 9. <i>O. bimaculatus</i> ; LM: Longitud del Manto.	23
Figura 10. Ocelo característico de <i>Octopus bimaculatus</i>	24
Figura 11. Relación PT/LM de hembras de <i>O. bimaculatus</i>	33
Figura 12. Relación PT/LM de machos de <i>O. bimaculatus</i>	33
Figura 13. Promedio mensual de Longitud del Manto (LM) de <i>O. bimaculatus</i> en Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C.S. en el periodo noviembre 2007– febrero 2009.....	34
Figura 14. Promedio mensual de Peso Total (PT) de <i>O. bimaculatus</i> en Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C.S. en el periodo noviembre 2007– febrero 2009.....	35
Figura 15. Promedio mensual de Índice Gonadosómico (IGS) de <i>O. bimaculatus</i> en Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C.S. en el periodo noviembre 2007– febrero 2009.....	36
Figura 16. Promedio mensual de Índice de la Glándula Digestiva (IGD) de <i>O. bimaculatus</i> en Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C.S. en el periodo noviembre 2007– febrero 2009	37
Figura 17. Corte histológico de ovario de <i>Octopus bimaculatus</i> . Tinción H-E. Ovocito nucleolo cromatina (ncr); cromatina (cr).....	42

Figura 18. Corte histológico de ovario de <i>O. bimaculatus</i> . Tinción H-E. Ovocito nucleolo-cromatina (ncr); cromatina (cr).....	42
Figura 19. . Corte histológico de ovario de <i>O. bimaculatus</i> . Tinción H-E. Ovocito con inclusiones lipídicas (Ov. il).....	43
Figura 20. Corte histológico de ovario de <i>O. bimaculatus</i> . Tinción H-E. Ovocito con inclusiones lipídicas (Ov. il); Núcleo (n); Nucleolo (ncl); inclusiones lipídicas (il).	43
Figura 21. Corte histológico de ovario de <i>O. bimaculatus</i> . Tinción H-E. Ovocito con grandulos de vitelo (Ov. gv); granulos de vitelo (gv); invaginaciones (inv).....	44
Figura 22. Corte histológico de ovario de <i>O. bimaculatus</i> . Tinción H-E. Ovocito con gránulos de vitelo denso (gv); núcleo (n).	44
Figura 23. Corte histológico de ovario de <i>O. bimaculatus</i> . Tinción H-E. Ovocito completamente lleno de vitelo (v); capa de células foliculares (cf).....	45
Figura 24. Corte histológico de ovario de <i>O. bimaculatus</i> . Tinción S-N. Aumento 04x. Ovocito con gránulos de vitelo (ogv) invaginaciones de células foliculares de forma más regular (in).	45
Figura 25. Corte histológico de ovario de <i>O. bimaculatus</i> . Tinción SN. Aumento 04x. Ovocito maduro (om). Invaginaciones de células foliculares menos marcadas y en menor número (in).	46
Figura 26. Frecuencia de estadios ováricos de <i>O. bimaculatus</i> por clase de talla de Longitud de Manto (mm).	47
Figura 27. Talla de madurez de <i>O. bimaculatus</i> y frecuencia de estadios de desarrollo gonádico por talla.	47
Figura 28. Porcentaje mensual de los diferentes estadios ováricos de <i>O. bimaculatus</i> en Bahía Sebastián Vizcaíno.	48
Figura 29. Comparación mensual de parámetros ambientales de bahía Sebastián Vizcaíno (TMS y PP), proporción de estadios ováricos observados mensualmente e índices (IGS e IGD) de hembras de <i>O. bimaculatus</i> en bahía Sebastián Vizcaíno...	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Tamaño de muestra (n) para cada uno de los parámetros medidos y razón sexual mensual y total de <i>O. bimaculatus</i> en Bahía Sebastián Vizcaíno en el periodo noviembre 2007 – febrero 2009.....	31
Tabla II. Media (μ) y desviación estándar (DE) de la Longitud del Manto (LM) y Peso Total (PT).....	32
Tabla III. Análisis de Kruskal-Wallis entre sexos. N: Tamaño de la muestra; H: Estadístico; P: Probabilidad al 95% de confianza.	32
Tabla IV. Media (μ) y desviación estándar (DE) del Peso de la Gónada (PG) e Índice Gonadosomático (IGS).	35
Tabla V. Media (μ) y desviación estándar del Peso de la Glándula (PGD) e Índice de la Glándula Digestiva (IGD).	36
Tabla VI. Descripción de los diferentes estadios ováricos y subestadios ovocitarios de <i>O. bimaculatus</i> en Bahía Sebastián Vizcaíno, Baja California Sur, México.	40
Tabla VII. Comparación de tallas promedio (LM y PT) con otros trabajos.	55

1. INTRODUCCIÓN

Los pulpos son invertebrados pertenecientes al Orden Octopodida de la Clase Cefalópoda; este Orden se caracteriza por presentar ocho brazos, cuerpo en forma de saco; se divide en dos Subórdenes: el Cirrina y el Incirrina. Dentro del último se encuentran las especies pertenecientes al género *Octopus* muchas de las cuales son de importancia comercial (Sweeney & Roper 1998; Boyle & Rodhouse 2005).

La mayoría de las especies de pulpo son depredadores bentónicos que se pueden encontrar desde la zona litoral hasta alrededor de los 1,000 m de profundidad. Se reconocen como animales crípticos, escondiéndose durante el día en grietas de rocas, conchas vacías y praderas de algas y por la noche salen a cazar (Roper *et al.* 1995).

Al igual que todos los cefalópodos, los pulpos son organismos gonocóricos, es decir que presentan los sexos separados (Guerra 1975; Arnold 1984; Mangold 1987; Boyle & Rodhouse 2005). El aparato reproductor femenino está compuesto por un ovario y dos oviductos rematados por sendas glándulas oviducales (Fig. 1A); por su parte, el aparato reproductor masculino se compone por un testículo, un complejo espermatofórico (Fig. 1B) y un cálamo (Fig. 1C) en machos maduros, que es una modificación en la parte terminal del tercer o cuarto par de brazos (varía de acuerdo a la especie), conocido con el nombre de hectocotilo (Guerra 1975, Boyle &

Rodhouse 2005), el cual es utilizado para depositar los espermatozoides en la glándula oviducal de la hembra (Arnold 1984).

La estrategia reproductiva de cualquier especie consiste en una gran variedad de tácticas que permitan a los individuos alcanzar su objetivo reproductivo (Rocha *et al.* 2001). En las diferentes especies de pulpo al igual que en muchos cefalópodos, estas estrategias son muy variadas y no es posible hacer una generalización de la misma a nivel de grupo. Rocha *et al.* (2001) hacen una clasificación de las estrategias reproductivas de los cefalópodos de acuerdo al tipo de desove, mencionando que en el grupo de los Octópodos Incirrados, existen especies que se consideran desovadores terminales simultáneos (semélparos), donde hay una ovulación sincrónica y no existe desarrollo y maduración de nuevos ovocitos durante el desove. Dentro de esta categoría se encuentran la mayor parte de los pulpos. Otros pulpos presentan desoves múltiples (iteróparos), en éste caso las gónadas producen una ovulación intermitente sincrónica, solo hay un periodo de desove que es en lotes y se observa un crecimiento somático durante este periodo, este es el caso de *Octopus chierchae*.

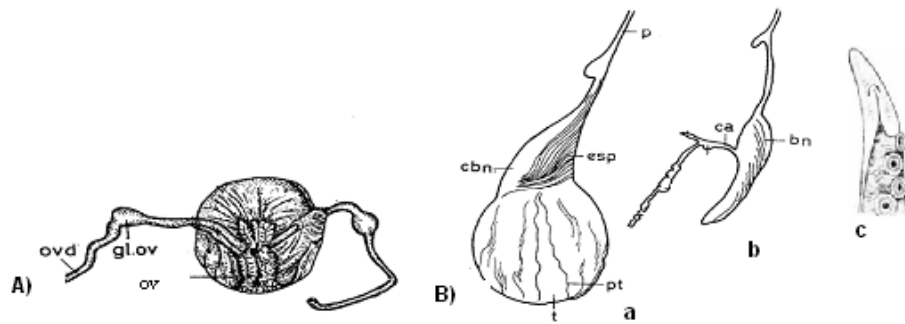


Figura 1. Aparato reproductor de *Octopus vulgaris*. A) hembra: ov. ovario; gl.ov.; gl.ov. glándula oviducal; ovd. oviducto. B) Macho: "a" cbn. saco de Needham; esp. espermatóforo; p. pene; t. testículo. "b" saco de Needham extendido: bn. saco de Needham; ca. conducto aferente (modificado de Guerra 1975). "c" calamo (modificado de Fisher 1995)

Posterior al desove existe un cuidado parental de los huevos por parte de las hembras, protegiéndolos de depredadores y circulando el agua para mantener los huevos bien oxigenados hasta el momento de la eclosión, comportamiento característico de todas las especies de pulpo. Durante este periodo las hembras generalmente no se alimentan, lo cual eleva la tasa de mortalidad en dicha fase (Roper *et al.* 1995).

En México, la pesca de pulpo se lleva a cabo en todos sus litorales. En el litoral del Océano Pacífico (Baja California, Baja California Sur, Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa y Sonora) y en el litoral del Golfo de México y Caribe (Campeche, Quintana Roo, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán), donde se genera la mayor producción de pulpo a nivel nacional (SAGARPA 2003). En la región noroeste del país, el estado de Baja California Sur se ubica en el segundo lugar en captura, con 215 t promedio al año, correspondientes al periodo

1986-2001, lo que equivale al 23.6% de las capturas para el Pacífico mexicano (Carta Nacional Pesquera 2004). Las especies de pulpo reportadas como recurso pesquero en la Península de Baja California son *Octopus hubbsorum*, *O. vulgaris*, *O. macropus*, *O. bimaculatus* y *O. rubescens* (Carta Nacional Pesquera 2004) aunque cabe aclarar que la identificación de las especies para esta región es poco clara.

En algunas zonas de Baja California Sur, principalmente en la costa occidental, la pesca se realiza a bordo de embarcaciones menores con motor fuera de borda (pangas). Como arte de pesca utilizan trampas de alambre galvanizado forrado de plástico (Fig. 2). Cada panga lleva de 5 a 50 trampas dependiendo de la especie, zona de pesca y temporada del año. Las trampas son colocadas en zonas rocosas de 2 a 50 m de profundidad, con faenas diurnas de 8 horas. Se ha identificado una temporalidad en la captura de las distintas especies de pulpo, donde *O. bimaculatus* se captura durante el invierno y *O. hubbsorum* y *O. rubescens* en el verano (Carta Nacional Pesquera 2004). No hay reportes sobre la pesquería de pulpo no se menciona el tipo de carnada utilizado, pero se ha observado en diferentes sitios de la costa del Pacífico el uso de diversas especies de pescado con bajo valor económico.



Figura 2. Trampa de pulpo utilizada en Baja California Sur elaborada de alambre galvanizado con un par de entradas (original, Oswaldo Rodríguez).

La proporción de especies extraídas en el Estado no se ha reportado científicamente; a pesar de esto, a través de comentarios de los pescadores de la costa occidental del Estado se sabe que es un pulpo ocelado se pesca con mayor frecuencia. Este pulpo se distingue por presentar un par de ocelos azules debajo de cada ojo y cerca de la base del segundo y tercer par de brazos; sin embargo, hay dos especies oceladas a lo largo de la península, por lo que se podría tratar de *Octopus bimaculatus* u *Octopus bimaculoides* (Ambrose 1997; Hochberg 1997; Lang 1997).

La especie de estudio en este trabajo es *O. bimaculatus*, la cual se distribuye desde Santa Bárbara, California, Estados Unidos, hasta Bahía Sebastián Vizcaíno, Baja California Sur, México, y dentro del Golfo de California, habita en zonas rocosas, a

partir de la zona intermareal hasta los 50 m de profundidad, donde se alimenta principalmente de cangrejos, gasterópodos, bivalvos y quitones (Ambrose 1986; Roper *et al.* 1995; Ambrose 1997). Existen reportes de *O. bimaculatus* en las costas de Oaxaca (Alejo-Plata & Cardenares-Ladrón de Guevara 2002), pero debido a su gran parecido con *O. bimaculoides* no existe la certeza taxonómica en este registro.

Es importante resaltar, que en la región del Estado conocida como Pacífico Norte, el sector pesquero que se dedica principalmente a la extracción de langosta y abulón, especies importantes en la dieta del *O. bimaculatus*, ha mostrado interés en el entendimiento de la biología de ésta especie, ya que consideran que esta especie de pulpo es el causante de la disminución en la abundancia de dichos recursos pesqueros, los cuales son de gran importancia económica para la región y el Estado.

Hasta antes de este trabajo, los estudios sobre la biología reproductiva de pulpo en esta zona eran nulos; existiendo sin embargo, algunos registros de hembras maduras durante los meses de febrero a abril en la zona norte de la costa Pacífico de Baja California Sur y en los meses de julio a septiembre en la zona centro sur (Carta Nacional Pesquera 2004).

El conocimiento de la biología reproductiva (estructura de tallas, proporción de sexos, temporadas reproductivas, talla de primera madurez) de las especies sujetas a

explotación son de gran utilidad para la industria pesquera y para las dependencias gubernamentales encargadas del manejo de los recursos marinos, ya que se toman como base en la toma de decisiones y en establecimiento de estrategias de manejo. Teniendo en cuenta lo anterior se resalta la importancia de realizar estudios formales para conocer los aspectos biológicos básicos de los pulpos y en particular la biología reproductiva de *O. bimaculatus*.

2. ANTECEDENTES

“...Como cuando al sacar a un pulpo de su escondrijo se pegan infinitas piedrecitas a sus tentáculos, así se desgarró en la roca la piel de sus robustas manos...”
La Odisea, Homero. Siglo VIII a.C.

El interés de los humanos por los pulpos ha tenido una gran trayectoria. Las civilizaciones antiguas del Mediterráneo tenían un buen conocimiento de algunos de ellos. Una de las primeras referencias con las que se cuenta sobre los pulpos es en La Odisea, de Homero (Siglo VIII a.C.), donde se hace mención de la extracción de pulpo; Aristóteles en el Siglo IV a.C. hace una descripción del pulpo en su libro *Historia Animalium* (Rodhouse & Boyle 2005).

2.1. BIOLOGÍA GENERAL DE *Octopus bimaculatus*

De acuerdo a la clasificación taxonómica de cefalópodos presentada por Sweeney & Roper (1998) *Octopus bimaculatus* se clasifica de la siguiente manera:

Phyllum Mollusca

Clase Cephalopoda (Cuvier, 1797)

Subclase Coloidea (Bather, 1888)

Superorden Octobrachia (Fioroni, 1981)

Orden Octopodida (Leach, 1818)

Suborden Incirrina (Grimpe, 1916)

Familia Octopodidae (Orbigny, 1840)

Subfamilia Octopodinae (Grimpe, 1921)

Género *Octopus*

Octopus bimaculatus (Verrill, 1883)

Las características propias de *Octopus bimaculatus* es que presenta un par de ocelos, cada uno debajo de los ojos, entre el segundo y tercer par de brazos, de color azul iridiscente en forma de estrella (Fig. 3), a diferencia de *O. bimaculoides*, que presenta un círculo de puntos negros en forma de collar de perlas dentro de los ocelos (F.G. Hochberg, com. pers.¹ mayo 2009)

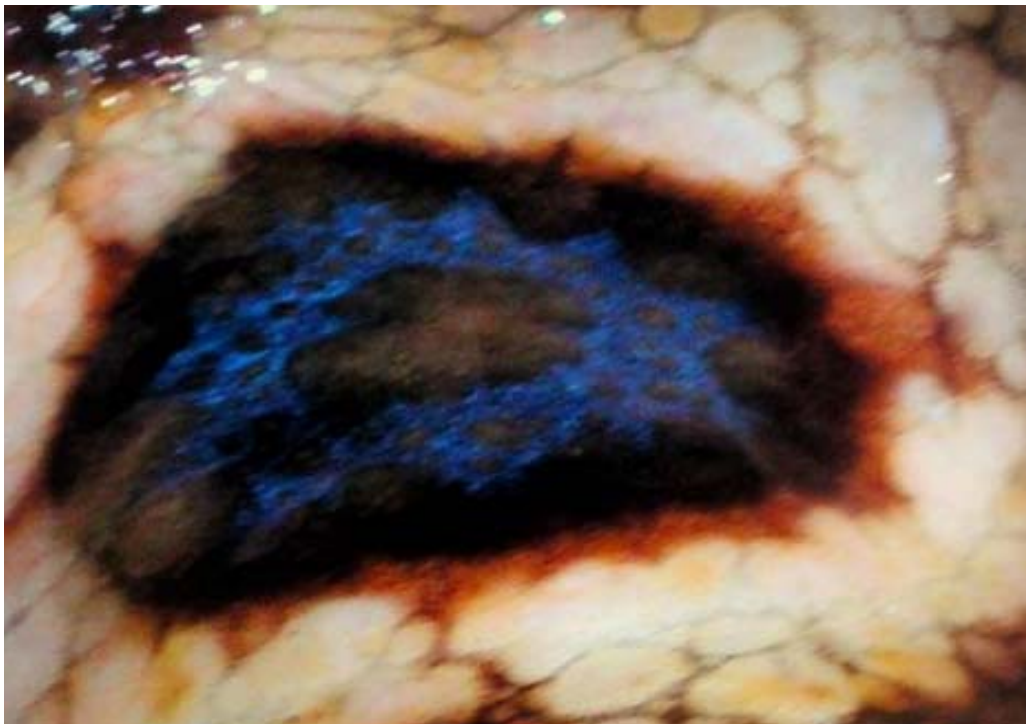


Figura 3. Ocelo en forma de estrella de *Octopus bimaculatus* (Fotografía: Oswaldo Rodríguez).

¹Dr. F.G. Hochberg. Museo de Historia Natural de Santa Bárbara SBMNH), California. (fghochberg@sb2nature.org)

Los estudios sobre *O. bimaculatus* son pocos y la mayoría de ellos han sido realizados en California, EE.UU. Ambrose (1983), hace referencia de las distintas especies de bivalvos y caracoles que pueden encontrarse en los refugios de *O. bimaculatus* para relacionarlas con sus hábitos alimenticios, pero concluye que la presencia o ausencia de conchas de dichos organismos depende de factores ajenos a la propia alimentación. Ambrose (1984) analiza los hábitos alimenticios de *O. bimaculatus* y concluye que crustáceos, caracoles, quitones, lapas y bivalvos son sus principales presas. Dos años después, Ambrose (1986), concluye que *O. bimaculatus* es el principal depredador de caracoles.

Ambrose (1988) menciona que los principales factores que afectan los cambios en las abundancias de las poblaciones de *O. bimaculatus* son los patrones de la historia de vida, la temporalidad de la reproducción y el reclutamiento. La longevidad de *O. bimaculatus* depende del tiempo de eclosión y de asentamiento, y el tiempo entre el asentamiento y la siguiente temporada reproductiva. De acuerdo con su estudio, el ciclo de vida de *O. bimaculatus* se ajusta al modelo de alternancia de generaciones. Este modelo sostiene la teoría de que los pulpos tienen diferentes tasas de crecimiento y que la longevidad también varía dependiendo de la temporada en la que el individuo eclosiona, pues la temperatura del agua influye en la tasa de crecimiento. Ésta será menor cuando la temperatura es fría (al final de la temporada reproductiva) y, en consecuencia la longevidad es mayor (19 meses). Al nacer al inicio de la temporada reproductiva, cuando la temperatura es más alta, la tasa de crecimiento es más rápida y la esperanza de vida es 14 meses (Fig. 4).

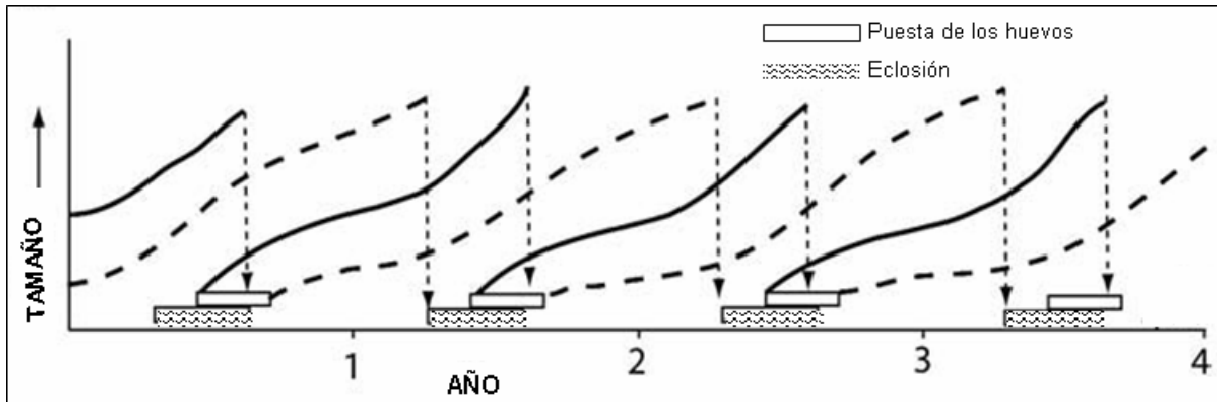


Figura 4. Modelo de alternancia de generaciones para la población *Octopus bimaculatus* en las costas de California, EE.UU. Modificado de Boyle & Rodhouse 2005.

Los trabajos más recientes sobre la biología de *O. bimaculatus* se han realizado en Bahía de Los Ángeles, Baja California, México. Uno de ellos es el de Castellanos-Martínez (2008) acerca de la biología reproductiva, en el cual se establecen seis estadios de madurez para las hembras y cuatro para machos, de acuerdo a los análisis histológicos. También menciona que en el mes de julio hay una menor proporción de hembras debido a la muerte postdesove de éstas. Mediante el análisis de frecuencia de tallas encuentra que existen dos cohortes, lo que se ajusta con el modelo de alternancia de generaciones anteriormente sugerido.

Armendáriz-Villegas (2008) en un trabajo sobre alimentación, complementario al de Castellanos-Martínez (2008), encuentra que durante la madurez el índice de llenado de los estómagos es más alto, y que posiblemente esté relacionado al incremento de la ingestión de alimento que presentan las hembras durante esta fase. En cuanto al consumo de presas, indica que los cangrejos xanthoideos son el principal alimento agrupándolos por ítem y los moluscos en grupos por phylum. De la misma forma,

observa que existe una diferencia en la alimentación de acuerdo a la temporada, siendo mayor el consumo de bivalvos en invierno y de mayor el de cangrejos xanthoideos en primavera. Este hecho lo relaciona con la disponibilidad estacional de las presas y con el aporte energético por parte de los cangrejos ya que los considera importantes para el desarrollo gonádico.

2.2. PESQUERIA DE PULPO

Uno de los registros más antiguos que se tienen sobre la pesca de pulpo en México es el de Luis M. Servo, quien en noviembre de 1854, en el boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, hace un listado de los organismos que se consumen en Mazatlán, Sinaloa, entre los que se encuentran el pulpo (Sierra & Sierra-Zapata 1977).

En la década de los 40's se inicia la explotación del pulpo en Campeche y se extiende hacia la costa de Yucatán en 1970 (Yáñez-Arancibia 1994). Arreguín-Sánchez *et al.* (2000), hace un estudio sobre la pesquería de *Octopus* en las costas de la península de Yucatán donde indica que se está explotando a su máxima capacidad biológica y recomienda incrementar la talla mínima legal de pesca para obtener mayores rendimientos a largo plazo.

En la costa del Pacífico los registros que se tienen son desde los años 70 (SEPESCA 1987 en Alejo-Plata *et al.* 2009). Al analizar los datos de desembarque de pulpo de Baja California Sur del periodo 1999-2005 (Fig. 5), se distingue la zona conocida como Pacífico Norte como zona de importancia en la producción de pulpo en el Estado, aportando un 39% de la captura anual (Fig. 6). En lo que respecta al promedio de la captura mensual, se observa que Bahía Tortugas (puerto pesquero de gran relevancia para la región) se distingue marzo y abril como las principales temporadas de pesca, reportando de 6.4 y 4.8 toneladas en cada mes (65.9% y 56.7%, respectivamente, de la captura total de cada mes) (Fig. 7).

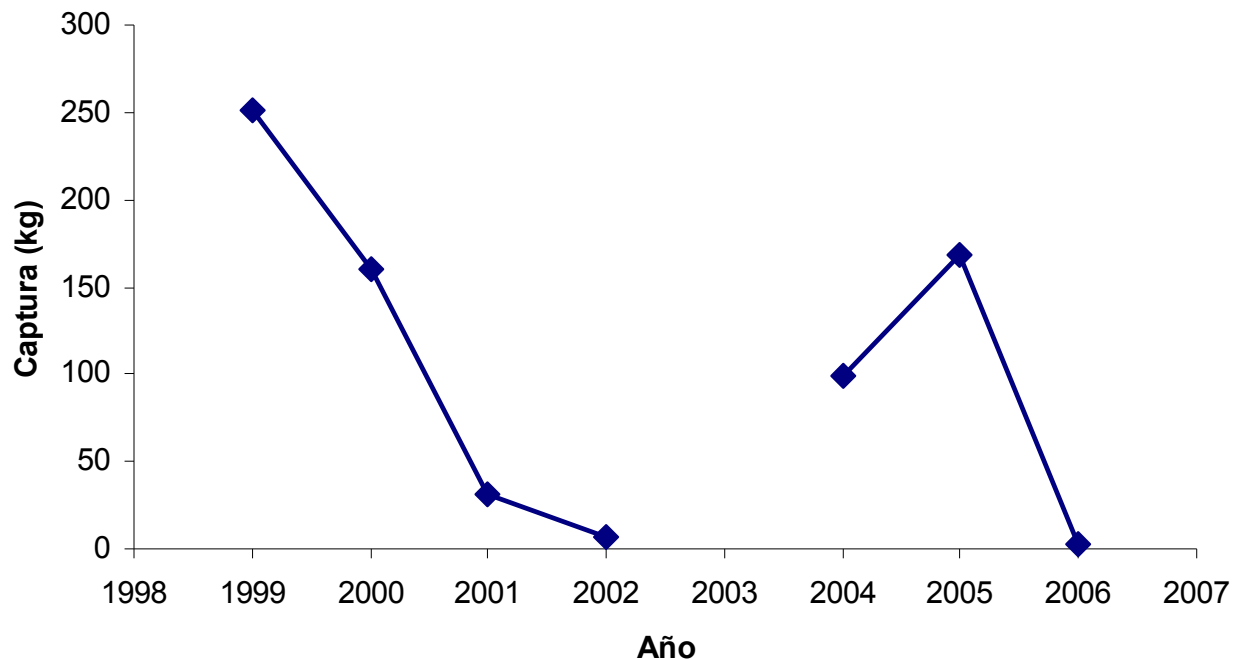


Figura 5. Captura anual en Baja California Sur durante el periodo 1999-2005 (datos obtenidos de CONAPESCA-La Paz.)

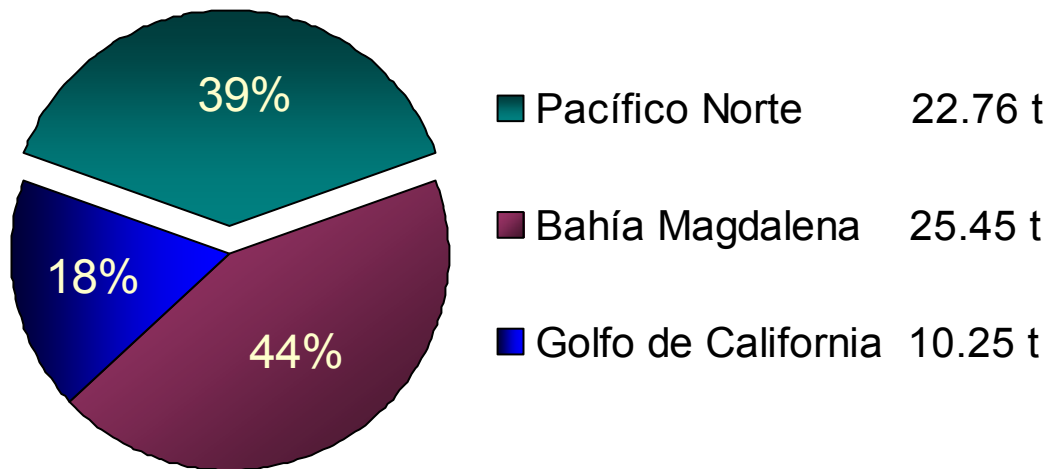


Figura 6. Porcentaje de captura promedio anual de pulpo por región en Baja California Sur, México durante el periodo 1998-2005. Datos obtenidos de los registros de CONAPESCA.

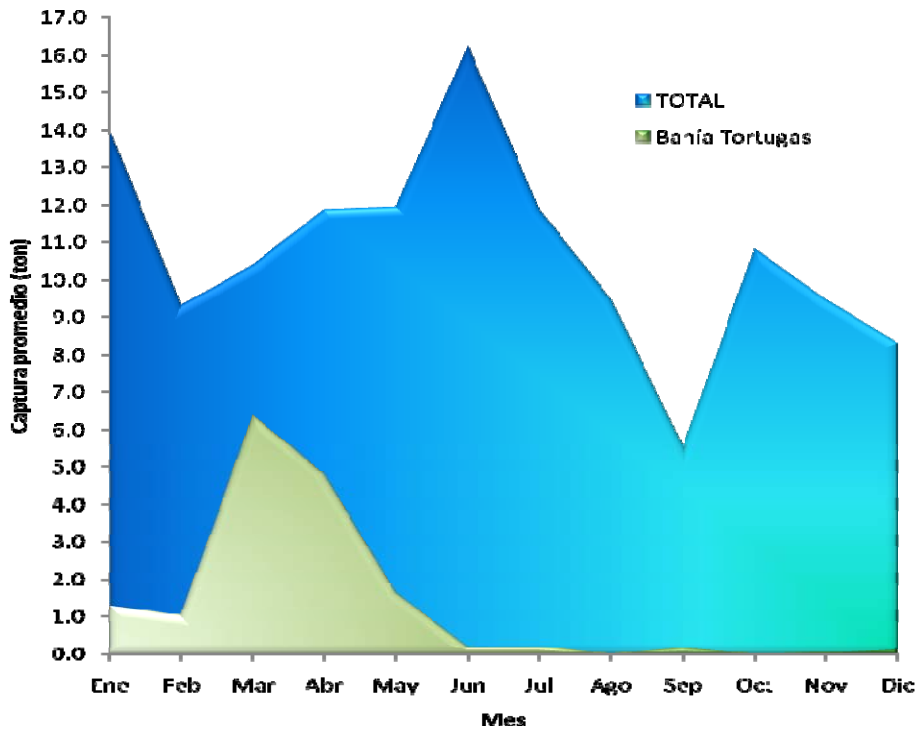


Figura 7. Captura mensual promedio de pulpo reportado en Baja California Sur (área azul) y en la oficina de pesca correspondiente a Bahía Tortugas (área verde) para el periodo 1998-2005. Datos obtenidos de los registros de CONAPESCA.

2.3. BIOLOGIA REPRODUCTIVA

Los pulpos son organismos gonocóricos; es decir, que presentan los sexos separados. No existe un dimorfismo sexual marcado, la modificación del tercer brazo (brazo hectocotilizado) para la reproducción es la única característica externa que diferencia a los machos cuando éstos están maduros, el cual en algunas especies es casi imperceptible (Brusca & Brusca 1990; Roper *et al.* 1995).

Entre las publicaciones más antiguas sobre biología reproductiva de pulpo se puede encontrar la de Peterson (1959), donde se describe el aparato reproductor de *O. bimaculoides*. Menciona que el sistema reproductor de las hembras está compuesto de un saco ovárico donde se lleva a cabo la ovogénesis. De éste sale un solo oviducto común que se bifurca para dar lugar a dos oviductos con una glándula oviducal cada uno que son utilizadas para el almacenar los espermatozoides y realizar la fertilización de los ovocitos maduros. Referente a los machos menciona que el aparato reproductor está modificado para la producción de espermátóforos. Estas modificaciones son a partir del testículo (lugar donde se desarrollan los espermatozoides). Los espermatozoides salen de éste y llegan al vaso deferente donde se van concentrando, compactando y moviéndose hacia la glándula mucilaginoso donde adquieren una matriz de mucina, lo que da lugar a espermátóforos rudimentarios. Sugiere que la tunica exterior es secretada antes de que entren a la glándula accesorio. No explica la utilidad de ésta glándula pero

menciona que es aquí donde giran los espermátóforos para que entren al saco de Needham de forma con la cola por delante. Determina que el saco de Needham es donde se lleva a cabo el endurecimiento y deshidratación de los espermátóforos.

Guerra (1975), indica que durante el proceso de maduración de las hembras de *O. vulgaris* los ovarios aumentan de tamaño y que en algunos casos el peso de éste es mayor al 10 por ciento del peso total del individuo las glándulas oviducuales igualmente aumentan de tamaño pero no en las mismas dimensiones. Al respecto, Mangold (1987), indica que el aumento en el tamaño de la gónada de la hembra es provocada por la acumulación de lipoproteínas.

Forsythe & Hanlon (1988) señalan que el aumento en la temperatura provoca un desarrollo más acelerado del hectocótilo de los machos de *O. bimaculoides*. También explican que, al encontrarse en temperaturas más elevadas, la copula se lleva a cabo a edades más tempranas y el desarrollo de los huevos igualmente tiene un intervalo de tiempo más corto. Esto lo relacionan con el efecto que tiene la temperatura en la tasa de crecimiento durante la etapa de crecimiento exponencial, ya que demuestran que ésta es más alta al incrementar la temperatura. Encuentran diferencias en la relación peso/longitud, siendo más pesados, a cierta talla, los individuos que se mantuvieron en temperaturas bajas, contradictoriamente a lo que se podría esperar.

Grubert & Wadley (2000), mencionan que en *Octopus maorum* no hay una relación entre el peso total y el peso de las gónadas de las hembras debido a que puede existir un rápido desarrollo gonádico en un amplio intervalo de tallas. Más recientemente, Katsanevakis & Verriopoulos (2006) identifican dos picos de asentamiento en la población de *O. vulgaris* en el Mar Mediterráneo, uno a finales de primavera-verano y otro a finales de otoño. Tomando en cuenta el tiempo del desarrollo embrionario y las tallas de los organismos de vida planctónica, estimaron que los individuos asentados en verano desovarán a finales del invierno (vida bentónica de 7 meses aproximadamente); mientras que para los que se asientan a finales de otoño desovarán entre agosto y septiembre (8 meses de vida bentónica aproximadamente).

3. JUSTIFICACIÓN

Si bien el pulpo es un recurso explotado en las costas de Baja California Sur, no se han hecho los estudios necesarios que les permitan conocer, tanto a biólogos, industriales pesqueros y autoridades del sector pesquero los aspectos biológicos y ecológicos de las especies de pulpo que se distribuyen en la región. El presente estudio aportará conocimiento sobre la biología reproductiva del pulpo *Octopus bimaculatus* en Bahía Sebastián Vizcaíno, reconocida como una de las zonas de gran importancia para la pesquería de pulpo en las costas de Baja California Sur.

El sector pesquero de la región ha mostrado un gran interés en el conocimiento de la biología de estos organismos, ya que son de importancia comercial y ha incrementado su demanda en el Estado. Con este trabajo se contribuirá a resolver algunas de las inquietudes que han expresado los pescadores y se sentarán las bases para posteriores trabajos en Bahía Sebastián Vizcaíno.

Finalmente, con este trabajo se proporcionará información biológica sólida que ayude en el establecimiento de medidas de manejo para la especie, lo cual será en beneficio de la especie misma, así como del sector pesquero que la explota.

4. OBJETIVO GENERAL

Con base en la madurez gonádica se describirá el ciclo reproductivo anual del pulpo *Octopus bimaculatus* en la costa de Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C.S. México.

4.1. OBJETIVOS PARTICULARES

- Identificar la especie de pulpo explotada en Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C.S.
- Describir la proporción de sexos de la población de *O. bimaculatus* en Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C.S. México en el periodo de noviembre 2007 a febrero 2009.
- Describir histológicamente los estadios de desarrollo ovárico de *O. bimaculatus* en Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C.S. México en el periodo de Noviembre 2007-Febrero 2009.
- Identificar la temporada reproductiva de *O. bimaculatus* en Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C.S. México en el periodo de Noviembre 2007-Febrero 2009.
- Estimar la talla de madurez de *O. bimaculatus* en Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C.S., México.

5. ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía Sebastián Vizcaíno está ubicada entre las coordenadas 27°46'33" – 27°46'47" Latitud Norte y 114°48'00" – 114°38'20" Longitud Oeste (Fig. 8). Tiene un fondo rocoso el cual no rebasa los 120 m de profundidad; se caracteriza por exponer un giro oceanográfico anticiclónico provocado por la Corriente de California, esto hace que el recambio de agua sea más lento y que la temperatura se mantenga, en cierta forma, cálida y constante. Todo esto en conjunto permite la presencia de algas tropicales, como son *Padina* spp. y pastos marinos como *Phyllospadix torreyi*. (Dawson 1951, 1952). Lluch-Belda (2000) y Hernández-Rivas *et al.* (2000) caracterizan esta área oceánica del País como un centro de actividad biológica (BAC por sus sigla en ingles-Biological Action Center-), debido a la gran cantidad de biomasa en todos los eslabones de la cadena trófica, desde fitoplancton hasta depredadores tope como mamíferos marinos y peces pelágicos mayores.

Las muestras para éste estudio fueron obtenidas de tres campos pesqueros localizados al sur de Bahía Sebastián Vizcaíno, El Campito, Malarrimo y El Queen (Fig. 8). Estos campos pesqueros fueron seleccionados por ser las principales sitios de extracción de pulpo por la cooperativa La Purisima S.C. de R.L.

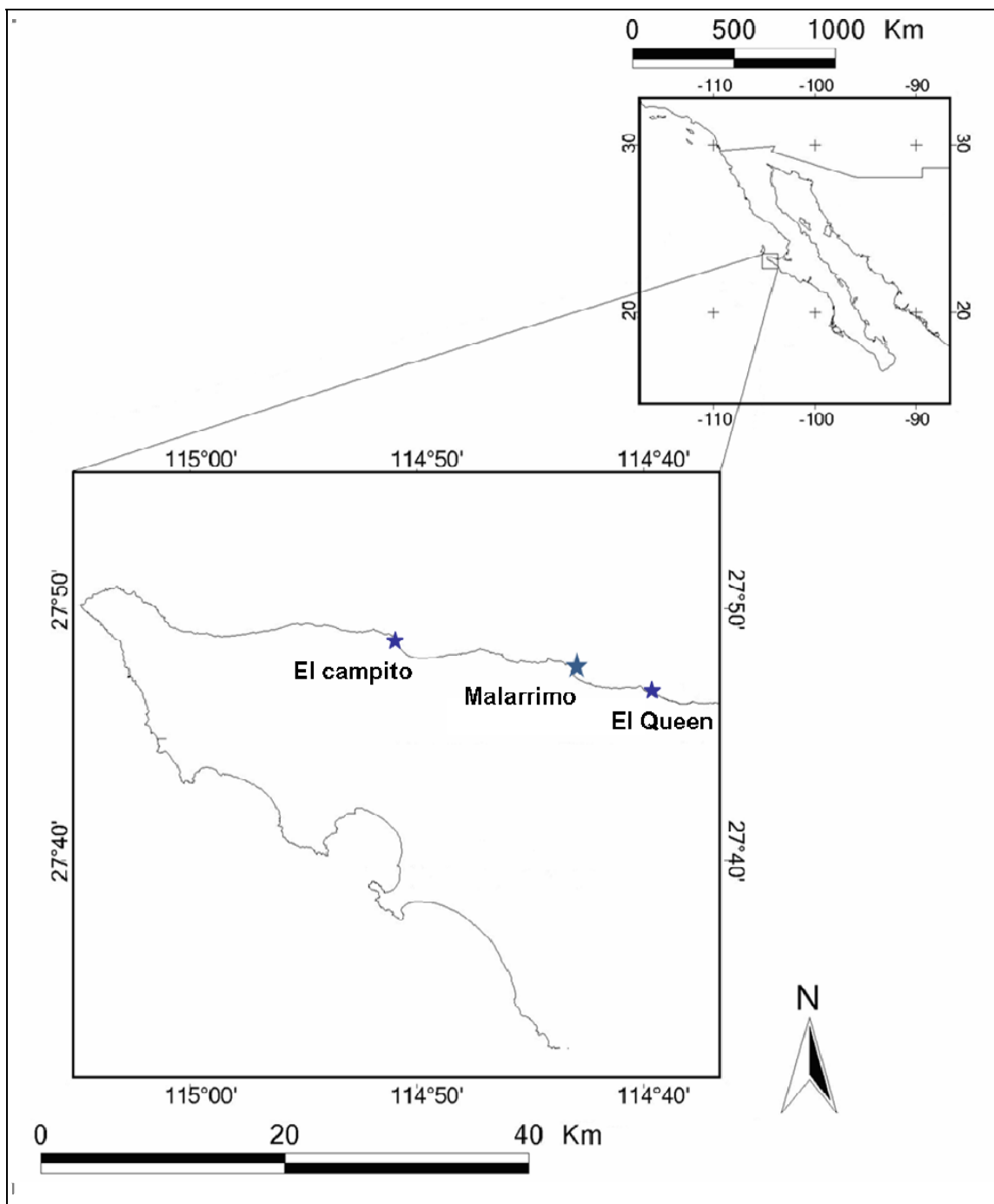


Figura 8. Campos pesqueros de donde se obtuvieron las muestras de *O. bimaculatus* en la costa de bahía Sebastián Vizcaíno.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un análisis preliminar de los avisos de arribo de pulpo de las oficinas de pesca de B.C.S. para identificar las localidades de mayor abundancia del recurso y la temporalidad de extracción. Con dicha información se definió la localidad y temporalidad de muestreo. Posteriormente se estableció contacto con la cooperativa pesquera (Sociedad Cooperativa La Purísima S.C). Finalmente se realizaron los trámites necesarios para contar con la colaboración y permisos necesarios para llevar a cabo los correspondientes muestreos.

6.1. TRABAJO DE CAMPO

Con colaboración de los pescadores de la Sociedad Cooperativa La Purisima se realizaron muestreos mensuales durante el periodo de noviembre de 2007 a octubre de 2008 (a excepción de los meses de febrero, junio y agosto por causas ajenas al proyecto) y uno mas en febrero de 2009, a partir de la pesca comercial de tres campos pesqueros al sur de Bahía Sebastián Vizcaíno (El Campito, Malarrimo, El Queen). Cuando la pesca era elevada se realizaron muestreos masivos.

De cada muestreo se procesaron, de manera aleatoria, alrededor de 30 ejemplares (con excepción de los meses de julio, septiembre y octubre debido a que la pesca fue escasa) a los cuales se les tomó la longitud del manto (LM) (± 5 mm) (Fig. 9), el peso

total (PT) (± 100 g), el sexo y finalmente se les extrajo la gónada y la glándula digestiva. Éstos órganos se pesaron por separado con una balanza gravimétrica con una precisión de ± 0.01 g. Finalmente la gónada fue fijada en solución Davidson sin ácido acético (Anexo II) para su posterior procesamiento histológico. En los meses de enero, marzo, abril y mayo de 2008 se realizaron muestreos biológicos masivos (de más de 50 individuos) para tomar solamente las biometrías (LM, PT y sexo).

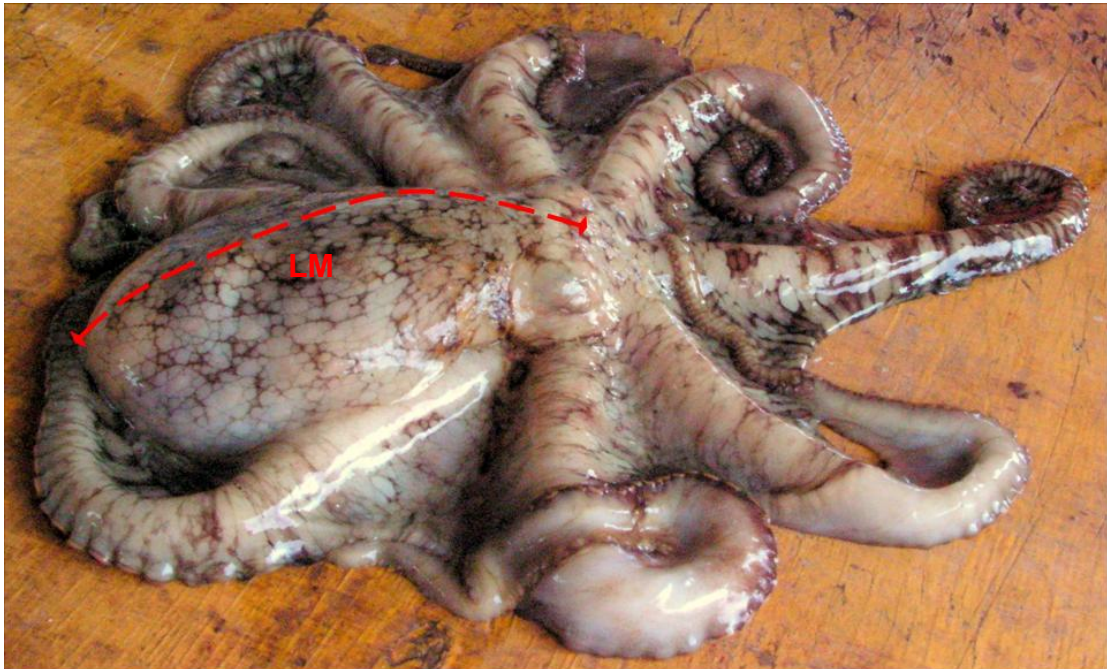


Figura 9. *O. bimaculatus*; LM: Longitud del Manto (Original, Oswaldo Rodríguez).

6.1.2. Determinación de la especie

Mediante las claves de identificación de la FAO (Roper *et al.* 1995) para las especies presentes en el Pacífico Oriental y las características propuestas por Hochberg (com. pers.) (forma del ocelo y patrón de la coloración de la piel) se identificó *Octopus*

bimaculatus como la especie explotada en Bahía Sebastián Vizcaíno B.C.S. siendo evidencia de ello la presencia de ocelos con forma de estrella (Fig. 10).

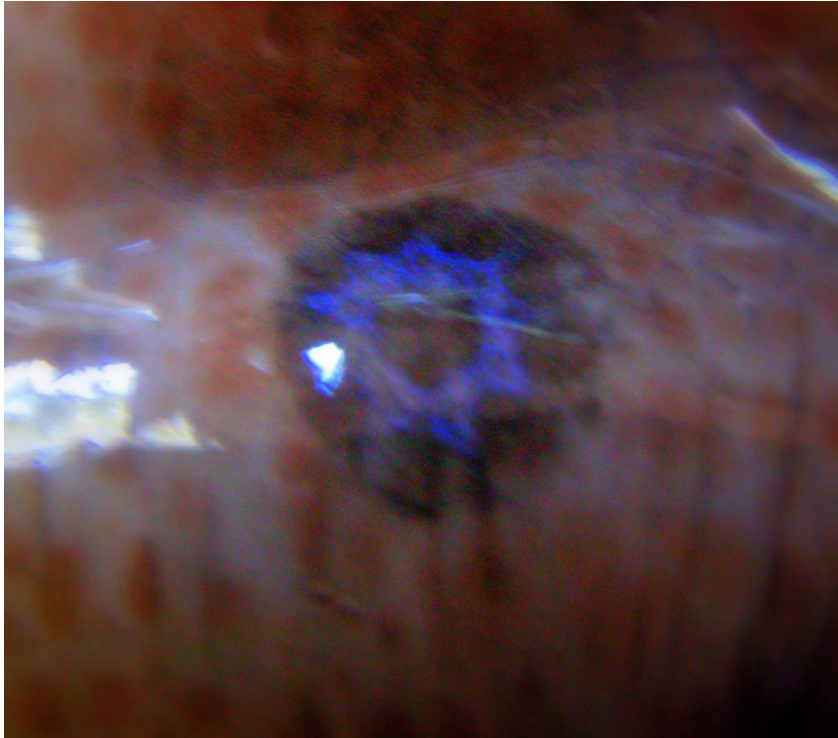


Figura 10. Ocelo característico de *Octopus bimaculatus* (Fotografía: Oswaldo Rodríguez).

6.2. TRABAJO DE LABORATORIO

6.2.1. Biología Reproductiva

6.2.1.1. Determinación de estadios de madurez

La biología reproductiva se caracterizó de manera cualitativa y cuantitativa mediante análisis histológicos de las gónadas. Para esto, las gónadas, previamente fijadas en solución Davidson, fueron preparadas para realizar cortes histológicos (Anexo III) a 4

µm de grosor, y se les aplicaron técnicas convencionales de tinción Hematoxilina-Eosina (Anexo IV). Las laminillas fueron observadas en un microscopio compuesto y se seleccionaron 5 regiones para ser fotografiadas con un sistema de fotografía digital compuesto por una cámara digital CoolSNAP-Proo® integrada al microscopio y el paquete computacional Image Pro Plus (Versión 4.5.29©). Posteriormente se revisaron las fotografías, con el mismo paquete computacional, para la asignación de los estadios de madurez.

Debido a las semejanzas encontradas entre las células reproductoras femeninas de peces marinos y pulpos, se decidió hacer una clasificación de los diferentes estadios de desarrollo ovocitario tomando en cuenta la clasificación propuesta por Wallas & Selman 1981 para peces y las descripciones hechas por Rodríguez-Rúa (2005) (Anexo V) para *Octopus vulgaris*, por Jiménez-Badillo *et al.* (2008) para *Octopus maya* y Castellanos-Martínez (2008) para *Octopus bimaculatus*.

Posteriormente, se hizo la medición de los ovocitos en los que el núcleo era visible, con el programa SigmaScan (Versión 5.0.0 ©). Se procuró medir al menos 90 ovocitos por hembra, en el caso de las hembras maduras no era posible debido al tamaño de los ovocitos. En lo que respecta a los machos fue difícil establecer el estadio de desarrollo ya que la clasificación de los diferentes estadios espermatogénicos no quedaba muy clara en las imágenes de los cortes histológicos, por lo que no se realizó.

6.2.2. Caracterización del hábitat

Se obtuvieron las variaciones mensuales de Temperatura Superficial del Mar (TSM; sensor MODIS_aqua) y Producción Primaria Neta (PPN; sensor SeaWiFS) en Bahía Sebastián Vizcaíno correspondientes al periodo del muestreo (noviembre 2007 – febrero 2009) con datos proporcionados por la Dra. Mercedes Marlenne Manzano Sarabia (en los meses de enero, febrero y julio de 2008 no se obtuvieron datos de PPN debido a fallas en el sensor).

6.2.3. Procesamiento de Datos

6.2.3.1. Proporción de sexos, crecimiento y talla de madurez

La proporción de sexos se determinó para cada muestreo y para todo el ciclo muestreado, mediante la prueba de distribución ji-cuadrada (Ecuación 1) se determinó si la proporción era significativamente diferente de 1:1 (M:H) (Zar 1999).

Ecuación 1. Distribución ji-cuadrada:

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

Donde:

X^2 = ji-cuadrada.

O = proporción observada

E = proporción esperada

La relación Peso Total-Longitud de Manto (PT-LM) se hizo mediante la ecuación potencial (ecuación 2), en el cual se determina como crecimiento isométrico cuando “b” es igual o muy cercano a 3 y alométrico cuando “b” es menor que 3 (Ávila-Poveda *et al.* 2009)

Ecuación 2. Ecuación potencial

$$y = ax^b$$

y = PT en gramos.
x = LM en milímetros.

Se hicieron intervalos de 1.5 cm de LM a partir de la talla del organismo maduro más pequeño hasta la talla más grande y se sacó su frecuencia relativa acumulada. Con estos datos se trazó una curva con el modelo logístico (Ecuación 3) (Silva *et al.* 2002) con el programa CurveExpert 1.3© y se estableció como talla de madurez la talla a la que se encontró el 50% de los individuos maduros.

Ecuación 3. Modelo logístico:

$$y = \frac{a}{1 + b * \exp^{-cx}}$$

y = Frecuencia relativa acumulada.
x = LM en milímetros

6.2.3.3. Índices morfológicos

Se estimó el índice gonadosomático (IGS) (Ecuación 4) como una aproximación de la madurez. La condición se determinó mediante el índice de la glándula digestiva (IGD) (ecuación 5). Ambos índices utilizados por Fernández-Rueda *et al.* (2007) para *O. vulgaris*.

Ecuación 4. Índice gonadosomático:

$$IGS = \left(\frac{PG}{PT - PG} \right) * 100$$

Donde:

IGS = Índice gonadosomático

PG = Peso de la gónada (g)

PT = Peso total del organismo (g)

Ecuación 5. Índice de la Glándula Digestiva:

$$IGD = \left(\frac{PGD}{PT - PGD} \right) * 100$$

Donde:

IGD = Índice de la Glándula Digestiva

PGD = Peso de la Glándula Digestiva (g)

PT = Peso Total del organismo (g)

6.3. ANÁLISIS DE ESTADÍSTICOS

Se realizaron pruebas *a priori* de normalidad (pruebas de Kolmogorov-Smirnov) y homocedasticidad (prueba de Levene) (Zar 1999). Debido a que los datos no cumplieron con el supuesto de homocedasticidad se procedió a hacer un Análisis de Varianza (ANOVA) no paramétrico (prueba Kruskal-Wallis) para observar las diferencias significativas entre meses y sexos de los parámetros medidos (LM, PT, PGD, PG, IGD, IGS). Todos estos análisis se realizaron con el paquete STATISTICA 7.0 StatSoft ©.

7. RESULTADOS

7.1 Razón sexual

Durante el periodo de muestreo, noviembre 2007-octubre 2008 con un muestreo extra en febrero de 2009 (Cabe señalar que los meses de junio, julio y agosto no se obtuvieron pulpos en las trampas debido a que el pulpo se “encueva”, tal y como los pescadores mencionan, y como se comprobó con el muestreo de julio, en el cual solo se obtuvo un organismo de varias trampas tiradas) se obtuvieron un total de 490 organismos, de los cuales 220 fueron hembras (45%) y 270 machos (55%).

La proporción de sexos total encontrada fue de 1.0H:1.2M ($\chi^2=5.102$, $p=0.0239$). En general, la mayor parte de los meses mostraron una proporción 1H:1M ($p > 0.05$) con excepción de los meses de mayo y septiembre de 2008 donde hubo un notable dominio de machos (Tabla I).

Tabla I. Tamaño de muestra (n) para cada uno de los parámetros medidos y razón sexual mensual y total de *O. bimaculatus* en Bahía Sebastián Vizcaíno en el periodo noviembre 2007 – febrero 2009.

Mes	HEMBRAS							MACHOS							RAZÓN SEXUAL		
	n	n de LM	n de PT	n de PG	n de PGD	n de IGS	n de IGD	n	n de LM	n de PT	n de PG	n de PGD	n de IGS	n de IGD	Razón.	Ji ²	P
Nov-07	27	25	25	25	25	25	25	39	39	39	39	39	39	39	1.0:1.4	2.18	<0.1396
Dic-07	20	20	20	20	20	20	20	23	23	23	23	23	23	23	1.0:1.1	0.21	<0.6473
Ene-08	44	44	44	12	12	12	12	56	56	56	17	18	17	18	1.0:1.3	1.44	<0.2301
Mar-08	30	29	29	13	13	12	12	36	36	36	20	19	19	19	1.0:1.2	0.55	<0.4602
Abr-08	54	54	54	18	18	18	18	46	46	46	18	18	18	18	1.0:0.9	0.64	<0.4237
May-08	20	20	20	16	16	16	16	36	36	36	16	16	16	16	1.0:1.8	4.57	<0.0325
Jul-08	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0.0:1.0	-	-
Sep-08	3	3	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	10	10	1.0:3.3	3.77	<0.0522
Oct-08	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	1.0:0.6	0.50	<0.4795
Feb-09	17	17	17	14	14	14	14	20	20	20	18	18	18	18	1.0:1.2	0.24	<0.6219
Total	220	217	217	126	126	125	125	270	270	270	165	165	164	165	1.0:1.2	5.102	<0.0239

7.2 Longitud de manto y peso total de *O. bimaculatus*.

Las tallas de los pulpos se encontraron entre los 70.0 y 190.0 mm de Longitud del Manto (LM) y el Peso Total (PT) vario de 100 a 2,200 g (Tabla II). Mediante los análisis estadísticos se encontró que existen diferencias significativas entre sexos (Tabla III) en estos dos parámetros, por lo que las comparaciones mensuales se hicieron por separado para hembras y para machos.

Tabla II. Media (μ) y desviación estándar (DE) de la Longitud del Manto (LM) y Peso Total (PT).

	LM (mm)			PT (g)		
	n	μ	DE	n	μ	DE
Hembras	217	121.8	± 21.5	217	673.79	± 365.73
Machos	270	107.8	± 16.3	270	521.33	± 262.10
Totales	487	114.0	± 20.0	487	589.27	± 321.29

Tabla III. Análisis de Kruskal-Wallis entre sexos. N: Tamaño de la muestra; H: Estadístico; P: Probabilidad al 95% de confianza.

	N	H	P
LM	486	53.229	<0.00
PT	486	21.375	<0.00

La relación PT/LM mediante la ecuación potencial indicó que esta especie tienen un crecimiento de tipo alométrico, siendo más marcado en hembras ($b=1.63$, $r=0.51$, $n=220$, $\alpha=95\%$) (Fig. 11) que en machos ($b=2.08$, $r=0.57$, $n=270$, $\alpha=95\%$) (Fig. 12).

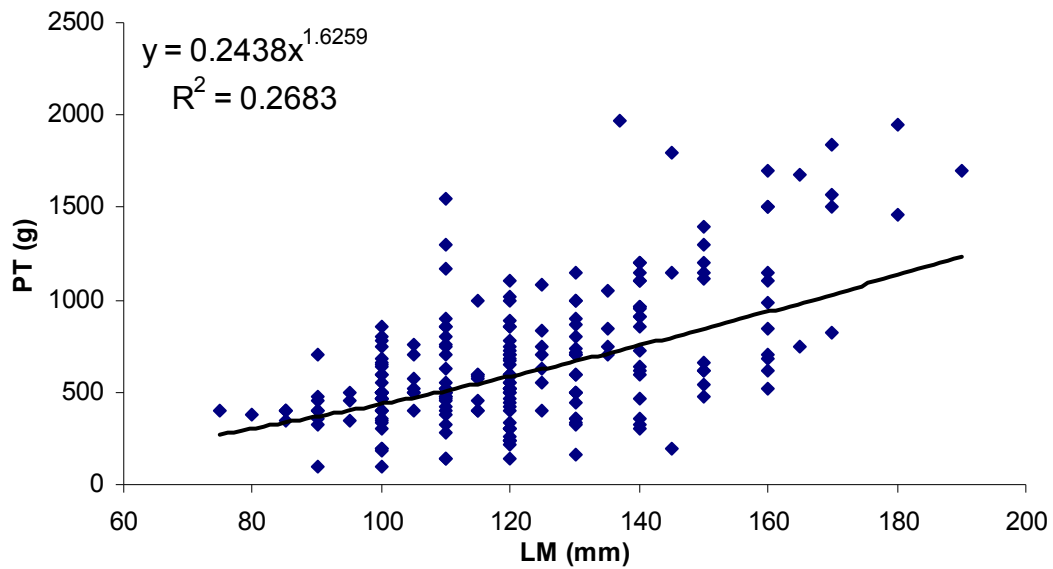


Figura 11. Relación PT/LM de hembras de *O. bimaculatus*.

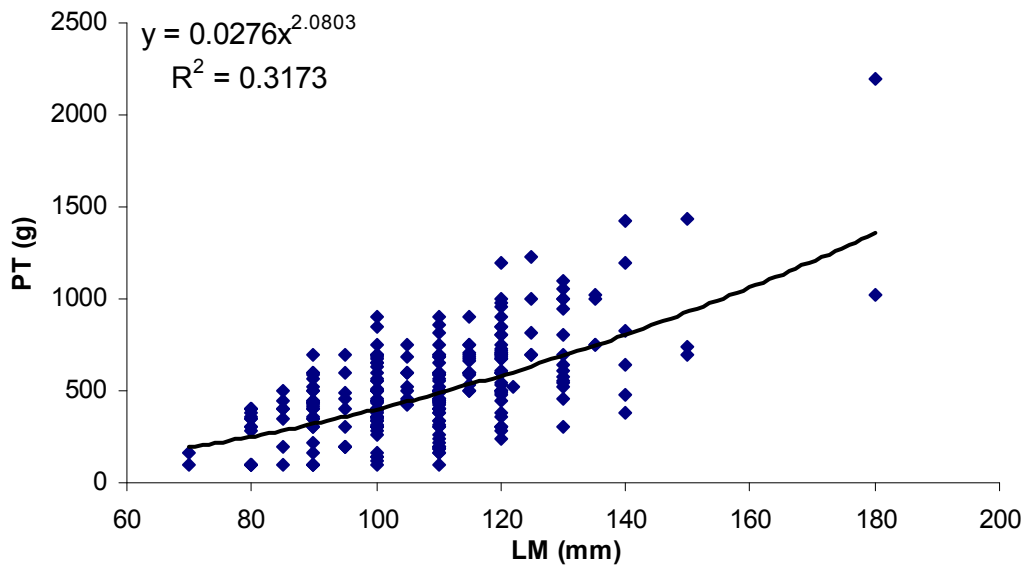


Figura 12. Relación PT/LM de machos de *O. bimaculatus*.

La figura 13 muestra la Longitud de Manto (LM) de ambos sexos, donde se puede observar que los organismos de mayor talla se hallaron en diciembre 2007, enero, abril y octubre de 2008, este último con un intervalo muy amplio, los valores más

bajos se observan en noviembre 2007, marzo y mayo 2008. Se observa que hay un crecimiento (LM) de noviembre 2007 a enero 2008 (mes en el que se presenta un ligero pico reproductivo) pero en marzo 2008 se encontraron tallas más pequeñas, vuelven a observarse organismos de tallas grandes en abril y finalmente en mayo (mes con el pico reproductivo más alto) vuelven a aparecer organismos de tallas medianas, similares a las de noviembre y marzo. En meses de junio, julio y agosto no se obtuvieron pulpos en las trampas. En lo que respecta al Peso Total (PT) (Fig. 14) se observa cierta estabilidad de este peso en los meses de noviembre 2007 a enero 2008, y empieza a descender de abril a mayo, siendo marzo el mes que presenta los pesos más bajos, posterior a lo cual se observa nuevamente un incremento en los meses de septiembre-octubre 2008 y febrero 2009.

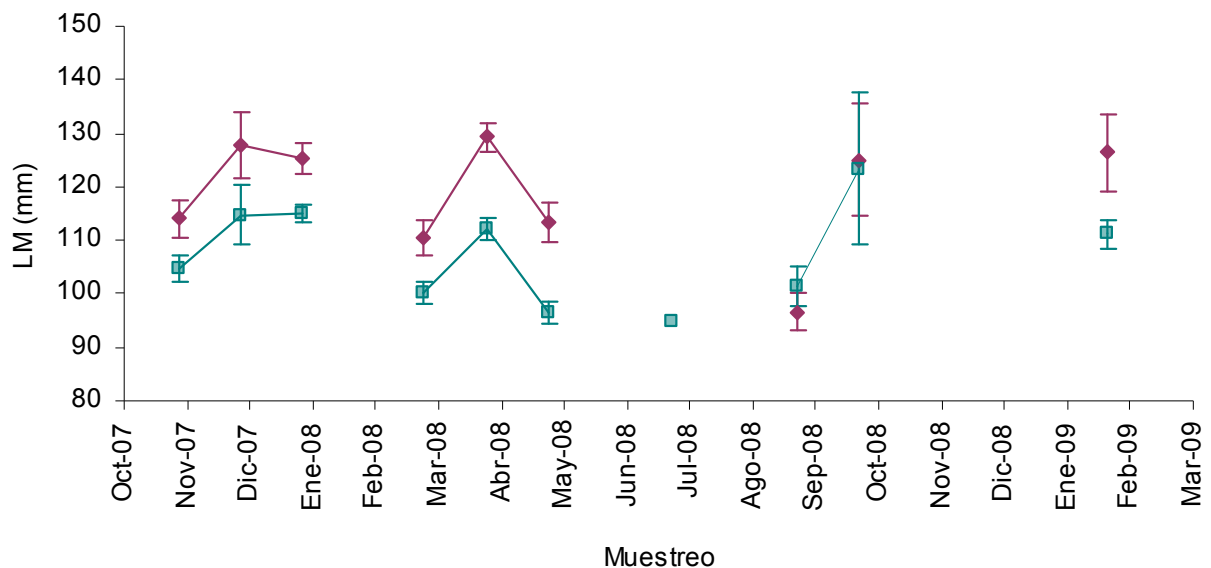


Figura 13. Promedio mensual de Longitud del Manto (LM) mensual de *O. bimaculatus* en Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C.S. en el periodo noviembre 2007– febrero 2009. Hembras (■) (Prueba Kruskal-Wallis: N=217; H=33.45; p=0.0001); machos (□) (Prueba Kruskal-Wallis: N=269; H=52.53; p=0.0000)

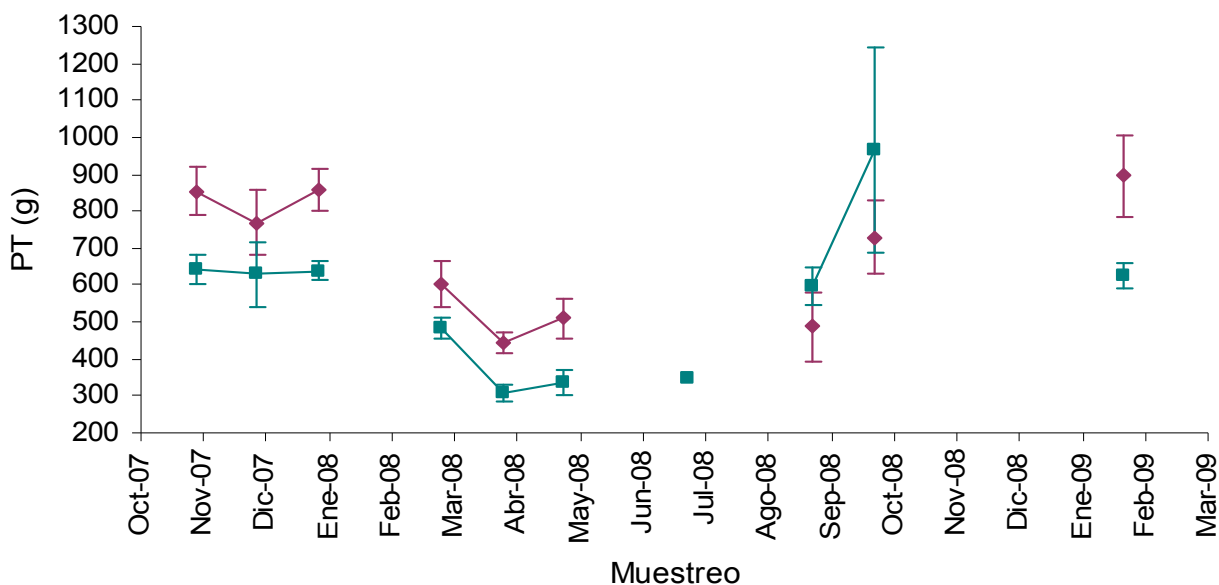


Figura 14. Promedio mensual de Peso Total (PT) de *O. bimaculatus* en Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C.S. en el periodo noviembre 2007– febrero 2009. Hembras (■) (Prueba Kruskal-Wallis: N=217; H=64.65; p=0.0000); machos (□) (Prueba Kruskal-Wallis: N=269; H=107.30; p=0.000).

7.3 Peso de gónada e índice gonadosomático de *O. bimaculatus*.

El peso de las gónadas (PG) fluctuó entre 0.4 y 229.6 g, por su parte, el índice gonadosomático (IGS) se encontró entre 0.12 y 22.89, ambos fueron significativamente diferente entre sexos (Prueba Kruskal-Wallis de PG: N=288; H=27.94; P<0.00; Prueba Kruskal Wallis de IGS: N=290; H=15.11383; P<0.00) (tabla IV). Se observó una tendencia a incrementar el IGS en los meses de noviembre de 2007 a mayo de 2008, siendo éste último el mes en el que se presentó el pico más alto. Posteriormente, decae drásticamente en septiembre de 2008 (Fig. 15).

Tabla IV. Media (μ) y desviación estándar (DE) del Peso de la Gónada (PG) e Índice Gonadosomático (IGS).

	PG (g)			IGS		
	n	μ	DE	n	μ	DE
Hembras	126	18.98	± 33.09	125	2.50*	± 3.75
Machos	165	11.4	± 5.59	163	2.46*	± 2.18
Total	291	14.69	± 22.45	288	2.48	± 2.96

* Diferentes estadísticamente.

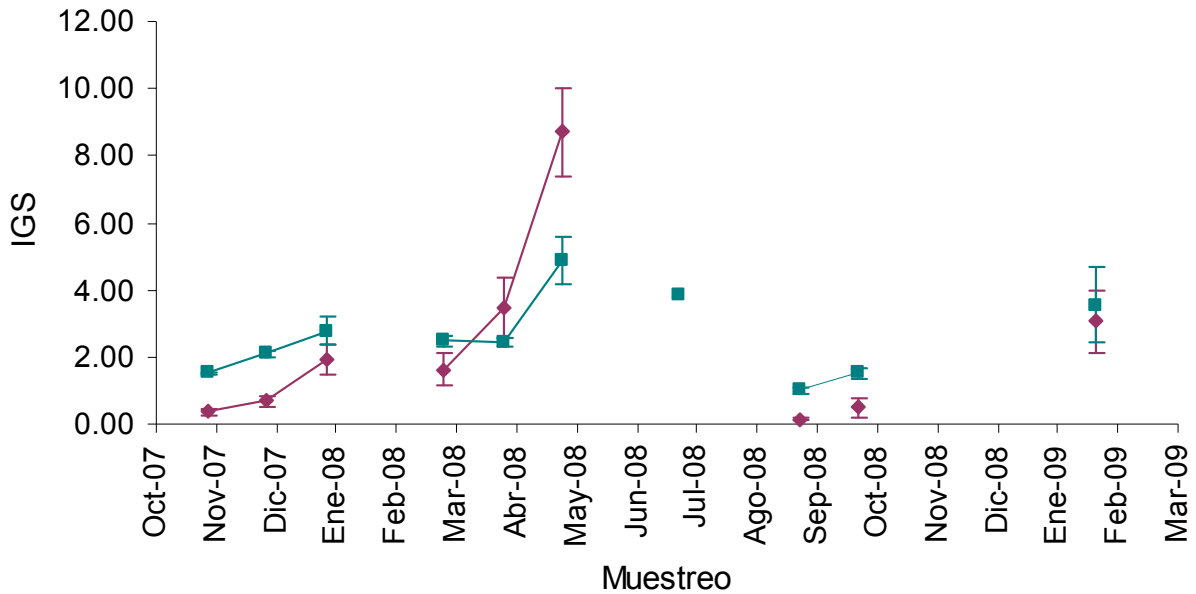


Figura 15. Promedio mensual de Índice Gonadosómico (IGS) de *O. bimaculatus* en Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C.S. en el periodo noviembre 2007– febrero 2009. Hembras (■) (N=125; H=84.50; p=0.0000); machos (□) (N=164; H=96.68; p=0.0000).

7.4 Peso de la glándula digestiva e índice de la glándula digestiva.

El peso de la glándula digestiva fluctuó entre 4.2 y 127 g y fue diferente entre sexos (Kruskal-Wallis: N= 290 H=54.64; p<0.00) (Tabla V); el IGD presentó un valor mínimo de 1.06 y un máximo de 14.03 y fue diferente entre sexos (Prueba Kuskal-Wallis: N=289; H=39.91; p<0.00) (Tabla V). Se encontraron dos picos de IGD, uno pequeño en diciembre de 2007 y otro más alto en mayo de 2008 (Fig. 16).

Tabla V. Media (μ) y desviación estándar (DE) del Peso de la Glándula (PGD) e Índice de la Glándula Digestiva (IGD).

	PGD (g)			IGD		
	n	μ	DE	n	M	DE
Hembras	126	35.17*	±22.96	125	5.1*	±1.88
Machos	165	20.29*	±12.52	164	3.9*	±1.81
Total	291	26.73	±19.25	289	4.5	±2.98

* Diferentes estadísticamente.

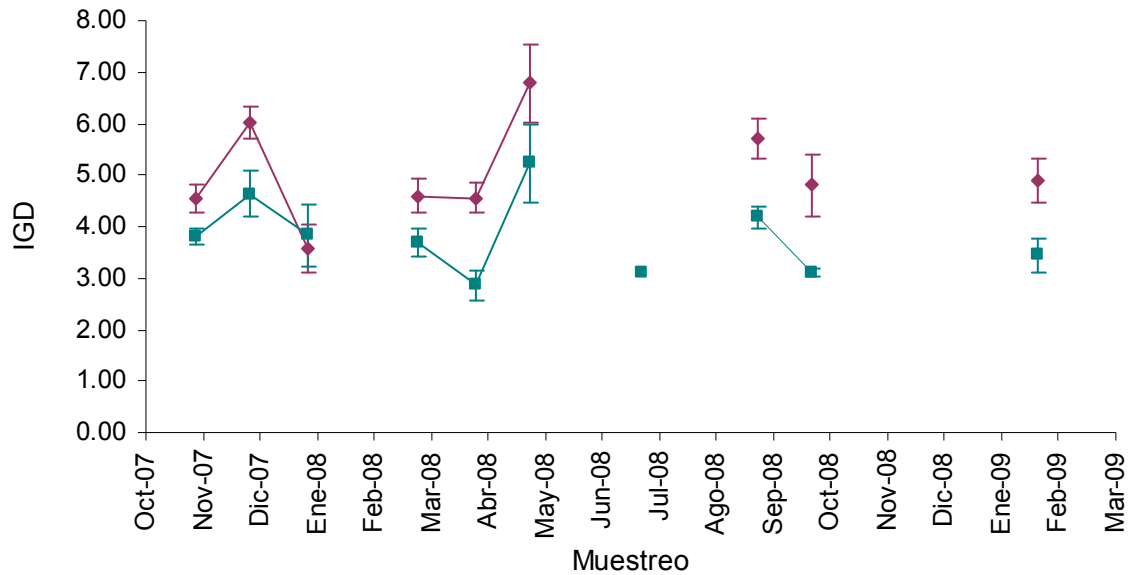


Figura 16. Promedio mensual de Índice de la Glándula Digestiva (IGD) de *O. bimaculatus* en Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C.S. en el periodo noviembre 2007– febrero 2009. Hembras (■) (N=125; H=28.82; p=0.0003); machos (□) (N=164; H=21.32; p=0.0064).

7.5 Histología reproductiva de los ovarios

Se caracterizaron 4 estadios ováricos y 8 subestadios ovocitarios (Tabla IV; Fig. 17-25). Las características morfológicas para asignar los estadios de desarrollo ovárico o gonádico de las hembras consideraron varios aspectos, incluyendo los tipos celulares: ovogonia, previtelogénicos, con tres subestadios: nucleolo cromatina, perinucleolo temprano y perinucleolo tardío; vitelogénicos tempranos, con dos subestadios: vitelogénicos con inclusiones lipídicas y con gránulos lipídicos; vitelogénicos avanzados y ovocitos maduros. Además, se consideró la abundancia del estroma ovárico, el grosor de las capas foliculares de los ovocitos durante la foliculogénesis, las invaginaciones de estas células, y la presencia de inclusiones lipídicas en el ovoplasma.

Se observó que hay crecimiento del ovocito y una reproducción de células foliculares muy acelerada durante el proceso de vitelogénesis lo que produce pliegues durante el proceso en ésta etapa (Boyle & Knobloch 1983; Boyle & Rodhouse 2005; Rodríguez-Rúa *et al.* 2005). De acuerdo a lo mencionado por Wallas & Selman (1981), en los ovocitos previtelogénicos ocurren cambios en el núcleo, pues hay una etapa inicial en la que solo se encuentra un nucleolo y gránulos de cromatina dispersos por el nucleoplasma. Posterior a esto existen dos estadios perinucleares, un estadio perinuclear temprano, en el cual el ovoplasma aumenta y existen varios nucleolos en la periferia; y otro estadio perinuclear tardío, en éste, el núcleo se ve muy redondo y presenta de uno a dos nucleolos muy visibles, orientados hacia la membrana nucleoplasmática. A diferencia de cómo se observa en peces, al parecer los pulpos todavía no inician la acumulación de lípidos, es probable que la estrategia de los pulpos sea utilizar la energía para la producción de células foliculares para acelerar el proceso de vitelogénesis (Boyle & Rodhouse 2005), como se observa en los estadios subsecuentes.

La vitelogénesis, se dividió en dos fases: la temprana y la tardía. En la vitelogénesis temprana existen dos estadios, en el primero, el ovocito presenta inclusiones lipídicas, caracterizado por la presencia de pequeñas vacuolas de color blanco con la tinción H-E, el núcleo puede o no observarse, pero esto depende meramente de la ubicación del mismo en relación a la zona donde se hizo el corte, no significa que haya desaparecido. La célula se torna pedunculada y se inicia la formación de la

doble capa folicular en la parte más próxima al tejido conjuntivo, que es el origen de estas células, inicia la invaginación de las células foliculares. Al avanzar en el desarrollo de la vitelogénesis se forman gránulos lipídicos, el núcleo se encuentra en posición totalmente excéntrica y se observan invaginaciones en el ovocitos, éste estadio se denominó vitelogénico con gránulos de vitelo, que es la segunda fase de los ovocitos vitelogénicos tempranos. De acuerdo a Boyle y Rodhouse (2005), las invaginaciones son provocadas por el aumento tan acelerado en el número de células foliculares.

En el estadio de vitelogénicos avanzados, las invaginaciones foliculares se reducen, esto debido al aumento en la densidad de los gránulos de vitelo (Boyle & Rodhouse 2005) cabe mencionar que en este estadio ya se tiñen de azul los lípidos presentes en el ovocito con la técnica Sudan-Negro (SN) y el núcleo deja de ser visible. El último estadio observado fue el de ovocitos maduros, el cual no se diferencio de lo descrito anteriormente (Boyle & Rodhouse 2005; Rodríguez-Rúa *et al.* 2005).

Tabla VI. Descripción de los diferentes estadios ováricos y subestadios ovocitarios de *O. bimaculatus* en Bahía Sebastián Vizcaíno, Baja California Sur, México.

Estadios ováricos	Subestadios ovocitarios	Descripción
	<u>Ovogonia</u>	Célula con muy escaso citoplasma, con un nucleolo de gran tamaño que se encuentra inmerso en el tejido conjuntivo (fig. 9).
I: Crecimiento primario (previtelogénesis) Se caracteriza por la presencia de ovocitos perinucleolos tardíos como desarrollo ovocitario más avanzado y predominante.	Nucleolo cromatina	La célula es eosinofila, con poco citoplasma. Se encuentra todavía unida al tejido conjuntivo, en la parte externa de éste. El núcleo presenta un solo nucleolo así como gránulos de cromatina distribuida por todo el nucleoplasma.
	Perinucleolo temprano	Hay un incremento del volumen del ovoplasma y se observan varios nucleolos orientados hacia la periferia.
	Perinucleolo tardío	El núcleo se vuelve muy redondo presentando de uno a dos nucleolos muy visibles orientados hacia la membrana del nucleoplasma. Se alcanzan a ver algunas células foliculares alrededor.
II: Crecimiento secundario (vitelogénesis temprana) Predominancia de ovocitos vitelogénicos tempranos.	Vitelogénico con inclusiones lipídicas	Se observan pequeñas vacuolas o inclusiones lipídicas de color claro en la tinción H-E. Se observa el núcleo con o sin nucleolo. El ovocito toma una forma pedunculada con una doble membrana folicular que se observa de forma más clara en la parte más próxima al tejido conjuntivo. Se inicia la invaginación de las células foliculares.
	Vitelogénico con gránulos lipídicos	El ovocito toma una forma alargada. Se observan las invaginaciones de las células foliculares de forma muy marcada y el núcleo se encuentra en una posición totalmente excéntrica dentro del ovocito. Se observan claros gránulos lipídicos.

<p>III: Crecimiento terciario (vitelogénesis tardía)</p>	<p>Vitelogénico con gránulos de vitelo densos</p>	<p>Las invaginaciones de las células foliculares se hace menos pronunciadas y hay una mayor densidad de gránulos de vitelo. Los lípidos se tiñen de color azul con la tinción de Sudan-Negro (SN). El núcleo deja de ser visible.</p>
<p>Predominancia de ovocitos vitelogénicos tardíos.</p>		
<p>IV: Madurez (proceso posvitelogénico)</p>	<p>Ovocito maduro</p>	<p>El ovocito está completamente lleno de vitelo, se tiñe completamente azul con la técnica SN. La capa de células foliculares se vuelve más delgada y el número de invaginaciones se reduce y se vuelven menos pronunciadas. La célula toma una forma ovoide.</p>
<p>Predominancia de ovocitos maduros.</p>		

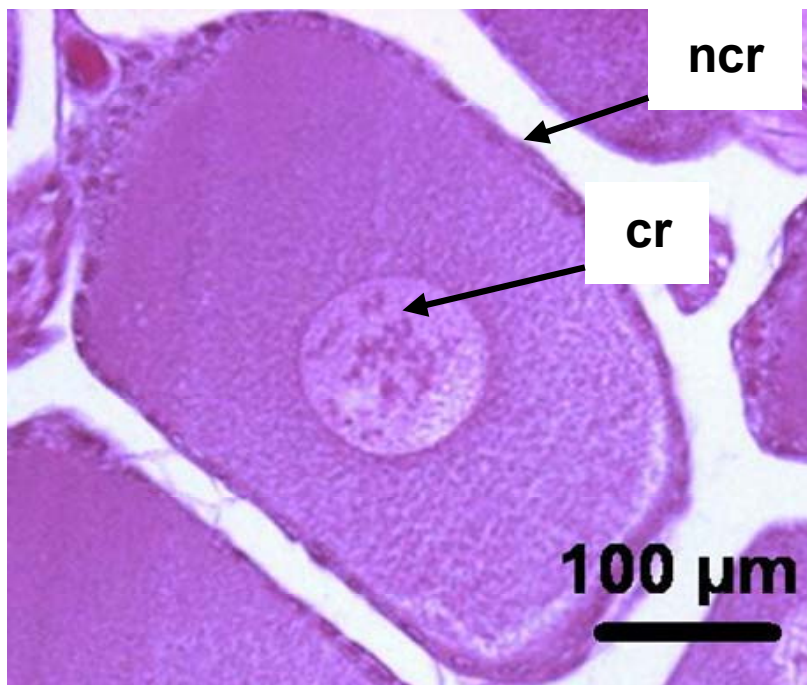


Figura 17. Corte histológico de ovario de *Octopus bimaculatus*. Tinción H-E. Ovocito nucleolo cromatina (ncr); cromatina (cr).

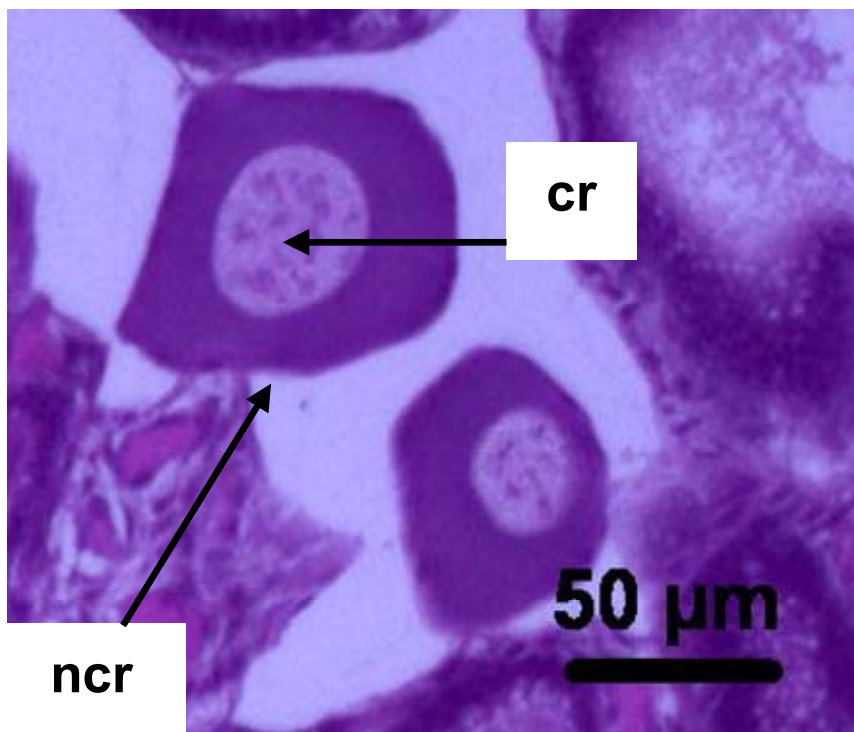


Figura 18. Corte histológico de ovario de *O. bimaculatus*. Tinción H-E. Ovocito nucleolo-cromatina (ncr); cromatina (cr)

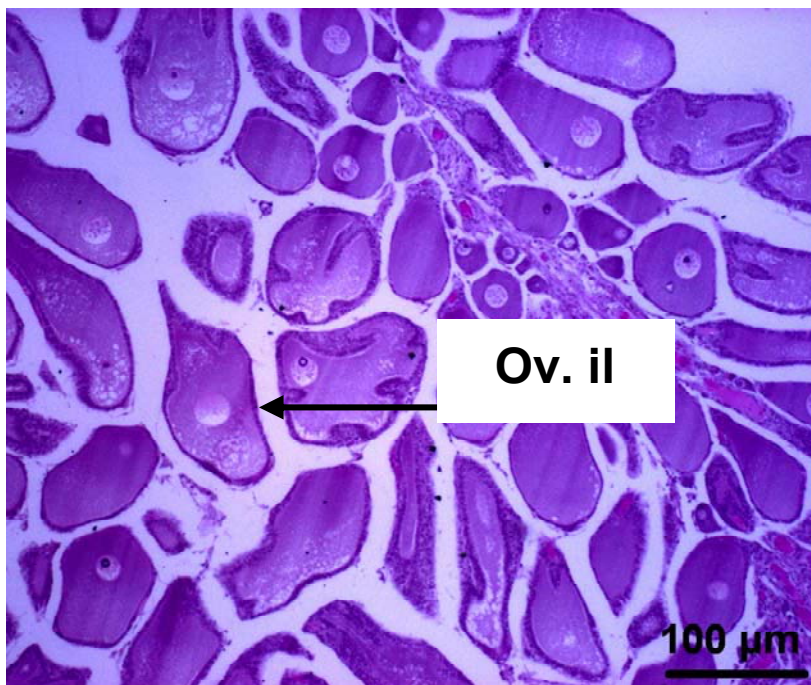


Figura 19. . Corte histológico de ovario de *O. bimaculatus*. Tinción H-E. Ovocito con inclusiones lipídicas (Ov. il).

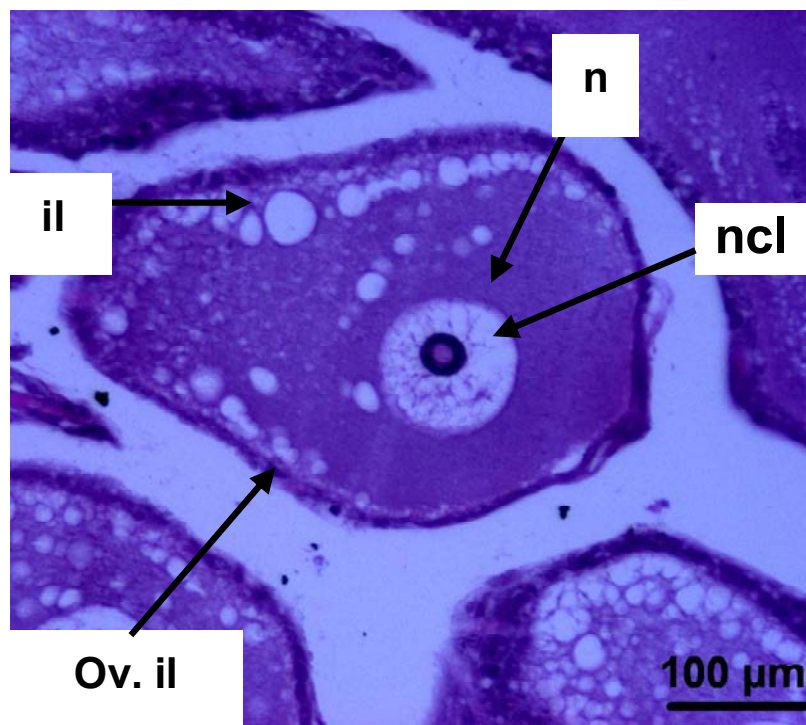


Figura 20. Corte histológico de ovario de *O. bimaculatus*. Tinción H-E. Ovocito con inclusiones lipídicas (Ov. il); Núcleo (n); Nucleolo (ncl); inclusiones lipídicas (il).

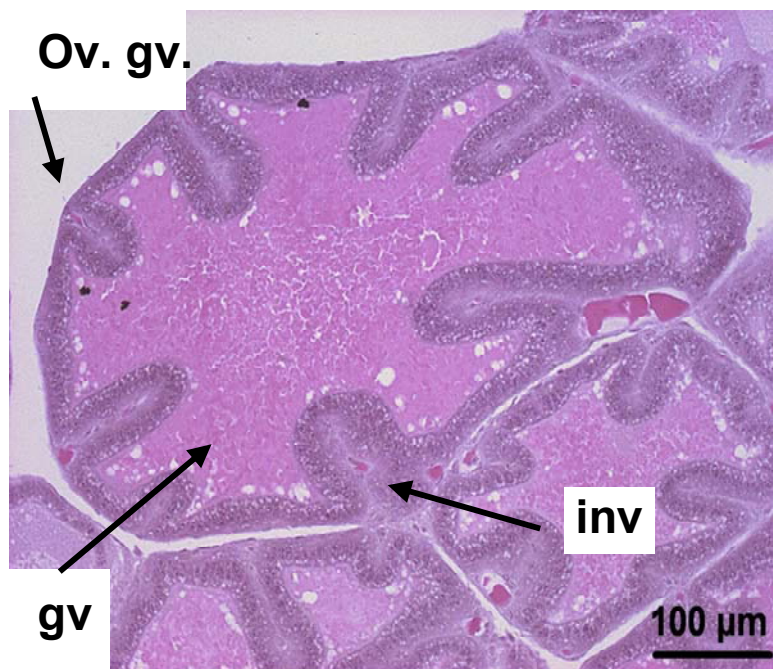


Figura 21. Corte histológico de ovario de *O. bimaculatus*. Tinción H-E. Ovocito con granulos de vitelo (Ov. gv); granulos de vitelo (gv); invaginaciones (inv).

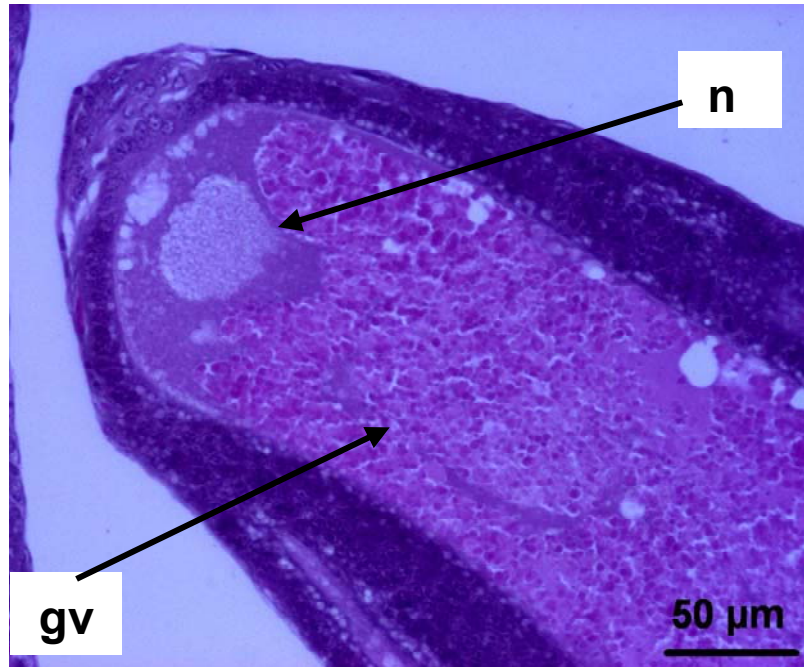


Figura 22. Corte histológico de ovario de *O. bimaculatus*. Tinción H-E. Ovocito con gránulos de vitelo denso (gv); núcleo (n).

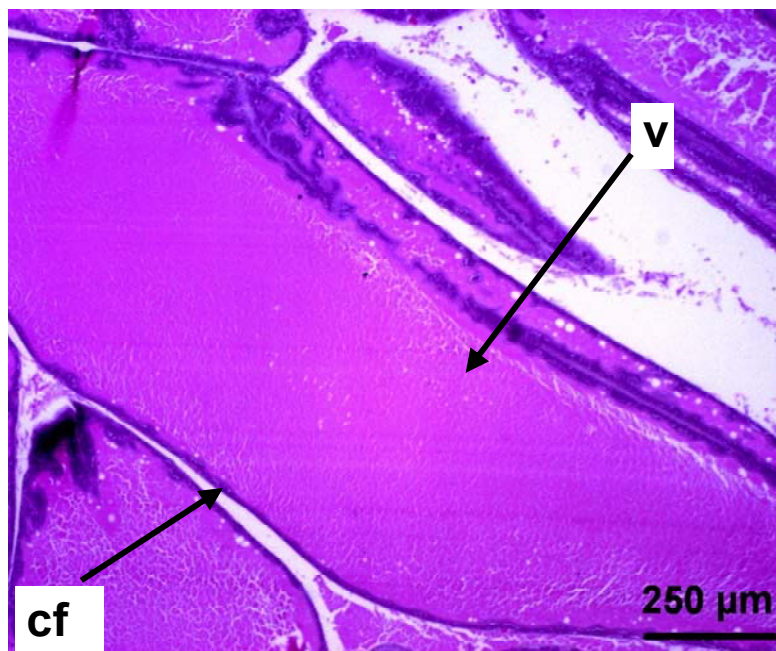


Figura 23. Corte histológico de ovario de *O. bimaculatus*. Tinción H-E. Ovocito completamente lleno de vitelo (v); capa de células foliculares (cf).

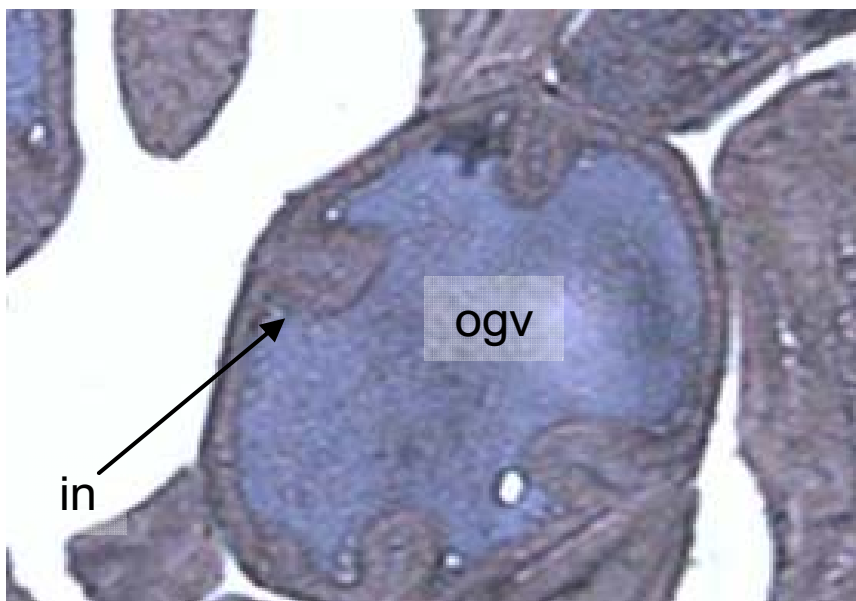


Figura 24. Corte histológico de ovario de *O. bimaculatus*. Tinción S-N. Aumento 04x. Ovocito con gránulos de vitelo (ogv) invaginaciones de células foliculares de forma más regular (in).

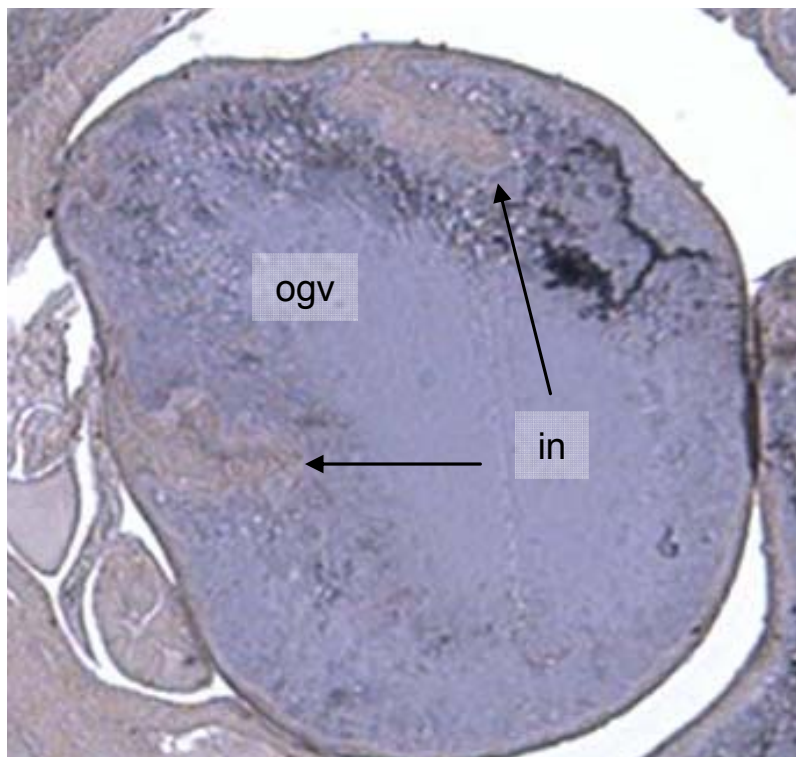


Figura 25. Corte histológico de ovario de *O. bimaculatus*. Tinción SN. Aumento 04x. Ovocito maduro (om). Invaginaciones de células foliculares menos marcadas y en menor número (in).

Se determinaron como hembras maduras aquellas que presentaban gónadas en estadio IV. Se encontraron hembras maduras en un amplio el intervalo de tallas (LM), sin embargo el intervalo de talla de 110 a 150 mm de LM es el que presentó la mayor proporción de hembras maduras (Fig. 26). Por otro lado, la talla de madurez se estimó en 112.38 mm de LM (Fig. 27).

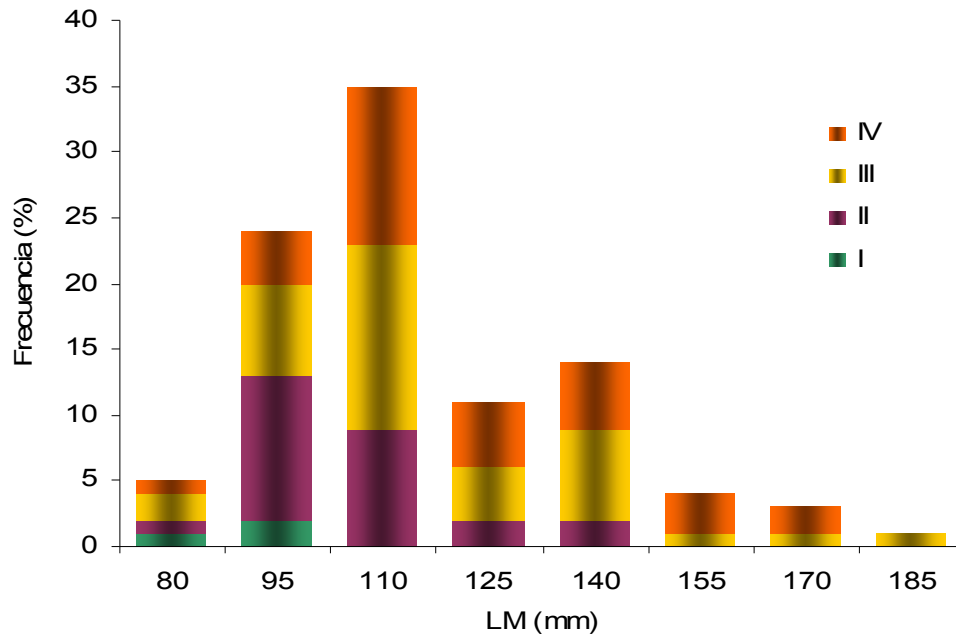


Figura 26. Frecuencia de estadios ováricos de *O. bimaculatus* por clase de talla de Longitud de Manto (mm).

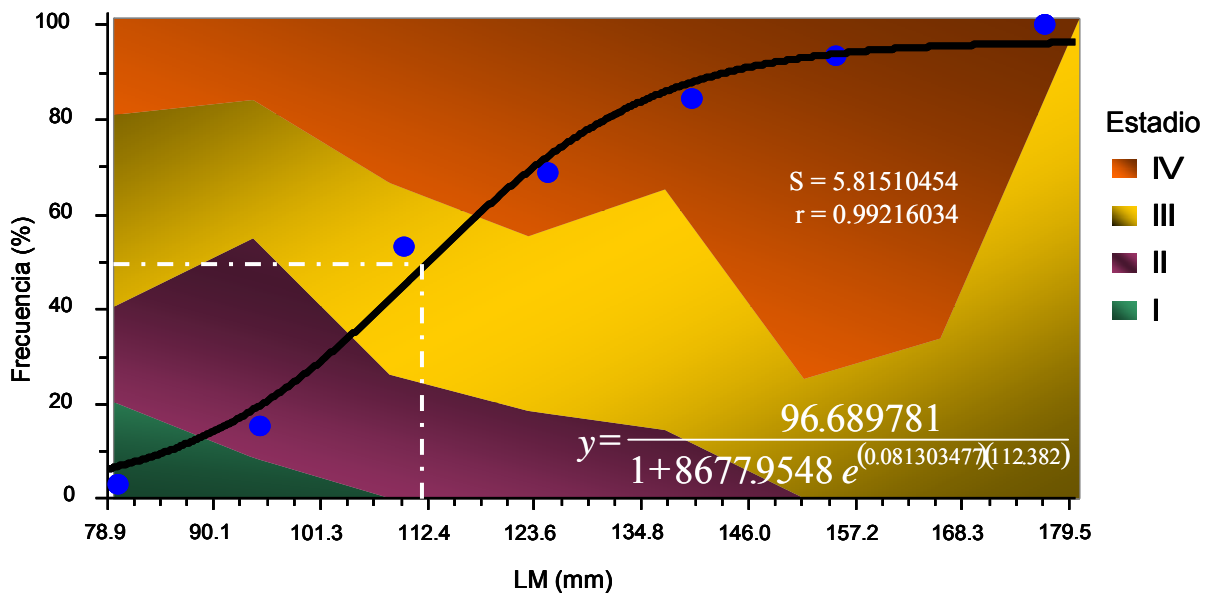


Figura 27. Talla de madurez de *O. bimaculatus* y frecuencia de estadios de desarrollo gonádico por talla. Puntos azules indican porcentaje acumulado de las tallas de las hembras maduras; línea negra indica la curva calculada a partir del modelo logístico; línea punteada blanca indica la talla a la que se encontró el 50% de las hembras maduras

La figura 28 muestra la proporción de estadios reproductivos de hembras en cada mes. En noviembre de 2007 hay una alta proporción de hembras en estadio II y en enero ya desaparece este estadio. En lo que respecta al estadio IV, el más maduro, se ve que presenta dos picos, uno en enero de 2008 y otro en mayo del mismo año. En septiembre de 2008 hay una proporción muy alta de individuos en estadio I y se reduce para el siguiente mes.

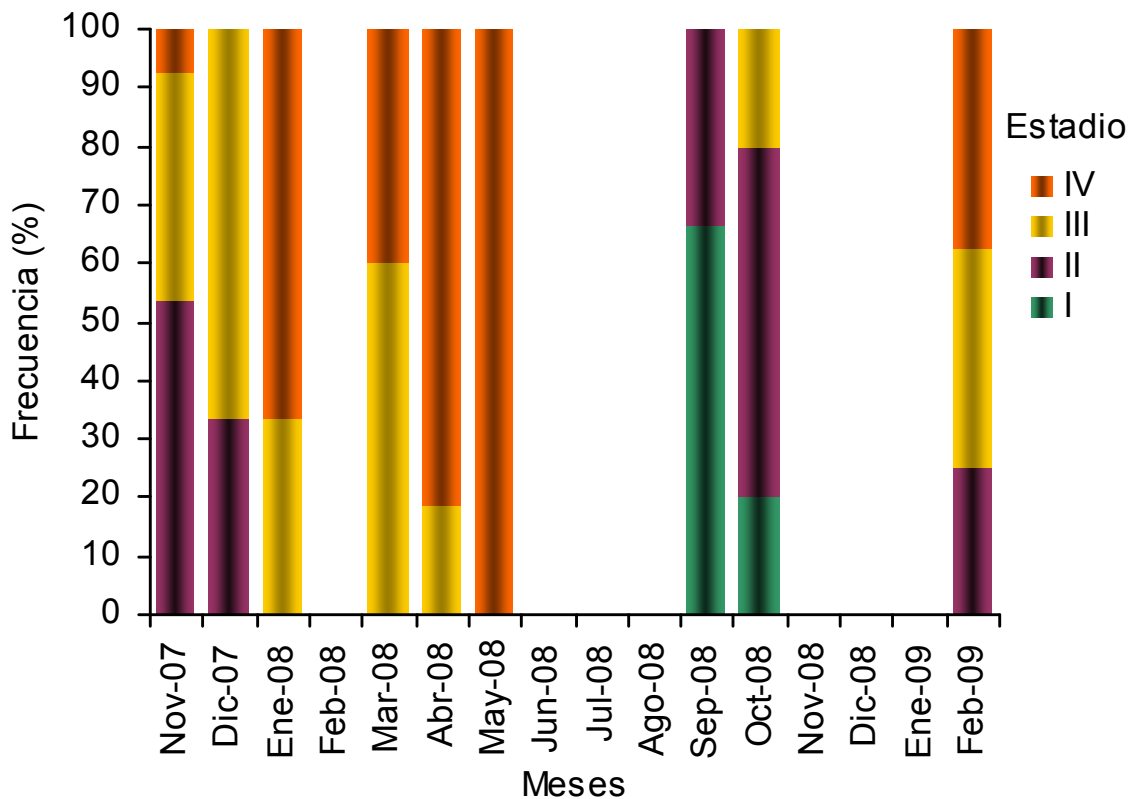


Figura 28. Porcentaje mensual de los diferentes estadios ováricos de *O. bimaculatus* en Bahía Sebastián Vizcaíno.

Se graficaron la temperatura superficial del mar (TMS) y la productividad primaria (PP) mensual de Bahía Sebastián Vizcaíno y se compararon con los estadios de

madurez mensuales, IGS e IGD (Fig. 29). Se observa que la presencia de hembras maduras, así como los valores más altos de IGS e IGD, coinciden con las temperaturas más bajas y con los valores de productividad primaria más altos (recuadro gris de la figura 29).

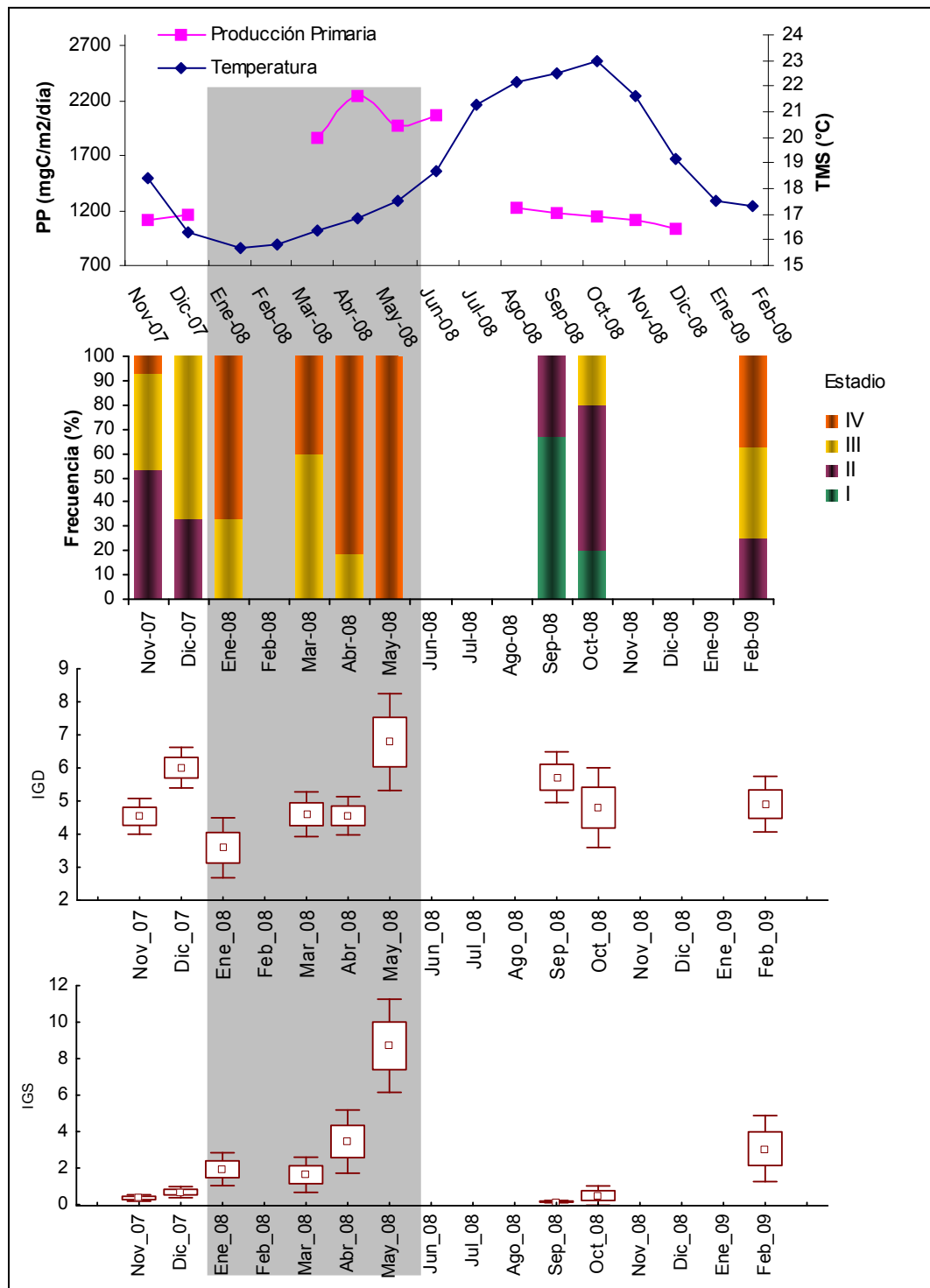


Figura 29. Comparación mensual de parámetros ambientales de bahía Sebastián Vizcaíno (TMS y PP –primer gráfico de arriba hacia abajo-), proporción de estadios ováricos observados mensualmente (segundo gráfico de arriba abajo) e índices (IGS e IGD –tercer y último gráfico respectivamente-) de hembras de *O. bimaculatus* en bahía Sebastián Vizcaíno. Recuadro gris marca temporada reproductiva.

8. DISCUSIÓN

Los estudios básicos sobre la biología de las especies, como es la biología reproductiva, son necesarios para su entendimiento y buen aprovechamiento. La población de pulpo en Bahía Sebastián Vizcaíno es de suma importancia para los pescadores de la región, esto debido a las altas capturas e importante valor económico que representa como producto. Así mismo, los pescadores han manifestado que el pulpo representa grandes pérdidas en el recurso langosta, lo cual ya ha sido observado en otras pesquerías de langosta del mundo (Garstang 1900; Bruck & Ward 2004; Hunter *et al.* 2005; Harrington *et al.* 2006). Existe controversia sobre la claridad del efecto que tiene el pulpo sobre las poblaciones de langostas. Garstang (1990) determina la presencia de *O. vulgaris* como una plaga en la costa del Plymouth ya que compete con la pesquería de cangrejo y langosta. Menciona que es un problema derivado a partir de un incremento de la temperatura que ocasiona la migración de este pulpo a costas más norteñas. Bruck & Ward (2004) encuentran que el 4% de la pesquería anual de langosta (*Jasus edwardsii*) en el sur de Australia se pierde por depredación y que el principal depredador es el pulpo *Octopus maorum*. Por otra parte, Harrington *et al.* (2006) no encuentran evidencia de una correlación espacial o temporal entre las capturas de pulpo, las capturas de langosta y la mortalidad de langosta. Queda claro que es necesaria la realización de estudios específicos sobre la tasa de mortalidad de langosta e índice depredación por pulpo. El conocimiento sobre la biología reproductiva en conjunto con el tipo de estudios

anteriormente mencionados pueden coadyuvar a la elaboración de estrategias para optimizar la pesca de langota.

8.1 Variables morfométricas

El estudio morfológico de los cefalópodos es muy complicado debido a que presentan cuerpos blandos y los especímenes preservados exhiben pocas características taxonómicas notorias. Entre las características importantes que se consideran para la identificación de los pulpos de aguas poco profundas son la textura externa y los patrones de coloración, partición de hábitat con el uso de las características del sustrato y las diferencias en el comportamiento diurno (Boyle & Rodhouse 2005). Con el análisis de las características diagnósticas para la identificación de la especie de la guía FAO (Roper *et al.* 1995) se concluyó que el pulpo capturado en Bahía Vizcaíno es *Octopus bimaculatus*. Esto es bastante congruente, ya que su distribución abarca desde Santa Barbara, California, EE.UU. hasta punta Eugenia, Baja California Sur, México y dentro del Golfo de California (Ambrose 1997). Otro de los aspectos a considerar es el sustrato presente en el área de estudio, el cual es de tipo rocoso que es preferido por *O. bimaculatus* y es otra característica que ha sido utilizada para la diferenciarla de *O. bimaculoides* (Peterson 1959; Ambrose 1997; Hochberg com. pers.), así como la presencia de ocelos con forma de estrella (Hochberg com. pers.).

Wells & Wells (1977) mencionan que, de acuerdo con Mangold-Wirz, la proporción de sexos en las poblaciones de pulpo es de 1:1. Al respecto se ha mencionado que diferencias encontradas en estos valores es consecuencia del método de muestreo (Wells & Wells 1977; Silva *et al.* 2002). Los resultados encontrados en este trabajo sobre la proporción de sexos indican que hay 1.2 machos por cada hembra. Otros estudios también han encontrado una proporción de machos más alta (Guerra 1975; Laptikhovsky 1999). Guerra (1975) menciona que hay que hacer un estudio más detallado para poder determinar las causas de la diferencia en la proporción sexual que encuentra.

Es curioso notar que, en este trabajo, con excepción de los meses de mayo y septiembre, en todos los demás muestreos la proporción de sexos no fue significativamente diferente de 1:1. Probablemente esta mayor proporción de machos que se encontró sea solo un reflejo de los meses de mayo y septiembre. Boyle & Rodhouse (2005) mencionan que es común encontrar un sesgo hacia los machos cuando es la temporada de cuidado de los huevos. Smale & Buchan (1981) también encuentran una temporada en la que la proporción de machos es mayor y otra en la que son las hembras, esto lo atribuyen a una posible migración de las hembras hacia aguas más profundas para poner los huevos. La baja proporción de hembras encontrada en mayo coincide con la época en la que se encontraron hembras en estadios más avanzados, posiblemente una buena parte de la población de hembras ya se encuentran “encuevadas” cuidando de las

puestas. Esto sería una explicación de los resultados de mayo, ya que en varias especies de pulpo, incluyendo *O. bimaculatus*, se ha visto que las hembras dejan de alimentarse y se mantienen en los refugios cuidando de las puestas antes de morir (Brough 1965; Ambrose 1982; DeRusha *et al.* 1988) razón por lo que las trampas presentan un sesgo en dicha temporada hacia la captura de machos (Wells & Wells 1977). En cuanto a la reducción de hembras en el mes de septiembre, es posible que ocurra por la muerte postdesove de estas, ya que se encuentran vulnerables ante los depredadores durante la temporada del cuidado de los huevos, periodo en el que no se alimentan (Well & Wells 1977). Esto fue observado durante el mes de julio en la población de *O. bimaculatus* de Bahía de los Ángeles, B.C. (Castellanos-Martínez 2005).

En cuanto a las tallas y pesos registrados en este estudio, se observa que son más altos que los reportados por Ambrose (1997) en diferentes trabajos realizados en las costas de California y ligeramente más pequeñas que las encontradas por Castellanos-Martínez (2008) en Bahía de Los Ángeles, dentro del Golfo de California (Tabla VII). Se han llevado a cabo una diversidad de estudios sobre los factores que afectan las tasas de crecimiento de cefalópodos (Wells & Wells 1977; Forsythe & Hanlon 1988; Boyle & Rodhouse 2005; Storero *et al.* 2010) a pesar de los cuales el entendimiento y descripción sobre el crecimiento de los cefalópodos sigue presentando dificultades y siendo un reto para aquellos dedicados al estudio de estos organismos (Jackson 2004).

Tabla VII. Comparación de tallas promedio (LM y PT) con otros trabajos.

ESTUDIO	LM (mm)			PT (g)		
	μ	DE	Intervalo	μ	DE	Intervalo
Pickford & McConnaughey (1949) California EE.UU.*	70.5	± 20.2	35.0-120.0	556.60	± 312.86	39-1,055
Ambrose (Sin publicar) California EE.UU.*	72.5	± 15.0	46.0-107.0	269.00	± 134.13	80-500
Lang (Sin publicar) California EE.UU.*	76.2	± 29.5	31.0-152.0	283.10	± 386.05	10-1,578
Castellanos-Martínez 2008 Bahía de Los Ángeles, B.C. Mex.	123.0	-	54.0-240.0	797.25	-	115-3,415
Rodríguez-García 2010 Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C.S. Mex.	114.0	± 20.0	70.0-190.0	589.27	± 321.29	100-2,200

*Tomado de Ambrose 1997

A pesar de no existir un consenso sobre las causas en las diferencias de tallas, se ha visto que la temperatura está directamente relacionada con el crecimiento de los octópodos, haciendo que éste sea más acelerado a temperaturas mayores (Wells & Wells 1977; Forsythe & Hanlon 1988; Boyle & Rodhouse 2005). De acuerdo a esta hipótesis, sería normal pensar que los organismos de California, al encontrarse en un área más nortea, con temperaturas templadas (17-20 °C; NOAA), sean más pequeños que aquellos que habitan zonas con características de tipo templadas a subtropicales, como es el caso de Bahía Vizcaíno (15-23 °C) y Bahía de Los Ángeles (14-30 °C; Castellanos-Martínez 2008). Sin embargo, un estudio hecho con *O. bimaculoides*, encontró que los organismos mantenidos a 18 °C presentaban un crecimiento más lento, tallas más grandes (LM) pero un peso mayor que aquellos cultivados a 23 °C (Forsythe 1988). En el calamar

(NOAA: <http://www.nodc.noaa.gov/dsdt/cwtg/spac.html> consultado: 28 de mayo 2010)

Sepioteuthis lessoniana se ha observado un patrón parecido, pero en referencia a las diferencias latitudinales de la temperatura del mar, se han propuesto dos estrategias de crecimiento, siendo de vida corta y de tallas menores aquellos organismos de aguas ecuatoriales cálidas y de vida más larga y tallas mayores los de aguas subtropicales (Jackson & Moltschaniwskyj 2002). Otro aspecto a considerar, es que Bahía Vizcaíno y Bahía de Los Ángeles se caracterizan por ser zonas que presentan una productividad primaria muy elevada (Álvarez-Borrego 1983 en Castellanos-Martínez 2008; Lluch-Belda 2000). Storero *et al.* (2010) mencionan que las características oceanográficas, así como la diversidad y abundancia de presas, de cada localidad pueden causar diferencias en el crecimiento entre una población y otra. Bajo este contexto, se puede decir que las variaciones en tallas y pesos de *O. bimaculatus* observados en los diferentes estudios, es un reflejo de las diferencias bióticas y abióticas de cada sitio.

Con respecto a las tallas presentadas por Castellanos-Martínez (2008) y el presente estudio, hay que considerar que los métodos de muestreo fueron diferentes, ya que ella obtuvo sus muestras mediante buceo, mientras que en este trabajo se realizó mediante el uso de trampas. Como se mencionó anteriormente, la trampa presentan un sesgo hacia los machos que son menores que las hembras. Es probable, también, que los organismo más pequeños, menores a 7.0 cm LM, logren escapar de las trampas por lo que no se encuentran representadas tallas menores en este trabajo. La combinación de estos dos factores puede ser el

causante de que en este trabajo el intervalo de tallas sea más pequeño, al igual que la media, con respecto al de Castellanos-Martínez (2008). Para poder descartar cualquiera de las dos teorías es necesario realizar un estudio mediante buceo.

Se encontró que el crecimiento de esta especie es de tipo alométrico, esto concuerda con lo observado en diferentes moluscos entre ellos los cefalópodos (Bayne & Newell 1983).

Se observaron diferencias significativas en las tallas y pesos entre sexos, siendo más grandes y más pesadas las hembras. Esto mismo se ha observado en *O. bimaculoides* (Forsythe & Hanlon 1988) y *O. bimaculatus* (Armendáriz-Villegas 2008; Castellanos-Martínez 2008). Semmens *et al.* (2004) mencionan que en varias especies de la familia Octopodidae los machos inician la maduración al final de la etapa de crecimiento exponencial. Forsythe & Hanlon (1988) notan que sucede lo mismo con las hembras con la diferencia de que es más tarde en su ciclo de vida. Al respecto Semmens *et al.* (2004) concluyen que esto podría explicar el hecho de que las hembras de esta familia presenten tasas de crecimiento más altas en la fase adulta y por consecuencia alcancen tallas más grandes. Probablemente, lo que causa estas diferencias es el mayor gasto energético que puede representar, para los machos, la búsqueda de hembras para el apareamiento (Semmens *et al.* 2004) en combinación con el ahorro energético

que hacen las hembras en la búsqueda de las presas, ya que presentan un espectro trófico más amplio que los machos (Armendáriz-Villegas 2008). Si bien, estos dos factores pueden estar provocando que las hembras sean de mayor tamaño, es necesario hacer estudios más especializados para determinar las causas, tanto fisiológicas como de comportamiento, de estos resultados.

8.2 Desarrollo gonádico y talla de madurez

El análisis microscópico de las gónadas de hembras no mostró grandes diferencias en el desarrollo descrito para otras especies de pulpo (Boyle & Rodhouse 2005; Rodríguez-Rúa *et al.* 2005). Sin embargo, se observó una gran similitud con el desarrollo de ovocitario de peces, por lo que se optó tomar algunas de las características utilizadas por Wallas & Selman (1981) para describir el desarrollo ovárico y ovocitario de *O. bimaculatus*. Al igual que Rodríguez-Rúa *et al.* (2005) mencionan, las ovogónias se identificaron por tener un escaso citoplasma. Cabe hacer la aclaración de que estas encuentran embebidas en el tejido conjuntivo.

Se encontró que el desarrollo de los ovocitos es de manera asincrónica, es decir que en la gónada existen ovocitos en diferentes estadios. Esto concuerda con lo observado por Castellanos-Martínez (2008) en *O. bimaculatus*. Sin embargo de

acuerdo a las estrategias reproductivas propuestas por Rocha *et al.* (2001), el patrón de ovulación es sincrónico ya que en la fase de madurez (estadio IV en este trabajo) solo se observaron folículos postovulatorios en la gónada. Posiblemente exista sincronía en esta etapa producida por el detenimiento del desarrollo de los ovocitos más avanzados, hasta que los demás alcanzan la madurez (Ould 2001). En este estudio no se encontró evidencia de una sincronía, ya que se encontraron ovocitos en diferentes estadios de la vitelogénesis inclusive en las hembras maduras (estadio IV). De acuerdo a las estrategias propuestas por Rocha *et al.* (2001), basadas en el desarrollo de los ovocitos, se puede deducir que esta especie es un desovador terminal intermitente, ya que en este trabajo se observó un desarrollo ovocitario totalmente asincrónico. La clasificación hecha por Rocha y colaboradores (2001) indica que los cefalópodos desovadores terminales intermitentes presentan un periodo de desove relativamente largo, lo cual no es el caso ya que en esta especie el tiempo de desove es corto (Ambrose 1997). Otras especies de moluscos bivalvos presentan un desarrollo ovocitario muy acelerado durante la temporada de desove, permitiendo que los ovocitos que se encuentran menos desarrollados alcancen la madurez y puedan ser fecundados (Jaramillo-Rodríguez *comm. pers.*). De acuerdo a lo encontrado en este trabajo se considera que podría estar sucediendo un proceso similar en *O. bimaculatus* y se podría considerar como un desovador terminal no intermitente.

La talla de madurez estimada en este trabajo (112.38 mm LM) es considerablemente menor a lo reportado en Bahía de los Ángeles, Baja California (14.3 cm LM –Castellanos-Martínez 2008-). El sesgo observado en las tallas debido al arte de pesca no deja de ser un posible factor para las diferencias encontradas. Cabe mencionar, sin embargo, que, existe una variación muy marcada de LM y PT entre meses (figuras 13 y 14 respectivamente) siendo más grandes (LM y PT) los organismos de enero, mes en el que se presenta un ligero pico reproductivo, que los de mayo, temporada en la que se presenta el pico reproductivo más alto, probablemente esto se relacione con la presencia de dos cohortes, lo que fue evidenciado con un análisis de las frecuencias de tallas (Anexo VIII). De acuerdo a las frecuencias de tallas en cada mes (enero y mayo) y la presencia de los estadios de desarrollo gonádico, es posible que existan dos tallas de madurez, una para cada cohorte. La variabilidad en las tallas de madurez es un fenómeno conocido en distintas especies de cefalópodos (Semmens *et al.*, 2004), lo cual podría aplicar de forma muy coherente a *O. bimaculatus* por su estrategia de vida (alternancia de generaciones, punto que se discutirá más adelante).

8.3 Ciclo reproductivo

De acuerdo a la presencia de hembras en estadio IV, se observó que existen dos picos reproductivos, uno pequeño en enero, y otro más marcado en mayo. Esto se

corroboró con el índice gonadosomático, en el cual se observa un ligero pico en enero, y en mayo se nota un incremento muy marcado. La presencia de dos picos reproductivos en pulpos ha sido observado con anterioridad en diferentes estudios de cefalópodos (Ambrose 1988; Katsanevakis & Verriopoulos 2006; Castellanos-Martínez 2008).

En *O. bimaculatus* se ha propuesto que este fenómeno se debe a la alternancia de generaciones en su ciclo de vida por. A grandes rasgos, este tipo de ciclo de vida se debe, a las diferencias en las temperaturas presentes en el ambiente al momento del desove y de la eclosión. El desarrollo embrionario y larvario será más acelerado en la temporada cálida, generalmente al inicio de la temporada reproductiva, con tasas de crecimiento más altas, provocando que los organismos provenientes de estos desoves tengan una esperanza de vida más corta y alcancen a reproducirse al final de la temporada reproductiva del próximo año. Los organismos provenientes de las puestas del final de la temporada reproductiva, en época fría, tardan más en eclosionar, tienen tasas de crecimiento menores y no alcanzan a madurar al siguiente año, sino que serán los que inician la temporada reproductiva dos años después (Ambrose 1988; Castellanos-Martínez 2008).

Al hacer un análisis de la media mensual de la longitud del manto se observó un comportamiento poco común, ya que al ser organismos con un ciclo de vida corto (de 15 a 24 meses) (Ambrose 1997) se esperaría que las tallas fueran

incrementando conforme avanza el tiempo, pero esto no se ve en los resultados. Junio, julio y agosto comprenden la temporada en la que las hembras están cuidando los huevos. En este sentido es congruente encontrar las tallas más pequeñas en septiembre, pues son los individuos que eclosionaron a mediados de la primavera y se reclutan a la pesquería en este mes. Mediante un pequeño ensayo con gráficos de frecuencias de tallas (anexo VIII) se encontró que este comportamiento en las medias de LM en los meses de enero a mayo es debido a una posible combinación de cohortes. Es difícil hacer conclusiones más firmes al respecto ya que hubo meses, junio, septiembre y octubre, más concretamente, en los que el tamaño de muestra fue muy pequeño).

Ambrose (1988) indica que la temperatura es un factor que influencia en las tasas de desarrollo embrionario de *O. bimaculatus* acelerándolo si esta es alta. Tomando en cuenta esto se propone que los huevos puestos en enero-febrero (temporada fría) eclosionaran dos meses después (marzo-abril) y estarán reproduciéndose en mayo-junio del siguiente año (al final de la temporada reproductiva) lo que resultaría en un ciclo de vida de 14 meses aproximadamente.

El segundo pico reproductivo, mayo, sugeriría que las hembras desovan en junio. Estos huevos, al estar en aguas más cálidas, tardarían un mes en eclosionar, es decir, en julio, donde, por el comportamiento de los datos de productividad primaria (PP), se puede inferir que hay una baja disponibilidad de alimento. La disponibilidad de alimento es otro factor muy importante en el desarrollo larvario

de los pulpos (Forsythe 1993). Partiendo de esta premisa, se puede plantear que estos pulpos crecerán de manera menos acelerada y no logran obtener su madurez para la temporada reproductiva (enero-mayo) del siguiente año. Se reproducirán iniciando la segunda temporada reproductiva después de haber eclosionado, en enero-febrero, lo que daría un ciclo de vida de 19 meses aproximadamente.

Forsythe (1984) y Wood & O'Dor (2000) coinciden en que los pulpos de mayor tamaño son más longevos. Tomando en cuenta este punto y el ciclo de vida descrito anteriormente la discrepancia encontrada en las medias mensuales de las tallas toma sentido. Los organismos capturados de octubre 2007 a enero 2008 provendrían de la cohorte de julio de 2006 y al ser más longevos también son de mayor tamaño y son los que inician la temporada reproductiva. A partir de marzo se observa que hay una reducción en la media de las tallas, pero lo que en realidad está sucediendo es que se están reclutando, al arte de pesca, los organismos que eclosionaron en marzo de 2007, que al ser menos longevos presentan tallas más pequeñas sin que esto influya en su estado de madurez, mientras que los organismos de la otra cohorte dejan de ser menos frecuentes. Este tipo de ciclo de vida es también, lo que provocaría la presencia de dos posibles tallas de madurez, tal como se discutió en dicho apartado.

8.4 Pesquería

Se observó un bajo porcentaje de hembras en estadio IV, y de todos los muestreos realizados en el estudio solo se encontró una con atresias y ninguna desovando (obs. pers.). Esto, junto con las tallas mínimas registradas (no menor a 7.0 cm LM y 100 g PT) nos indica que el uso de trampas es un arte de pesca altamente selectivo. En base a lo anterior se puede ver que este arte permite que los individuos crezcan y que se reproduzcan, haciendo de esta pesquería, una pesquería saludable, en el sentido que permite la regeneración de la población, al no extraer hembras en la etapa de reproducción o cuidado de las puestas, como ocurre con el uso de gancho (Castellanos-Martinez 2008).

Bajo el ciclo de vida propuesto y con los picos reproductivos observados es posible proponer para Bahía Sebastián Vizcaíno una temporada de pesca óptima, en el sentido de no afectar a la población, de noviembre a abril mediante el uso de trampas debido a los beneficios en los parámetros poblacionales, permitir la renovación de la población. Así también, se recomienda experimentar con el uso de trampa para la pesca de pulpo a otras localidades.

9. CONCLUSIONES

- La especie de pulpo capturado en Bahía Sebastián Vizcaíno es *Octopus bimaculatus*.
- La proporción de sexos es 1:1.
- El crecimiento de *O. bimaculatus* es de tipo alométrico.
- Las hembras presentan tallas mayores a los machos.
- El desarrollo ovocitario de los pulpos es muy similar al de peces.
- El desarrollo de los ovocitos de *Octopus bimaculatus* es asincrónico.
- Existen dos tallas de madurez en la población de *Octopus bimaculatus* en Bahía Sebastián Vizcaíno.
- La temporada reproductiva de *O. bimaculatus* en Bahía Sebastián Vizcaíno inicia en enero con la madurez de las hembras y finaliza en julio con la eclosión de los huevos.
- El ciclo de vida de *O. bimaculatus* se acomoda al modelo de alternancia de generaciones.
- La temporada de pesca óptima de *O. bimaculatus* en Bahía Sebastián Vizcaíno se extiende de noviembre a abril.
- La trampa es un método muy eficaz para la captura de pulpo y parece afectar poco a la población ya que evita capturar hembras desovantes.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alejo-Plata M. del C., Cardenares-Ladrón de Guevara G. 2002. Caracterización de la pesca de pulpo (Cephalopoda: Octópoda) en las costas de Oaxaca, México. Memorias del I foro de Pesca Ribereña 17-18 de octubre 2002. Sede: INP CRIP Guaymas, Sonora, México.
- Alejo-Plata M. del C., Gómez-Márquez J.L., Ramos-Carrillo S., Herrera-Galindo J.E. 2009. Reproducción, dieta y pesquería del pulpo *Octopus (Octopus) hubbsorum* (Mollusca: Cephalopoda) en la costa de Oaxaca, México. Revista Biología Tropical 57 (1-2):63-78
- Ambrose R.F. 1982. Shelter utilization by the molluscan cephalopods *Octopus bimaculatus*. Marine Ecology-Progress Series 7: 67-73
- Ambrose R.F. 1983. Midden formation by Octopuses: the role of biotic and abiotic factors. Marine Behavior Physiology. 10: 157-144.
- Ambrose R.F. 1984. Food preferences, prey availability, and the diet of *Octopus bimaculatus* Verrill. Journal of Experimental Biology and Ecology. 77: 29-44.
- Ambrose R.F. 1986. Effects of octopus predation on motile invertebrates in a rocky subtidal community. Marine Ecology Progress Series. 30: 261-273.
- Ambrose R.F. 1988. Population dynamics of *Octopus bimaculatus*: influence of life history patterns, synchronous reproduction and recruitment. Malacologia 29 (1): 23-39.
- Ambrose R.F. 1997. *Octopus bimaculatus*. En: Lang M.A., Hochberg F.G., Ambrose R.F. (Eds.) The Fishery and market potential of octopus in California: [proceedings]. University of Southern California, Catalina Marine Science Center, 31 August to 8 September 1989. Washington, D.C.: Smithsonian Institution's Office of the Provost-Scientific Diving Program. 11-22
- Armendáriz-Villegas E.J. 2008. Ecología Trófica de *Octopus bimaculatus* Verrill, 1883 (Cephalopoda: Octopodidae) en Bahía de Los Ángeles, B.C., México. Tesis de Maestría. Centro de Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S. México 111pp.

- Arnold J.M. 1984. Cephalopods. En: Tompa, A.S., N.H. Verdonk & J.A.M. Van Den Biggelaar (Eds.). *Reproduction Vol. 7 The Mollusca*. Academic Press. 419-456
- Arreguín-Sánchez F., Solís-Ramírez M.J., González-de la Rosa M.E. 2000. Population dynamics and stock assessment for *Octopus maya* (Cephalopoda: Octopodidae) fishery in the Campeche Bank Gulf Of Mexico. *Revista Biología Tropical*. [online] vol. 48 no.2-3 (citado mayo 2007), 232-331. Disponible en la World Wide Web. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s00344420000002-00005&lng=es&nrm=iso ISSN 0034-7744.
- Ávila-Poveda O.H., Colin-Flores R.F., Rosas C. 2009. Gonad Development During the Early Life of *Octopus maya* (Mollusca: Cephalopoda). *Biological Bulletin*. 216: 94.102.
- Bayne B.L., Newell R.C. 1983. Physiological Energetic of Marine Molluscs. En: *The Mollusca Vol. 4 Physiology part 1*. Saleuddin A.S.M., Wilbur K.M. (eds). Jefe de edición Wilbur K.M. Academic Press EE.UU. 407-515 p.
- Boyle P., Rodhouse P. 2005. *Cephalopods: ecology and fisheries*. Blackwell science 452 pp.
- Boyle, P.R., D. Knobloch. 1983. The female reproductive cycle of the octopus, *Eledone cirrhosa*. *Journal of Marine Biology Assessment United Kingdom* 63(1): 71-83.
- Brough E.J. 1965. Egg-care, and larvae in the midget octopus, *Robsonella australis* (Hoyle). *Transactions of the Royal Society of New Zealand, Zoology* 6(2): 8-18.
- Bruck D.J., Ward T.M. 2004. Maori octopus (*Octopus maorum*) bycatch and southern rock lobster (*Jasus edwardsii*) mortality in the South Australian rock lobster fishery. *Fisheries Bulletin* 102: 430-440.
- Brusca, R.C., Brusca G.J. 1990. *Invertebrates*. Sinauer. New York. 922 pp.
- Carvalho J.M.N., Sousa-Reis. 2003. Contributions to knowledge on the maturation and fertility of the common octopus *Octopus vulgaris* cuvier, 1797 on the Portuguese coast. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía* 473-481.

- Castellanos-Martínez S. 2008. Reproducción del pulpo *Octopus bimaculatus* Verrill 1883 en Bahía de Los Ángeles, Baja California, México. Tesis de Maestría. Centro de Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S. México 82 pp.
- Dawson E.Y. 1951. A further study of upwelling and associated vegetation along Pacific Baja California, Mexico. *Journal of Marine Research* 10:39-58.
- Dawson E.Y. 1952. Circulation within Bahía Vizcaino, Baja California, and its effects on marine vegetation. *American Journal of Botany* 39:425-32.
- DeRusha R.H., Forsythe J.W., Hanlon R.T. 1988. Laboratory growth, reproduction, life span of the Pacific pygmy octopus, *Octopus digueti*. *Pacific Science* 41(1-4): 104-121
- Fernández-Rueda P., García-Flórez L. 2007. *Octopus vulgaris* (Mollusca: Cephalopoda) fishery management assessment in Asturias (north-west Spain). *Fisheries Research*. 83:351-354
- Forsythe J.W. 1984. *Octopus joubini* (Mollusca: Cephalopoda): a detailed study of growth through the full life cycle in a closed seawater system *Journal of Zoology, London* 202; 393-417
- Forsythe, J.W. 1993. A working hypothesis of how seasonal temperature change may impact the field growth of young cephalopods. In *Recent advances in fisheries biology*. Edited by T. Okutani, R.K. O'Dor, and T. Kubodera. Tokai University Press, Tokyo. pp. 133–143.
- Forsythe J.W., Hanlon R.T. 1988. Effect of temperature on laboratory growth, reproduction and life span of *Octopus bimaculoides*. *Marine Biology* 98:369-379.
- Gayanilo F.C., Sparre P., Pauly D. 2005. FiSAT II User's Guide. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy.
- Grubert M.A., Wadley V.A. 2000. Sexual maturity and fecundity of *Octopus maorum* in southeast Tasmania. *Bulletin of Marine Science* 66 (1):131-142

- Guerra A. 1975. Determinación de las diferentes fases de desarrollo sexual de *Octopus vulgaris* Lamarck, mediante un índice de madurez. Investigación Pesquera 39 (2):397-416.
- Harrington J.J., Semmens J.M., Gardner C., Frusher S.D. 2006. Predation of trap-caught southern rock lobsters, *Jasus edwardsii* (Hutton, 1875), in Tasmanian waters by the Maori octopus, *Octopus maorum* (Hutton, 1880): Spatial and temporal trends. Fisheries Research. 77:(1) 10-16.
- Hernández-Rivas M.E., Jiménez-Rosenberg S.P., Funes-Rodríguez R., Saldierna-Martínez R.J. 2000. El centro de actividad biológica de la Bahía de Sebastián Vizcaíno, una primera aproximación. En: "Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano" eds.: Lluch-Belda D., Elourduy-Garay J., Lluch-Cota S.E., Ponce-Díaz G. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B.C.S., México. 64-86 pp.
- Hochberg F.G. 1997 Presentation of the issue. En: Lang M.A., Hochberg F.G. (Eds.) Proceedings of the workshop on the fishery and market potential of octopus in California. Smithsonian Institution, Washington: ii-v p.
- Howard D.W., Smith C.S. 1983. Histological techniques for marine bivalve mollusks. National Oceanic and Atmospheric Administration. Technical Memorandum NMFS-F/NEC-25. U.S. Department of Commerce 95 pp.
- Humason L.G. 1979. Animal Tissue Techniques. San Francisco: W.H. Freeman and Company eds. Cuarta edición 661 pp.
- Hunter C.M., Haddon M., Sainsbury K.J. 2005. Use of fishery-dependent data for the evaluation of depensation: case study involving the predation of rock lobster (*Jasus edwardsii*) by octopus (*Octopus maorum*). New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 39: 455-469.
- Katsanevakis S., Verriopoulos G. 2004. Den ecology of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, on soft sediment: availability and types of shelter. Scientia Marina. 68 (1): 147-157.

- Katsanevakis S., Verriopoulos G. 2006. Seasonal population dynamics of *Octopus vulgaris* in the eastern Mediterranean. *Journal of Marine Science* 63:151-160 p.
- Jackson G.D. 2004. Cephalopod growth: historical context and future directions. *Marine and Freshwater Research* 55; 327-329.
- Jackson G.D., Moltschaniwskyj N.A. 2002. Spatial and temporal variation in growth rates and maturity in the Indo-Pacific squid *Sepioteuthis lessoniana* (Cephalopoda: Loliginidae). *Marine Biology* 140: 747-754.
- Jiménez-Badillo M.L., Río-Rodríguez R.E., Gómez-Solano M.I., Cu-Escamilla A., Méndez-Aguilar D. 2008. Madurez gonádica del pulpo *Octopus vulgaris* en el Golfo de México: análisis macroscópico y microscópico. Universidad Autónoma de Campeche. 47 pp.
- Lang M.A. 1997. *Octopus bimaculoides*. En: Lang M.A., Hochberg F.G.(Eds.) Proceedings of the workshop on the fishery and market potential of octopus in California. Smithsonian Institution, Washington: 1-9 p.
- Laptikhovsky V.V. 1999. Fecundity and Reproductive Strategy of Three Species of Octopods from the Northwest Bering Sea. *Russian Journal of Marine Biology* 25 (4): 342–346.
- Lluch-Belda D. 2000. Centros de Actividad Biológica en la Costa Occidental de Baja California. En: “Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano” eds.: Lluch-Belda D., Elourduy-Garay J., Lluch-Cota S.E., Ponce-Díaz G. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B.C.S., México. 48-64 p.
- Mangold K. 1987. Reproduction. En: Boyle P.R. (ed) *Cephalopod life cycles, Vol 2: Comparative reviews*. Academic Press, London, 157-200 pp.
- Markaida-Aburto D.U. 2001. Biología del calamar gigante *Dolssidicus gigas* Orbigny, 1835 (Cephalopoda: Ommastrephidae) en el Golfo de California, México. Tesis de doctorado. Centro de Investigaciones Científicas y Educación Superior de Ensenada. Ensenada B.C. México. 387 pp.

- Mather J.A. 1982. Factors affecting the spatial distribution of natural population of *Octopus joubini* Robson. *Animal Behavior* 30: 1166-1170.
- Ould, M. F. K. 2001. Etude de la gametogenese chez le poulpe *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797). *Bulletin Scientifique CNROP*, 28: 44-52.
- Peterson R.P. 1959. The anatomy and histology of the reproductive systems of *Octopus bimaculoides*. *Journal of Morphology*. 104: 61-87.
- Rocha F., Guerra A., González A.F. 2001. A review of reproductive strategies in cephalopods. *Biological Reviews*. 76: 291-304.
- Rodriguez-García OU. 2006. Condición Nutricional de Juveniles de Langosta Roja, *Panulirus interruptus* (Randall, 1840) en Dos Localidades de la Costa Pacífico de Baja California Sur, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México. 56pp.
- Rodríguez-Rúa A., Pozuelo I., Prado M.A., Gómez M.J., Bruzón M.A. 2005. The gametogenic cycle of *Octopus vulgaris* (Mollusca: Cephalopoda) as observed on the Atlantic coast of Andalusia (south of Spain) *Marine Biology*. *Marine Biology* 147: 927–933.
- Roper, C.F.E., M.J. Sweeney & C.E. Nauen. 1984. FAO species catalogue. Vol.3. Cephalopods of the world. Annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO Fish. Synop.*, 125 (3): 277 pp.
- Roper C.F.E., Sweeney M.J., Hochberg F.G. 1995. Cephalopoda. p. 306-535. En: Fischer W, Krup F., Schneider W., Sommer C., Carpenter K.E., Niem (Eds.). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Roma, FAO. Vol I: 1-646 pp.
- Ruppert E.E., Barnes R.D. (1996) *Zoología de los Invertebrados*. McGraw-Hill México. 1114 pp.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2003) *Anuario de pesca* 245 pp.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2004) *Carta Nacional Pesquera*. Segunda sección. 112 pp.

- Semmens J.M., Pecl G.T., Villanueva R., Jouffre D., Sobrino I., Wood J.B., Rigby P.R. 2004. Understanding octopus growth: patterns, variability and physiology. *Marine and Freshwater Research* 55: 367-377.
- Sheehan D., Hrapchak B.B. 1973. *Theory and practice of Histotechnology*. London: Mosby Company 481 pp.
- Sierra, C.J., Sierra-Zepeda J. 1977. *Reseña histórica de la pesca en México (1821-1977)*. Departamento de pesca. México, D. F. 95pp.
- Silva L., Sobrino I., Ramos F. 2002. Reproductive biology of the common octopus, *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 (Cephalopoda: Octopodidae) in the Gulf of Cádiz (sw Spain). *Bulletin of Marine Science* 71(2): 837-850.
- Smale M.J., Buchan P.R. 1981. Biology of *Octopus vulgaris* off the east coast of South Africa. *Marine Biology* 65; 1-12.
- Storero L.P., Ocampo-Reinaldo M., González R.A., Navarrete M.A. 2010. Growth and life span of the small octopus *Octopus tehuelchus* in San Matías Gulf (Patagonia): three decades of study. *Marine Biology* 157: 555-564.
- Sweeney M.J., Roper C.F.E. 1998. Classification, type localities, and type repositories of recent Cephalopoda. En: Voss, N.A., Vecchione M., Toll R.B., M.J. Sweeney (Eds.), *Systematics and Biogeography of Cephalopods*, Vol. II. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 586: 561-599.
- Yáñez-Arancibia A. 1994. *Recursos Faunísticos del Litoral de la Península de Yucatán*. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX Serie Científica, 2: 136 pp.
- Wallace, R.A., Selman K. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *American Zoologist* 21: 325 – 343.
- Walter-Garstang M.A. 1900. The plague of octopus on the South coast, and its effect on the crab and lobster fisheries. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom (New Series)* 6 : 260-273.
- Wells, M.J., Wells J. 1977. Cephalopoda: Octopoda. 291-336. En: Giese, A. & J. S. Pearse (Eds.). *Reproduction of Marine Invertebrates*. Vol. IV. *Moluscs: Gastropods and Cephalopods*. Academic Press. New York. 369 p.

Wood J.B & O'Dor R.K. 2000. Do larger cephalopods live longer? Effects of temperature and phylogeny on interspecific comparisons of age and size at maturity. *Marine Biology*. 136: 91-99

Zar J.H. 1999. *Bioestatistical Analysis*. Tercera edición. Prentice-Hall, Princeton, New Jersey. EE.UU. 662 pp.

Zúñiga-Flores, M.S., Ortega-García S., Rodríguez-Jaramillo C., sin publicar. Fecundidad Parcial del Dorado (*Coryphaena hippurus*) Capturado en la Región de Cabo San Lucas, B.C.S., México.

Consultas de Internet.

www.blueseas.com.au/molluscs.asp

ANEXOS

ANEXO I

Formulación de la solución Davidson (1 galón stock)

(Shaw y Battle, 1957 citado en Howard y Smith, 1983)

REACTIVO	CANTIDAD
Glicerina	400 ml
Formaldehído	800 ml
Alcohol etílico 95%	1200 ml
Agua de mar filtrada *	1200 ml
Ácido acético**	(1:9)

Stock: glicerina, formaldehído, alcohol etílico y agua de mar.

*En caso de organismos dulceacuícolas sustituir por agua potable

** Agregar una parte de ácido acético por 9 del stock en el momento de usarse.
(Por ejemplo 900 ml de stock mas 100 ml ácido acético).

De preferencia almacenar a 4°C

Es importante que el ácido acético se agregue hasta que se vaya a utilizar, el stock se puede almacenar por meses sin que le pase nada. Si acaso se le agrega el ácido acético solo es útil una semana. Los organismos deben permanecer mínimo de 24 a 48 horas en el la solución. Posteriormente se deben cambiar a alcohol etílico al 70% después del período de fijación. Almacenar hasta que se pueda disecar.

ANEXO II

Técnica histológica para cortes en parafina

Deshidratación y aclaramiento

- 1.- Alcohol etílico 70° (1 hora)
- 2.- Alcohol etílico 80° (1 hora)
- 3.- Alcohol etílico 90° (1 hora)
- 4.- Alcohol etílico 96° (1 hora)
- 5.- Alcohol etílico 100° (2 cambios de 1 hora en c/u)
- 6.- Mezcla de alcohol etílico absoluto-xilol 1:1 (20 minutos)
- 7.- Xilol absoluto (5 minutos)

Inclusión en parafina

- 8.- Parafina-xilol (1:1) (25 minutos)
- 9.- Paraplast X-Tra (3 cambios de 1 hora cada uno)

ANEXO III

Técnica de hematoxilina- eosina (Humason, 1979; Sheehan y Hrapchak, 1973)

- 1.- Xilol (3 cambios de 10 minutos en cada uno)
- 2.- Alcohol etílico 96° (2 minutos)
- 3.- Alcohol etílico 70° (dos cambios de 2 minutos c/u)
- 4.- Agua destilada (5 minutos)
- 5.- Hematoxilina de Harris 1-2 min
- 6.- Agua destilada (dos cambios de 5 minutos c/u)
- 7.- Alcohol ácido (10 segundos)
- 8.- Agua destilada (5 minutos)
- 9.- Agua amoniacal (10 segundos)
- 10.- Agua destilada (5 minutos)
- 11.- Alcohol etílico 50° (2 minutos)
- 12.- Alcohol etílico 70° (2 minutos)
- 13.- Eosina-floxina (3 minutos)
- 14.- Alcohol etílico 96° (2 cambios de 2 minutos c/u)
- 15.- Alcohol etílico 100° (2 cambios de 1 minuto c/u)
- 16.- CitriSolv (sustituto de xilol) (5 minutos c/u)
- 17.- Montar en Entellan (resina sintética)

Resultados:

Núcleos	azul
Nucleolos	azul
Citoplasma	rosa o naranja
Tejido conjuntivo	rosa

ANEXO IV

Escala de madurez de pulpo propuesta por Rodríguez-Rua *et al.* (2005).

Machos:

Inmaduros: los túbulos seminíferos están bien definidos, pero son chicos. Hay espermatogonias en las paredes de túbulos seminíferos y algunos espermatoцитos ubicados en el centro de los túbulos seminíferos.

Madurando: Hay espermatogonias, espermatoцитos, espermátidas y algunos espermatozoides en los túbulos seminíferos.

Maduros: Los túbulos seminíferos son grandes. No hay espacios vacíos entre las células. Se encuentran todos los tipos de células, con abundantes espermátidas y espermatozoides en el centro del lumen.

Activos: Existencia de espacios vacíos: indicando que los espermatozoides han sido expulsados de los testículos y guardados en los espermatóforos que son transportados a la bolsa de Needham. Se observan algunos espermatoцитos, espermátidas y espermatozoides.

Hembras:

- I. Inmaduras: Hay muchos ovogonias y ovocitos, con una pequeña capa de citoplasma rodeándolas. Es posible encontrar ovocitos grandes con uno o algunos folículos celulares rodeándolas, cada una conteniendo varios nucleolos esféricos en el núcleo.
- II. Madurando: Hay una doble capa de folículos celulares rodeando el ovocito. La capa interna consiste de células cuboidales; la capa exterior consiste de células planas. El epitelio del folicular inicia envolviendo el ovocito por la intensa multiplicación de las células foliculares, con un desplazamiento del núcleo de los ovocitos hacia la zona polar de la célula. En algunos ovocitos las células foliculares forman un sincitio. Toma lugar la primer producción de vitelo.

- III. Pre-desovantes: Este estadio se caracteriza por el gran incremento en el diámetro de los ovocitos. Los pliegues del sincitio folicular están activos en vitelogénesis y la formación del corion. El vitelo elaborado forza la sincitio folicular hacia la periferia.
- IV. Desovantes: El citoplasma esta completamente lleno con gránulos de vitelo; esta completamente rodeado por el corion. Se lleva a cabo la degeneración del sincitio folicular, dejando ovocitos maduros, que están listos para la ovulación.

ANEXO V

Descripción de resultados obtenidos mensualmente. N tamaño de la muestra; μ media muestral; σ desviación estándar.

	LM			PT			PG			PGD			IGS			IGD		
	N	μ	σ	N	μ	σ	N	μ	σ	N	μ	σ	N	μ	σ	N	μ	σ
Nov_07	64	10.84	1.61	64	725.05	295.64	64	6.69	4.84	64	28.84	18.07	64	1.08	0.71	64	4.09	1.19
Macho	39	10.47	1.45	39	642.31	236.66	39	9.52	4.02	39	22.97	8.47	39	1.54	0.37	39	3.81	0.96
Hembra	25	11.40	1.71	25	854.12	335.07	25	2.28	1.60	25	38.01	24.49	25	0.36	0.47	25	4.54	1.38
Dic_07	43	12.08	2.70	43	693.95	406.07	43	9.02	6.51	43	35.23	22.54	43	1.47	0.92	43	5.27	1.95
Macho	23	11.48	2.61	23	629.13	418.27	23	12.38	6.11	23	28.26	20.12	23	2.14	0.39	23	4.63	2.15
Hembra	20	12.78	2.71	20	768.50	388.56	20	5.15	4.60	20	43.24	22.98	20	0.69	0.72	20	6.01	1.40
Ene_08	100	11.95	1.71	100	733.80	308.38	29	17.69	14.83	30	25.57	20.25	29	2.53	1.84	30	3.73	2.20
Macho	56	11.50	1.35	56	638.04	192.39	17	15.93	10.27	18	20.90	15.12	17	2.90	1.90	18	3.83	2.56
Hembra	44	12.52	1.94	44	855.68	380.09	12	20.18	19.87	12	32.59	25.26	12	2.00	1.68	12	3.59	1.60
Mar_08	65	10.48	1.63	65	537.54	260.47	33	13.52	18.25	32	21.75	17.38	31	2.21	1.29	31	4.04	1.21
Macho	36	10.03	1.29	36	485.83	170.65	20	11.50	3.14	19	17.36	8.08	19	2.54	0.70	19	3.69	1.12
Hembra	29	11.05	1.85	29	601.72	333.12	13	16.63	29.25	13	28.16	24.65	12	1.69	1.82	12	4.60	1.20
Abr_08	100	12.14	1.87	100	380.00	199.15	36	15.71	19.69	36	18.33	11.21	36	3.12	3.14	36	3.71	1.49
Macho	46	11.22	1.40	46	307.83	158.13	18	9.51	2.28	18	11.34	6.80	18	2.50	0.54	18	2.86	1.21
Hembra	54	12.93	1.87	54	441.48	210.90	18	21.92	26.67	18	25.33	10.44	18	3.74	4.38	18	4.56	1.25
May_08	56	10.24	1.60	56	398.21	222.78	32	28.13	31.89	32	20.13	13.63	32	7.54	5.63	32	6.01	3.06
Macho	36	9.64	1.25	36	336.11	191.46	16	9.96	3.28	16	10.56	4.45	16	5.20	3.25	16	5.24	3.02
Hembra	20	11.33	1.62	20	510.00	235.98	16	46.30	37.23	16	29.69	13.00	16	9.89	6.57	16	6.78	2.99
Sep_08	13	10.04	1.09	13	570.77	163.83	13	4.68	3.02	13	24.13	7.08	13	0.81	0.50	13	4.53	0.95
Macho	10	10.15	1.20	10	596.00	164.33	10	5.86	2.33	10	23.53	6.89	10	1.01	0.38	10	4.18	0.71
Hembra	3	9.67	0.58	3	486.67	160.42	3	0.77	0.35	3	26.13	8.88	3	0.16	0.06	3	5.72	0.68
Oct_08	8	12.44	2.21	8	817.50	331.65	8	7.90	8.28	8	30.90	10.02	8	0.89	0.73	8	4.16	1.36
Macho	3	12.33	2.47	3	966.67	482.22	3	15.33	8.72	3	28.67	13.42	3	1.55	0.26	3	3.10	0.14
Hembra	5	12.50	2.35	5	728.00	222.53	5	3.44	3.96	5	32.24	8.92	5	0.49	0.61	5	4.80	1.38
Feb_09	37	11.82	2.29	37	751.35	351.28	32	27.97	44.52	32	33.72	26.98	32	3.68	5.38	32	4.08	1.62
Macho	20	11.13	1.18	20	627.50	153.45	18	15.34	2.68	18	21.71	10.39	18	3.98	6.42	18	3.44	1.35
Hembra	17	12.65	2.97	17	897.06	456.03	14	44.21	64.90	14	49.17	33.74	14	3.29	3.87	14	4.91	1.60
All Groups	486	11.41	2.00	486	589.76	321.43	290	14.69	22.49	290	26.79	19.26	288	2.65	3.51	289	4.41	1.92

ANEXO VI

Pruebas de normalidad y homocedasticidad.

Pruebas de normalidad con el modelo Kolmogorov-Smirnov ($\alpha=0.20$).

	Totales		Hembras		Machos	
	d	Prob.	d	Prob.	d	Prob.
LM	0.1356	p<0.01	0.1483	p<0.01	0.1118	p<0.01
PT	0.1198	p<0.01	0.1307	p<0.01	0.1021	p<0.01
PG	0.2951	p<0.01	0.2872	p<0.01	0.1083	p<0.05
PGD	0.1740	p<0.01	0.1684	p<0.01	0.1183	p<0.05
IGS	0.2705	p<0.01	0.2765	p<0.01	0.3102	p<0.01
IGD	0.0991	p<0.01	0.2317	p<0.01	0.1137	p<0.05

	Nov-07		Hembras		Machos	
	d	Prob.	d	Prob.	d	Prob.
LM	0.2140	p<0.01	0.1930	p>0.20	0.2183	p<0.01
PT	0.1238	p>0.20	0.1015	p>0.20	0.1251	p>0.20
PG	0.1266	p>0.20	0.2081	p>0.20	0.1189	p>0.20
PGD	0.2030	p<0.05	0.2671	p<0.10	0.1110	p>0.20
IGS	0.1979	p<0.05	0.3681	p<0.01	0.1259	p>0.20
IGD	0.3453	p<0.01	0.3872	p<0.01	0.0891	p>0.20

	Dic-07		Hembras		Machos	
	d	Prob.	d	Prob.	d	Prob.
LM	0.1810	p<0.15	0.1669	p>0.20	0.1929	p>0.20
PT	0.1641	p<0.20	0.1888	p>0.20	0.2192	p<0.20
PG	0.1118	p>0.20	0.2057	p>0.20	0.1996	p>0.20
PGD	0.2013	p<0.10	0.2109	p>0.20	0.1895	p>0.20
IGS	0.1739	p<0.20	0.3084	p<0.05	0.1377	p>0.20
IGD	0.0950	p>0.20	0.1474	p>0.20	0.1440	p>0.20

	Ene-08		Hembras		Machos	
	d	Prob.	d	Prob.	d	Prob.
LM	0.1781	p<0.01	0.1729	p<0.15	0.1426	p>0.20
PT	0.1891	p<0.01	0.1773	p<0.15	0.1578	p<0.15
PG	0.2246	p>0.10	0.2388	p>0.20	0.2435	p>0.20
PGD	0.2843	p<0.05	0.2896	p>0.20	0.2871	p<0.10
IGS	0.2003	p<0.15	0.2388	p>0.20	0.2939	p<0.10
IGD	0.1540	p>0.20	0.1725	p>0.20	0.2304	p>0.20

	Mar-08		Hembras		Machos	
	d	Prob.	d	Prob.	d	Prob.
LM	0.1535	p<0.10	0.1286	p>0.20	0.1475	p>0.20
PT	0.2095	p<0.01	0.1824	p>0.20	0.2169	p<0.10
PG	0.3151	p<0.01	0.3101	p<0.15	0.1624	p>0.20
PGD	0.2584	p<0.05	0.3621	p<0.05	0.2003	p>0.20
IGS	0.1915	p<0.15	0.3531	p>0.10	0.3131	p<0.05
IGD	0.1050	p>0.20	0.1811	p>0.20	0.1488	p>0.20

	Abr-08		Hembras		Machos	
	d	Prob.	d	Prob.	d	Prob.
LM	0.1599	p<0.05	0.1525	p<0.20	0.2357	p<0.05
PT	0.1100	p<0.20	0.0948	p>0.20	0.1284	p>0.20
PG	0.3660	p<0.01	0.3075	p<0.10	0.2199	p>0.20
PGD	0.1351	p>0.20	0.1768	p>0.20	0.2676	p<0.15
IGS	0.3276	p<0.01	0.2545	p<0.20	0.1505	p>0.20
IGD	0.0815	p>0.20	0.1242	p>0.20	0.1390	p>0.20

	May-08		Hembras		Machos	
	d	Prob.	d	Prob.	d	Prob.
LM	0.1418	p<0.20	0.2074	p>0.20	0.1683	p>0.20
PT	0.1445	p<0.20	0.2669	p<0.10	0.1225	p>0.20
PG	0.2894	p<0.01	0.2155	p>0.20	0.1921	p>0.20
PGD	0.1551	p>0.20	0.2180	p>0.20	0.1606	p>0.20
IGS	0.2215	p<0.10	0.1752	p>0.20	0.2402	p>0.20
IGD	0.1605	p>0.20	0.1638	p>0.20	0.2086	p>0.20

	Sep-08		Hembras		Machos	
	d	Prob.	d	Prob.	d	Prob.
LM	0.1782	p>0.20	0.3848	p>0.20	0.1601	p>0.20
PT	0.1601	p>0.20	0.1998	p>0.20	0.1954	p>0.20
PG	0.1153	p>0.20	0.2045	p>0.20	0.1746	p>0.20
PGD	0.2541	p>0.20	0.2790	p>0.20	0.2498	p>0.20
IGS	0.1613	p>0.20	0.3848	p>0.20	0.2503	p>0.20
IGD	0.1173	p>0.20	0.3061	p>0.20	0.1479	p>0.20

	Oct-08		Hembras		Machos	
	d	Prob.	d	Prob.	d	Prob.
LM	0.3096	p>0.20	0.2651	p>0.20	0.3486	p>0.20
PT	0.2634	p>0.20	0.3501	p>0.20	0.2107	p>0.20
PG	0.2298	p>0.20	0.3040	p>0.20	0.2692	p>0.20
PGD	0.1656	p>0.20	0.2257	p>0.20	0.2151	p>0.20
IGS	0.2855	p>0.20	0.4165	p>0.20	0.2869	p>0.20
IGD	0.2647	p>0.20	0.1932	p>0.20	0.2807	p>0.20

	Feb-08		Hembras		Machos	
	d	Prob.	d	Prob.	d	Prob.
LM	0.1721	p>0.20	0.1585	p>0.20	0.1209	p>0.20
PT	0.2068	p<0.10	0.1725	p>0.20	0.1711	p>0.20
PG	0.3900	p<0.01	0.2761	p>0.20	0.1190	p>0.20
PGD	0.2090	p<0.15	0.2038	p<0.20	0.1949	p>0.20
IGS	0.3792	p<0.01	0.2770	p<0.20	0.5190	p<0.01
IGD	0.1247	p>0.20	0.1823	p>0.20	0.1658	p>0.20

Pruebas de homocedasticidad de varianzas con el modelo de Levene ($\alpha=0.05$).

Efecto	Mes y Sexo		Sexo		Meses		Machos		Hembras	
	F	P	F	p	F	p	F	p	F	p
LM	3.375	0.000	16.575	0.000	2.369	0.013	2.356	0.018	2.017	0.046
PT	4.630	0.000	18.980	0.000	3.337	0.001	3.425	0.001	2.991	0.003
PG	15.355	0.000	71.158	0.000	7.547	0.000	3.302	0.002	10.319	0.000
PGD	4.721	0.000	25.291	0.000	3.246	0.001	4.438	0.000	2.456	0.017
IGS	8.583	0.000	28.656	0.000	10.199	0.000	4.668	0.000	12.180	0.000
IGD	2.892	0.000	0.287	0.592	4.067	0.000	3.353	0.001	2.824	0.007

ANEXO VII

Pruebas de normalidad y homocedasticidad de datos transformados con logaritmo natural.

Pruebas de normalidad con el modelo Kolmogorov-Smirnov ($\alpha=0.20$) de datos transformados.

	Totales		Hembras		Machos	
	d	Prob.	d	Prob.	d	Prob.
LM	0.103	p<0.01	0.110	p<0.05	0.121	p<0.01
PT	0.090	p<0.01	0.068	p>0.20	0.111	p<0.01
PG	0.109	p<0.01	0.094	p>0.20	0.106	p<0.10
PGD	0.050	p>0.20	0.110	p<0.10	0.043	p>0.20
IGS	0.110	p<0.01	0.103	p<0.15	0.140	p<0.01
IGD	0.054	p>0.20	0.107	p<0.15	0.052	p>0.20

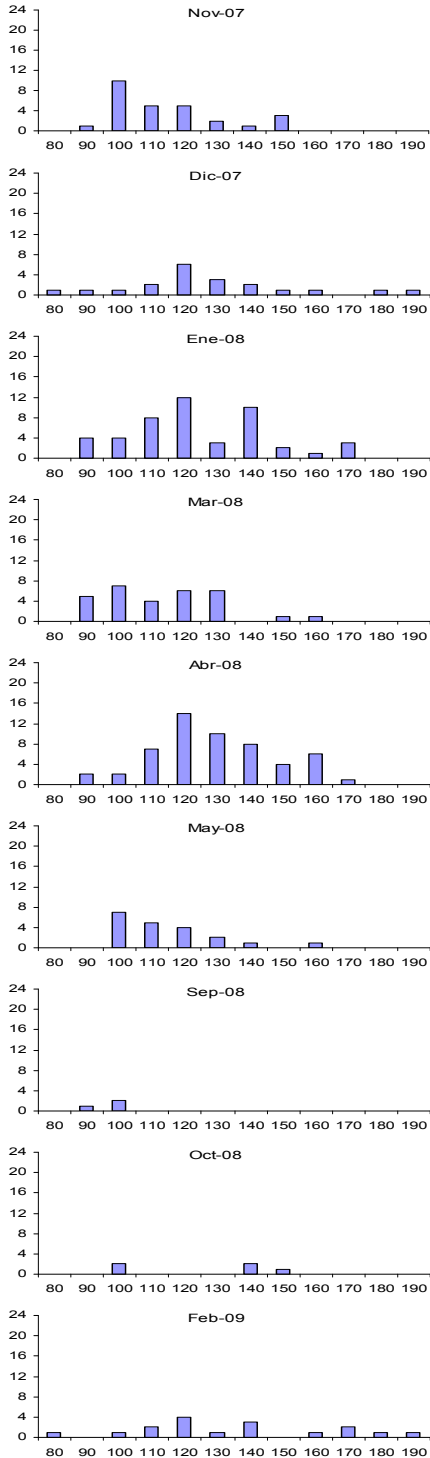
Pruebas de homocedasticidad de varianzas con el modelo de Levene ($\alpha=0.05$) de datos transformados.

Efecto	Mes y Sexo		Sexo		Meses		Machos		Hembras	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
LM	2.243	0.003	3.898	0.049	1.770	0.071	1.882	0.063	1.713	0.097
PT	4.182	0.000	0.056	0.813	5.188	0.000	7.619	0.000	1.455	0.175
PG	9.480	0.000	151.473	0.000	1.003	0.438	1.919	0.061	4.439	0.000
PGD	1.556	0.076	0.337	0.562	2.939	0.002	2.163	0.033	1.141	0.341
IGS	6.449	0.000	133.138	0.000	3.275	0.001	1.902	0.063	3.749	0.001
IGD	2.953	0.000	2.212	0.138	3.141	0.001	3.393	0.001	2.398	0.020

ANEXO VIII

Frecuencia de tallas mensual valores del eje "x" son tallas; valores del eje "y" es frecuencia observada.

Hembras



Machos

