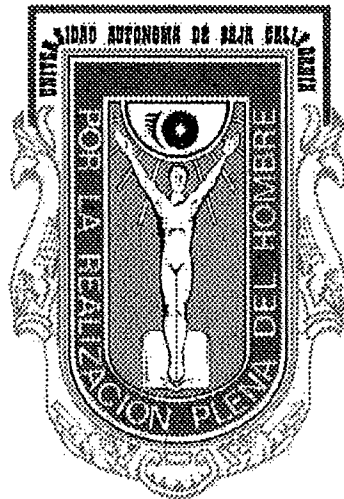


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



Biología Reproductiva del Cardenal, *Apogon retrosella* (Gill, 1983)

(Pisces: Apogonidae) en Bahía de las Ánimas, Baja California,

México.

**QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS
PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA
CARLOS ABRAHAM GUERRERO RUIZ**

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFIA COSTERA

Biología Reproductiva del Cardenal, *Apogon retrosella* (Gill, 1983)

(Pisces: Apogonidae) en Bahía de las Ánimas, Baja California,

México

T E S I S

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA
OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

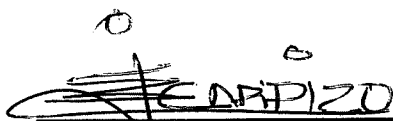
PRESENTA

CARLOS ABRAHAM GUERRERO RUIZ

Aprobada por:

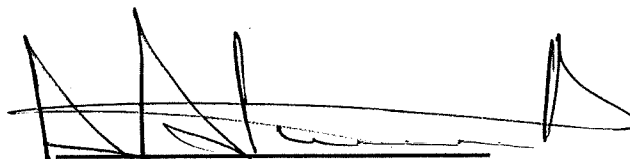


M.C. Conal David True
Director de tesis



Dr. Eugenio Carpizo Ituarte

Sinodal



M.C. José Antonio Eliseo
Almanza Heredia

Sinodal

DEDICATORIA

A mi madre, **Maria Guadalupe Ruiz Rodríguez**, porque me ha brindado su amor y su
carifio desde el mismo momento en que nací.

Porque gracias a ella soy lo que soy.

Gracias a su amor, su comprensión y su carifio que siempre me ha brindado, me ha
ayudado a salir de los momentos difíciles y forma parte de los momentos
más felices de mi vida.

Gracias a ella que es mi motor principal en todo lo que emprendido, y sin su ayuda esta
aventura jamás habría sido posible.

A mi hermana Brenda, a mi hermano Víctor y a mi sobrina Britany que los amo mucho
y son parte importante de mi vida.

Gracias mamá

Tu hijo que te ama

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor Conal David True que es parte importante de mi formación, siempre estuvo atento en todo momento en este difícil camino, fue mi soporte en momentos difíciles y mi amigo en los momentos felices. Gracias por toda su comprensión y guiarme durante este trayecto. Gracias por formar parte de mi vida.

A Dahlen L. Gomez Togo, C. Horacio Garcia-Rojas Enderley, Ricardo Higuera Lopez y a todo el equipo de Bahía de las Ánimas. Gracias a ellos el presente trabajo fue posible y son parte fundamental en este estudio. Gracias porque siempre me brindaron su ayuda y me alentaron en todo momento. Gracias porque antes que nada me brindaron su amistad. Gracias por hacerme disfrutar esta tesis. De corazón se los agradezco infinitamente.

Agradezco al equipo de Histología, Guillermina Chi Barragán, por enseñarme todo lo que se sobre histología y algo de reproducción, porque siempre estuvo atenta y dispuesta a compartir su conocimiento. A Pao, Ely y Jose porque siempre estuvieron atentas y me brindaron su ayuda en todo momento. Gracias por brindarme momentos divertidos en el laboratorio de histología. Gracias por corregirme en los momentos oportunos.

Gracias al equipo del UBP (mejor conocido como "Laboratorio de Totoabas") Gerardo Sandoval e Ivan Monay porque me ayudaron en todo momento. Gracias por brindarme su amistad.

Gracias a Beto (Alberto Rivas), Sara O. Topete, Alicia, Rafa, Cristina, porque me brindaron su amistad y su ayuda durante este trabajo. Se los agradezco de corazón.

Al profesor Eugenio Carpizo Ituarte y al profesor José Antonio Eliseo Almanza Heredia porque con sus comentarios enriquecieron y mejoraron este trabajo.

A la doctora Lus López, al personal del almacén de la Fac. de Ciencias Marinas por permitirme usar el equipo y material en todo momento.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento mediante la beca a postgrado. A la novena convocatoria interna de investigación de la UABC, la cual financió la tesis por medio del proyecto "Desarrollo de la Biotecnología Para el Cultivo de Peces de Ornato en Baja California" en el programa # 316. A la Facultad de Ciencias Marinas y al Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO), por todas las facilidades brindadas. A todos los profesores y personal que forman parte del programa de postgrado de Oceanografía Costera por todo el conocimiento y ayuda que me brindaron.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

RESUMEN

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL CARDENAL, *Apogon retrosella* (GILL, 1983)
(PISCES: APOGONIDAE) EN BAHÍA DE LAS ÁNIMAS, BAJA CALIFORNIA,
MÉXICO.

Maestro en Ciencias

Carlos Abraham Guerrero Ruiz

El presente es el primer trabajo de la descripción de la biología reproductiva del cardenal *Apogon retrosella*. Se analizaron las gónadas de las hembras mediante la descripción histológica. Los ovocitos fueron clasificados en: cromatina nuclear, estadio de desarrollo perinuclear, alveolo cortical, vitelogénesis primaria, vitelogénesis secundaria, vitelogénesis terciaria, maduro; así también como la presencia de folículos post ovulatorios. La época reproductiva para esta especie en Bahía de las Ánimas se presentó de junio a septiembre. *Apogon retrosella* es un desovador múltiple de tipo sincrónico de grupo evidenciado por la presencia de folículos post ovulatorios y ovocitos en distintos estadios en un mismo corte histológico. La morfología bucal fue comparada entre sexos y entre épocas; la estructura de la boca (Dnt-Hyp y Inf-Hyp) presentó cambios en los machos durante la época reproductiva pero no así en las hembras, sugiriendo un dimorfismo sexual el cual se presenta de manera temporal durante la época reproductiva. El incremento de en la estructura de la boca está asociado a la expansión de la cavidad bucal del macho como una adaptación a la incubación bucal. La estructura de la

población varió durante el periodo de muestreo, presentándose un incremento de tallas y peso en la época reproductiva, sugiriendo una probable segregación de tallas.

CONTENIDO

1. Introducción	1
1. 2 Antecedentes	4
1. 2.1 Familia Apogonidae	4
1. 2.2 Biología reproductiva	5
1. 2.3 Desarrollo gonádico	7
1. 2.4 Cuidado bucal	8
2. Objetivos	10
3. Metodología	11
3. 1 Obtención de las muestras	11
3. 2 Determinación de cambios morfológicos asociados a la época reproductiva	13
3. 3 Caracterización de las diferentes estadios del desarrollo de la gónada	15
3. 4 Análisis estadístico de las biometrías asociadas a la boca	17
3. 5 Análisis de estructura de poblaciones	18
4. Resultados	19
4. 1 Biometrías	19

4. 2 Análisis de componentes principales	21
4. 3 Estructura y desarrollo gonadal	23
4. 3.1 Apariencia y descripción de la gónada	23
4. 3.2 Diámetros de los ovocitos	25
4. 3.3 Índice gonadosomático	28
4. 4 Descripción histológica de los diferentes estadios del desarrollo de los ovocitos	30
4. 4. 1 Crecimiento primario	30
4. 4. 2 Alveolo cortical	30
4. 4. 3 Vitelogénicos	33
4. 4. 3. 1 Ovocitos vitelogénicos primarios	33
4. 4. 3. 2 Ovocitos vitelogénicos secundarios	35
4. 4. 3. 3 Ovocitos vitelogénicos terciarios	37
4. 4. 4 Maduro	39
4. 4. 5 Folículo post ovulatorio	40
4. 4. 6 Huevos desovados	41
4. 5 porcentaje de ocurrencia de los estadios de desarrollo de la gónada de <i>Apogon retrosella</i>	43
4. 6 Estructura de la población	48
4. 7 Relacion longitud – peso y tipo de crecimiento	53

4. 8 Temperatura	56
4. 9 Fotoperiodo	58
5. Discusión	59
5.1 Reproducción	59
5. 2 Biometrías	63
5.2.1 Cambios morfológicos en la estructura de la boca asociados a la época reproductiva	63
5. 3 Estructura de la población	66
6. Conclusiones	69
7. Recomendaciones	70
8. Literatura citada	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Zona de muestreo, Bahía de las Ánimas, Baja California, México (N 28°57', W 113°33')	12
Figura 2. Diferentes medidas morfométricas	14
Figura 3. Diferencias morfológicas entre las gónadas de machos y hembras	24
Figura 4. Progresión de los diámetros de los ovocitos	26
Figura 5. Progresión mensual de los diámetros de los ovocitos	27
Figura 6. Progresión del índice gonadosomático de las Hembras	29
Figura 7. Progresión del índice gonadosomático de los Machos	29
Figura 8. Ovocito en estadio de cromatina nuclear y en el estadio de desarrollo perinuclear	31
Figura 9. Ovocito en estadio de desarrollo de alveolo cortical	32
Figura 10. Ovocito en estadio de desarrollo de vitelogénesis primaria	34
Figura 11. Ovocito de en estadio de desarrollo de vitelogénesis Secundaria	36
Figura 12. Ovocito en estadio de desarrollo de vitelogénesis terciaria	38
Figura 13. Ovocito maduro	39
Figura 14. Folículos post ovulatorios	40
Figura 15. Huevo desovado	42
Figura 16. Porcentaje de frecuencias	44
Figura 17. Desarrollo de la gónada durante la época no reproductiva	45
Figura 18. Desarrollo de la gónada previo a la época reproductiva	46

Figura 19. Desarrollo de la gónada de durante la época reproductiva	47
Figura 20. Proporción de sexos	48
Figura 21. Promedios de peso total	51
Figura 22. Promedios de longitud estándar	52
Figura 23. Correlación entre la longitud estándar y peso total para las hembras	54
Figura 24. Correlación entre la longitud estándar y peso total para los machos	55
Figura 25. Fluctuaciones de la temperatura en Bahía de las Ánimas	57
Figura 26. Fluctuaciones del fotoperiodo en Bahía de las Ánimas	58

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Descripción de las diferentes medidas morfométricas	13
Tabla II. Análisis estadístico para la comparaciones entre hembras y machos para las diferentes variables morfométricas asociadas a la región de la boca en la época no reproductiva	20
Tabla III. Análisis estadístico para la comparaciones entre hembras y machos para las diferentes variables morfométricas asociadas a la región de la boca en la época reproductiva	20
Tabla IV. Análisis de componentes principales para las diferentes variables asociadas a la región de la boca	22
Tabla V. Análisis estadístico U de Mann-Whitney para longitud estándar y el peso total durante la época reproductiva y no reproductiva para machos y hembras	49
Tabla VI. Principales indicadores asociados a la longitud estándar por mes y sexo	50

1. INTRODUCCIÓN

El cardenal *Apogon retrosella* (Gill, 1983) es una especie endémica del Golfo de California (Amescua-Linares, 1996; Aceves-Medina *et al.*, 2003) y pertenece a una de las familias con mayor demanda ornamental (Apogonidae) (Torres-Orozco, 1979; Gotshall, 1987; Goodson, 1988; De la Cruz-Agüero *et al.*, 1997). Éste pez es de un color rosado a rojo brillante, exhibe una mancha conspicua en el pedúnculo caudal y en la segunda aleta dorsal presenta una franja oscura que continúa por debajo de la línea lateral (Thomson *et al.*, 1987). A pesar de ser una especie de interés en el mercado de peces ornamentales, no existen trabajos sobre la descripción de su biología reproductiva. Los textos que describen a esta especie se limitan a mencionar su distribución geográfica (Thomson *et al.*, 1987; Amescua-Linares, 1996).

El estudio de la biología reproductiva es un componente esencial para entender la biología de peces (Mackie y Lewis, 2001; Mura *et al.*, 2003). Éste tipo de estudios permiten implementar los planes de manejo en el caso de las pesquerías y son la base para el desarrollo de metodologías de cultivo. Los cambios reproductivos que ocurren a lo largo de un ciclo anual son importantes para conocer la historia reproductiva de una especie en particular. Estos estudios incluyen la evaluación del tamaño del pez, la edad de maduración sexual, fecundidad, duración de la estación reproductiva y el comportamiento

durante el desove, permitiendo cuantificar la capacidad reproductiva individual del pez o de una población (Mura *et al.*, 2003). Los datos requeridos para proveer tal información son obtenidos principalmente a través de la examinación y clasificación de las gónadas en sus diferentes estadios de desarrollo (Mackie y Lewis, 2001).

El estudio de la biología reproductiva en la familia Apogonidae se ha enfocado a documentar diversas áreas del proceso reproductivo. En general para el género Apogon se han descrito las diferentes etapas de desarrollo de la gónada durante el ciclo reproductivo (Vagelli, 1999; Kume *et al.*, 2000, 2002 y 2003; Lahnsteiner, 2003). Otro aspecto que ha recibido atención es el comportamiento reproductivo de las diversas especies de la familia Apogonidae, encontrando que el común denominador es el despliegue de un cortejo reproductivo (Kawamura, 1985; Okuda, 1999; Okuda y Ohnishi, 2001; Kolm, 2002; Kolm y Olsson, 2003). Como un aspecto sobresaliente de esta familia se ha descrito como parte del comportamiento reproductivo el cuidado bucal de los huevos por parte del macho hasta su etapa de eclosión (Okuda, 2001; Okuda y Ohnishi, 2001; Okuda *et al.*, 2002, 2003)

En la actualidad *Apogon retrosella* se encuentra sujeta a una pesquería de fomento para abastecer el mercado de peces de ornato del sur de California. Teniendo en cuenta que en las últimas dos décadas la industria de peces de ornato a incrementado su valor económico a nivel mundial de 40 a 2000

millones de dólares (Oliver, 2001), el estudio de la biología reproductiva de *Apogon retrosella* permitirá tener las bases para evaluar la factibilidad de su cultivo y plan de manejo como recurso sustentable.

1. 2 Antecedentes

1. 2.1 Familia Apogonidae

La familia Apogonidae cuyos miembros se conocen como peces cardenales, son marinos, e incluyen aproximadamente 300 o más especies, en 20 géneros (Thomson *et al.*, 1987; Okuda, 2000; Okuda *et al.*, 2002). A los miembros de la familia Apogonidae se les encuentra en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Frasell y Randall, 2002), se distribuyen en el Indo-Pacífico, Océano Pacífico, Mar Rojo, Atlántico y Golfo de California (Thomson *et al.*, 1987; Okuda y Yanagisawa, 1996b; Okuda, 1999; Gon y Golani, 2002; Gon y Randall, 2003; Greenfield, 2003). Por lo general habitan aguas poco profundas en zonas arrecifales, zonas con fondos lodosos y arenosos, y en algunos casos pueden habitar zonas con más de 100 m de profundidad (Thomson *et al.*, 1987; Okuda y Yanagisawa, 1996b; Okuda, 1999; Kume *et al.*, 2000; Vagelli y Erdmann, 2002). La mayoría de las especies de la familia Apogonidae son generalmente pequeños (<100 mm), de hábitos nocturnos, en el día buscan protección en las oquedades de las rocas, y por la noche se alimentan de plancton, crustáceos y pequeños peces (Vivien, 1975; Kuwamura, 1985; Thomson *et al.*, 1987; Amescua-Linares, 1996; Okuda, 2001; Michael y Bellwood, 2002).

En el Golfo de California se distribuyen tres especies más de la familia Apogonidae, aparte de *Apogon retrosella*, estas especies son: *Apogon dovii*, que se extiende desde las costas de Mazatlán hasta las costas de Perú; *Apogon parri* que se encuentra en las Islas de Pedro Nolasco y de Cabo San Lucas a las costas de Perú y *Apogon atricaudus* que se encuentra en las Islas Revillagigedo y Cabo San Lucas (Thomson *et al.*, 1987). La familia Apogonidae ha sido muy poco estudiada en el Golfo de California, los únicos estudios con los que se cuenta, son los de la distribución de cada unas de las especies, publicadas por Thomson *et al.* (1987).

1. 2.2 Biología reproductiva

La mayoría de los peces cardenales alcanzan la maduración sexual al año de edad (>51.03 mm, longitud total) (Kume *et al.*, 2000, 2003). En *Apogon niger* una vez que se encuentran en la época reproductiva se mueven una distancia de 1.65 m en promedio, pero también se les encuentra hasta distancias de 12 m entre diferentes resguardos para formar parejas (Kuwanura, 1985; Okuda, 1999). La hembra se mueve más extensivamente que el macho (Okuda, 1999). Aunque la mayoría de las parejas se separan después de la reproducción, algunas suelen compartir el refugio una vez concluido el desove, sin embargo en las parejas que se separan la hembra es la que se aleja del

sitio del desove y suele cambiar de compañero (Kuwamura, 1985; Okuda, 1999). La reproducción involucra despliegue de cortejo, previo y posterior al desove (Kuwamura, 1985; Okuda, 1999). La hembra es quien lo inicia y ocurre normalmente con los que se encuentran en las madrigueras adyacentes, realizándose de forma intermitente durante 3 a 4 días (Kuwamura, 1985; Okuda, 1999, 2001; Vagelli, 1999). En *Apogon niger* la hembra inclina ligeramente la cabeza hacia arriba y el macho ligeramente hacia abajo formando una cruz, en los machos aparecen tres bandas verticales de color oscuro y las hembras toman un color más claro (Kuwamura, 1985). Una vez terminado el cortejo recobran su color natural (Kuwamura, 1985). En *Apogon doederleini*, hembra y macho nadan paralelamente lado a lado, formando círculos de 20 cm de diámetro; durante el desarrollo del cortejo el cuerpo del macho y de la hembra suelen tomar un color claro en la línea lateral y en la zona del punto del pedúnculo caudal (Kuwamura, 1985).

Lahnsteiner (2003) reporta que la fecundación de *Apogon imberbis* es interna, el macho con su aleta anal envuelve el abdomen de la hembra y cubre la papila genital, y posterior a la fecundación, la hembra desova una masa de huevos que es tomada en la boca del macho para su incubación. En contraste, la hembra y el macho de *Pterapogon kauderni* liberan sus gametos cuando se encuentran colocados uno a lado del otro y posteriormente el macho toma en su boca los huevos fertilizados (Vagelli, 1999). De manera similar las hembras de *A. doederleini* liberan una masa de huevos de 2 a 3 cm de diámetro y unos

segundos después es tomada en la boca del macho (Kuwamura, 1985). En la familia Apogonidae el intervalo entre dos desoves es de 9 a 12 días (Kuwamura, 1985); *A. doederleini* llega a desovar de 4 a 10 ocasiones en una misma época reproductiva (Okuda y Yanagisawa, 1996a, b). Los machos de *A. niger* desovan de 3 a 5 ocasiones y las hembras de 5 a 17 veces en una misma época reproductiva (Okuda, 1999). Al inicio de la época reproductiva de *A. niger*, los desoves se realizan en periodos de 25 días y conforme la época reproductiva avanza el tiempo entre los desoves disminuye a 14 días, incrementando el número de desoves (Okuda, 2001).

1. 2.3 Desarrollo gonádico

A la fecha se cuentan con pocos trabajos sobre la descripción histológica y los diferentes estadios de desarrollo de las gónadas para la familia Apogonidae. Para *Apogon lineatus*, Kume *et al.* (2000) reportaron seis estadios de desarrollo de los ovocitos (perinuclear, vesícula vitelina, vitelo primario, vitelo secundario, vitelo terciario y ovocito maduro). El desarrollo de la gónada de hembras de *A. lineatus* (en la Bahía de Tokyo) muestra una clara tendencia estacional, inicia en junio y alcanza el 100% de su maduración de agosto a septiembre, y la aparición de los ovarios agotados se observa en octubre (Kume *et al.*, 2000, 2003). En contraste con las hembras, los machos no muestran una clara estacionalidad, inician en mayo y alcanzan el 100% de su madurez en junio (Kume *et al.*, 2000, 2003). Posteriormente en octubre se

presentan folículos post ovulatorios, presentándose la época de desove en julio y octubre (Kume *et al.*, 2000, 2003). *A. lineatus* es desovador múltiple (Kume *et al.*, 2000). Un aspecto importante en *A. lineatus* es que después del estadio de vitelo terciario no existe crecimiento del ovocito (el proceso de hidratación es limitado), lo cual parece ser una estrategia para eficientizar la utilización de la cavidad bucal de los machos al momento de iniciar la incubación bucal (Kume *et al.*, 2000).

1. 2.4 Cuidado bucal

Como se ha mencionado anteriormente los miembros de la familia Apogonidae presentan cuidado bucal de los huevos, actividad que lleva acabo el macho (Thomson *et al.*, 1987; Okuda, 1999, 2001; Vagelli, 1999). El período de incubación de los huevos dura de 5 a 17 días, y es dependiente de la temperatura del agua (Kuwamura, 1985; Okuda y Yanagisawa, 1996b; Okuda, 1999; Kolm, 2004). Un mismo macho puede llegar a incubar de 3 a 10 desoves diferentes en una misma época reproductiva (Kuwamura, 1985; Okuda y Yanagisawa, 1996a, b). Durante el período de incubación bucal el macho reduce su alimentación lo que ocasiona la disminución en su condición física, y debido a esto se ha observado canibalismo filial de los huevos (Okuda y Yanagisawa, 1996a, b; Okuda, 1999; Takeyama *et al.*, 2002). Los machos suelen comerse entre el 8.6 y el 15.5% (canibalismo parcial), o el 100% de la masa de huevos (canibalismo total) (Okuda y Yanagisawa, 1996a). Se a

observado que las hembras de *A. lineatus* producen alrededor del 18% de huevos sin vitelo (Kume *et al.*, 2002). Esta estrategia de restricción del vitelo en un porcentaje de la masa de huevos reduce el costo de su producción, así también reduce el canibalismo sobre los huevos que presentan vitelo (Kume *et al.*, 2002). Previo a la eclosión, los machos de *A. niger* mastican ligeramente la masa de huevos durante 13 minutos para inducir la eclosión, posteriormente nadan hacia la superficie y liberan las larvas recién eclosionados (Okuda y Ohnishi, 2001). El proceso de eclosión y liberación se observa en promedio 81 minutos después de la puesta del sol (Okuda y Ohnishi, 2001). En *Pterapogon kauderni* posterior a la eclosión, las larvas pueden refugiarse en la boca del macho (Vagelli, 1999).

2. OBJETIVOS

2.1 Generales:

Describir la biología reproductiva de una población de *Apogon retrosella* en Bahía de las Ánimas, Baja California, México.

2.2 Particulares:

Determinar la época reproductiva durante el período noviembre del 2004 a noviembre del 2005.

Describir los diferentes estadios de la maduración de los ovocitos de *Apogon retrosella*.

Determinar los cambios morfológicos asociados al dimorfismo sexual durante época reproductiva en la población de *Apogon retrosella*.

Determinar si existe una adaptación de las dimensiones bucales en machos asociada a la época reproductiva.

3. METODOLOGÍA

3. 1 Obtención de las muestras

Los especímenes fueron obtenidos de Bahía de las Ánimas (N 28°57', W 113°33') en el Golfo de California (Fig. 1). Se colectaron un total de 594 organismos en el período de noviembre del 2004 a noviembre del 2005, a una profundidad entre 10 y 20 m. En el presente estudio no fue posible contar con la muestra de septiembre del 2005 debido al mal estado del tiempo que impidió realizar la colecta. La captura se realizó durante la noche mediante buceo autónomo con redes manuales. Para evitar que los peces abrieran el hocico por asfixia y evitar que la estructura de la boca fuera alterada, los peces se colocaron en un frasco con anestesia Tricaine-S "MS-222" (Western chemical Inc.) a una concentración de 1g/l, esto garantizó una muerte rápida y con menores cambios en la estructura de la boca. Posteriormente se colocaron en frascos con formol al 10%. Los peces fueron trasladados a la Unidad de Biotecnología en Piscicultura (UBP) de la Universidad Autónoma de Baja California, para su posterior examinación.

Con el fin de obtener las temperaturas durante el período de muestreo, se colocó un termógrafo (HOBO onset, modelo H2O-001) a una profundidad de ± 12 metros, en la zona de hábitat de esta especie.

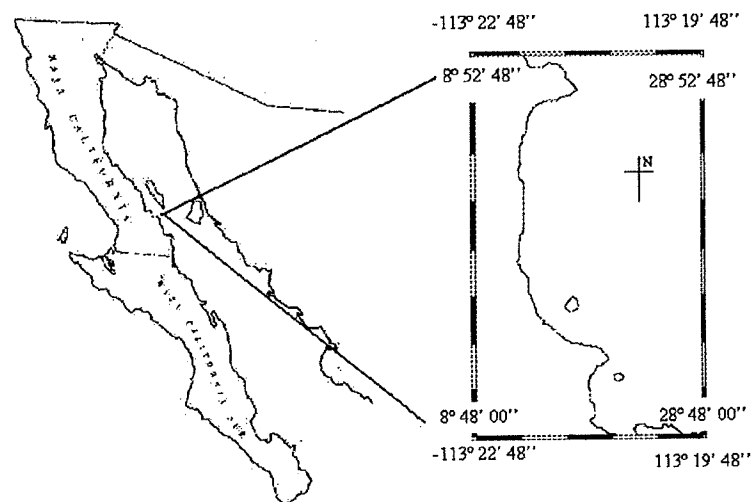


Figura 1. Zona de muestreo, Bahía de las Ánimas, Baja California, México (N 28°57', W 113°33').

3.2 Determinación de cambios morfológicos asociados a la época reproductiva

Se realizaron un total de 14 medidas morfométricas (Tabla I, Fig. 2) a un total de 347 organismos (200 Hembras y 147 Machos) correspondientes al período de marzo del 2005 a noviembre del 2005. Cada una de las medidas fue realizada con un vernier marca Scala® (a una precisión de 0.05 mm).

Tabla I. Descripción de las diferentes medidas morfométricas (modificado de Okuda *et al.* 2002)

Longitud estándar	Ls	Distancia entre la punta del labio superior a la base de la aleta caudal
Longitud de la cabeza	HI	Distancia entre la punta del labio inferior a la base de la aleta pélvica
Longitud del hocico	SnI	Distancia entre la punta del labio superior al margen del ojo
Longitud del labio superior	UJI	Distancia entre la parte anterior del premaxilar a la punta distal del maxilar
Longitud del labio inferior	LJI	Longitud entre la parte final anterior del placa dentaria al margen anterior del "retro-articular"
'Longitud de la zona dentaria - Hypohyal	Dnt-Hyp	Longitud entre la punta del rostro del placa dentaria a la punta anterior del "hypohyal"
Longitud de la zona "Hypohyal" – infraorbital	Inf-Hyp	Distancia entre el margen dorsal del segundo infraorbital a la punta del rostro del "hypohyal"
'Longitud Opercular – "Hypohyal"	Hyp-Opr	Longitud entre la punta al rostro del "hypohyal" a el margen anteroventral del opérculo
Profundidad de la mandíbula	Cd	Longitud entre el margen ventral de la órbita del ojo a la punta caudal de la maxila
Ancho del Interorbital	Low	Distancia entre los márgenes dorsales de la orbita del ojo izquierdo y derecho
Profundidad de la cabeza	Hd	Distancia de la punta caudal del pedúnculo premaxilar a la punta del rostro del "hypohyal"
Ancho del hocico	Mw	Longitud entre la punta posterior de la zona ventral del maxilar izquierdo y derecho
Ancho de la cabeza	Hw	Amplitud máxima de la región de la cabeza
Ancho del ángulo	Aw	Distancia de los márgenes inferiores del ángulos izquierdo y derecho
Ancho del infraorbital	Ifw	Distancia entre los puntos exteriores del infraorbital izquierdo y derecho

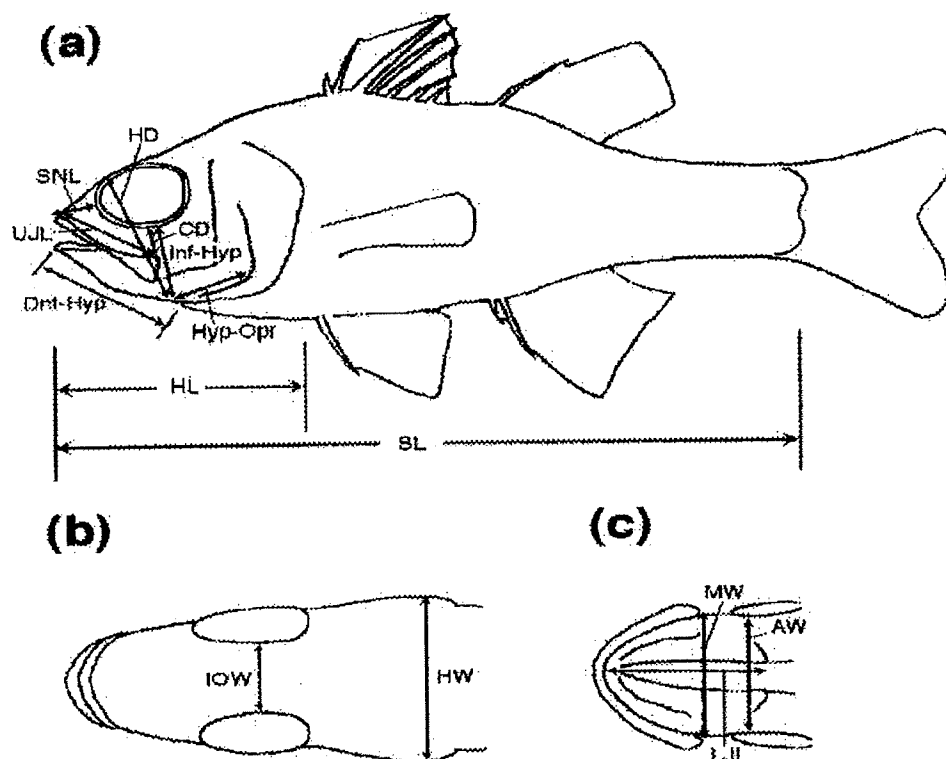


Figura 2. Diagrama de las diferentes medidas morfométricas, vista lateral (a), vista dorsal (b), vista ventral (c) (Modificado de Okuda *et al.* 2002).

3.3 Caracterización de los diferentes estadios del desarrollo de la gónada

Para cada uno de los especímenes se registró el peso total (Pt) y posteriormente fueron disectados y sexados. El hígado y gónadas, fueron extraídos y pesados por separado con una balanza Sartorius® (a una precisión de 1×10^{-4}). Las gónadas fueron almacenadas en viales de plástico con solución fijadora (4% de parafomaldeído, 1% de glutaraldeído en solución amortiguadora de fosfatos) para su posterior examinación histológica.

Con el fin de evaluar la maduración de las gónadas, el Índice Gonadosomático (IG) fueron calculados con la siguiente formula:

$$IG = ((PG/Pt) \times 10^2)$$

Donde:

PG, representa el peso de la gónada del pez; y Pt, es el peso total del pez

Las gónadas de 171 hembras fueron deshidratadas en diferentes concentraciones (anexo) de Etanol (Fisher ChemAlert®) con la ayuda de un histoquinete (Tissue-tek II, mod. 4640 B); posteriormente fueron embebidas en parafina (Paraplast X-TRA) y seccionadas en un micrótopo, a un grosor de 5 a

8 μm . Los cortes fueron montados en portaobjetos. Cada una de las laminillas fueron teñidas con la técnica de Hematoxilina-Eosina (anexo). A cada corte histológico se le fotografió con la ayuda del software de uso científico Pax-It (versión 6.0) y de una cámara digital (PAXCam, mod. PX CM) montada en un microscopio compuesto a una magnificación de 10X. Una cantidad de 4034 ovocitos fueron medidos y clasificados de acuerdo a su morfología, la presencia y posición de la vesícula germinal y los gránulos del vitelo, de acuerdo con Wallace y Selman, 1981 y Kume *et al.*, 2000.

3.4 Análisis estadístico de las biometrías asociadas a la boca

A partir de los datos obtenidos de las biometrías asociadas a la boca, se realizaron las comparaciones entre los distintos rasgos morfométricos. Para determinar si los datos eran paramétricos o no paramétricos, el análisis exploratorio se realizó con la prueba estadística de Kolmogorov – Smirnov. Para las diferencias en los rasgos morfométricos de la boca, entre sexos y entre época reproductiva y no reproductiva, las biometrías fueron analizadas con la prueba estadística de Mann-Whitney ($p < 0.05$). Una vez determinado que existían diferencias, como una prueba adicional y con la finalidad de determinar aquellas variables que expliquen los cambios, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) en 151 peces (109 hembras y 42 machos) correspondientes a la época reproductiva, para las 14 variables. Todos los cálculos fueron realizados con el paquete estadístico STATISTICA (versión 6.1).

3. 5 Análisis de estructura de poblaciones

Para el análisis de la estructura de la población se realizó un análisis estadístico con la prueba U de Mann-Whitney ($p < 0.05$), para comparar Ls y Pt entre sexos (machos y hembras).

También se llevo a cabo un análisis de correlación entre las variables Ls y Pt para describir que tipo de crecimiento se presenta para la población de *Apogon retrosella* para la época reproductiva y no reproductiva el período entre machos y hembras. Para la determinar que tipo de crecimiento presentó la población de *Apogon retrosella* se utilizó la metodología utilizada por Jones *et al.* (1999). Se realizó un análisis exploratorio para eliminar aquellos datos que se consideraron extremos.

4. RESULTADOS

El cardenal *Apogon retrosella* es una especie de hábitos nocturnos. Durante el día es muy difícil de encontrar fuera de sus madrigueras; en periodos donde la luz de la luna es intensa, se mantienen cerca de sus madrigueras, en zonas donde la luz es muy escasa, o entre las rocas (observación personal). Al caer la noche salen a alimentarse y se les puede encontrar entre las zonas rocosas adyacentes a sus madrigueras, en zonas profundas con fondo arenoso, cerca de la superficie, o en la columna del agua. Pueden habitar zonas poco profundas, de uno a dos metros ó hasta profundidades superiores a los 20 m.

4. 1 Biometrías

Las variables morfométricas de la cabeza, fueron clasificadas por sexo y época (ER y NR). El análisis exploratorio (Kolmogorov y Smirnov) de los datos demostró que no hay una distribución normal en algunas de las variables. Con la finalidad de establecer las diferencias entre sexos y épocas (ER y NR). En la época reproductiva, de las 14 variables 7 mostraron ser diferentes entre sexos (Ls, Dnt-Hyp, Hyp-Opr, Inf-Hyp, Hd, Mw, Ljl) (Tabla III). En la mayoría de los rasgos cefálicos que mostraron diferencias, los machos tienden a ser mayores que en las hembras.

Tabla II. Análisis estadístico para la comparaciones entre Hembras (H) & Machos (M) para las diferentes variables morfométricas asociadas a la región de la boca (prueba U de Mann-Whitney, $P < 0.05$) en la época no reproductiva (variables expresadas en cm).

variables	<i>U</i>	<i>p</i>
Ls	3552.5	0.3343
HI	3597.5	0.4050
Dnt-Hyp	3390.5	0.1490
Hyp-Opr	3656.5	0.5100
Inf-Hyp	3682.0	0.5594
Cd	3625.0	0.4522
Hd	3355.0	0.1217
SnI	3739.0	0.6777
UJI	3864.0	0.9623
Low	3717.5	0.6319
Hw	3270.5	0.0724
Mw	3466.0	0.2223
Aw	3406.0	0.1623
LJI	3815.5	0.8492

Tabla III. Análisis estadístico para la comparaciones entre Hembras (H) & Machos (M) para las diferentes variables morfométricas asociadas a la región de la boca (prueba U de Mann-Whitney, $P < 0.05$) en la en la época reproductiva (variables expresadas en cm).

variables	<i>U</i>	<i>p</i>
Ls	1687.0	0.0124 *
HI	2138.0	0.5306
Dnt-Hyp	1540.5	0.0018 *
Hyp-Opr	1665.5	0.0096 *
Inf-Hyp	1805.0	0.0444 *
Cd	1987.5	0.2105
Hd	1635.0	0.0066 *
SnI	1985.5	0.2075
UJI	1869.0	0.0811
Low	1819.5	0.0512
Hw	2078.0	0.3809
Mw	1682.0	0.0117 *
Aw	2162.0	0.5979
LJI	1674.0	0.0106 *

* = indican diferencias significativas a $P < 0.05$

4. 2 Análisis de componentes principales

Como una alternativa de análisis de los caracteres morfométricos, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) entre machos y hembras en la época reproductiva. El ACP mostró que al tercer factor (Tabla IV) explica un 69.83 % de la mayor variabilidad entre ambos sexos. En el primer componente, todas las variables mostraron un valor negativo y de gran carga, explicando un 40.81%. En el segundo componente la explicación aumenta a un 60.52 %, mostrando 4 variables con correlación positiva (HL, Dnt-Hyp, Hyp-Opr, CD), y cinco variables con correlación negativa (Ls, Low, Hw, Mw, Ljl). En el tercer componente solo obtenemos 2 variables (Dnt-Hyp y Inf-Hyp) que están positivamente correlacionadas y con un alto valor de carga y explican el 69.83%. Los valores que muestran un alto valor de carga negativo son Ls, Hyp-Opr, Snl, Ujl, Low.

Tabla IV. Análisis de componentes principales para las diferentes variables asociadas a la región de la boca para machos y hembras durante la época reproductiva (variables expresadas en cm). .

Variables	factor 1	factor 2	factor 3
Ls	-0.8381	-0.0832	-0.2586
HI	-0.6690	0.5604	0.0470
Dnt-Hyp	-0.5156	0.5441	0.4643 *
Hyp-Opr	-0.7548	0.4068	-0.2029
Inf-Hyp	-0.4884	-0.2391	0.6614 *
Cd	-0.5376	0.5252	0.0031
Hd	-0.7544	-0.1536	0.2935
Snl	-0.6961	0.3856	-0.2352
Ujl	-0.4304	0.2761	-0.2374
Low	-0.5547	-0.4173	-0.5355
Hw	-0.3809	-0.7195	-0.1116
Mw	-0.6383	-0.6235	0.1252
Aw	-0.8808	-0.1309	-0.0150
Ljl	-0.5697	-0.5457	0.1609
Eigenvalóres	5.713445	2.760183	1.302567
% de varianza	40.81	19.71	9.30405
% acumulativo	40.81	60.52	69.83

* = valores con un alto valor de carga

4. 3 Estructura y desarrollo gonadal

4. 3.1 Apariencia y descripción de la gónada

Las gónadas de las hembras del cardenal *Apogon retrosella* están compuestos por dos lóbulos cilíndricos de igual tamaño, que se encuentran unidos en un solo oviducto que desemboca en la parte ventral media del pez. Las gónadas en la época no reproductiva son de un color blanco semitransparente; al entrar a la época reproductiva e incrementar su madurez se tornan de un color rosa intenso (Fig. 3 a y b). Las gónadas de los machos se muestran de un color semitransparente en la época reproductiva y no reproductiva, a simple vista no se aprecia la diferencia de color (Fig. 3 a y c).

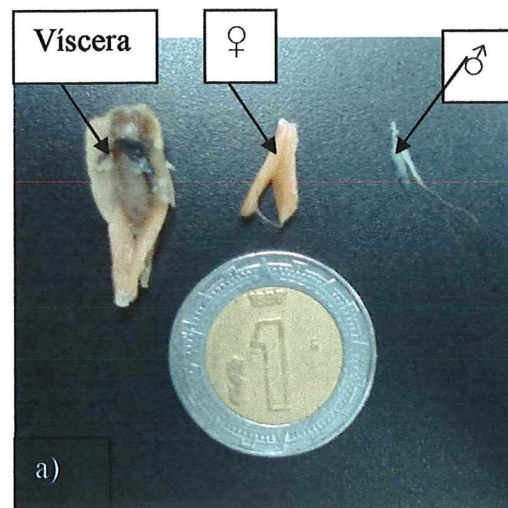


Figura 3. Diferencias morfológicas entre las gónadas de macho y hembra. a) gónadas de hembras, machos y viseras; b) Gónadas de una hembra madura; c) gónadas de un macho maduro. Al estar completamente madura la gónada de las hembras adquiere un color rosa claro. El color y apariencia de las gónadas del macho al entrar a la época reproductiva es muy similar a la presentada en la época no reproductiva, de un color semitransparente.

4. 3.2 Diámetros de los ovocitos

En el presente trabajo se obtuvo una muestra de huevos que fueron desovados en condiciones de laboratorio (una sola hembra), a los cuales se les obtuvo sus diámetros ($478.86 \mu\text{m}$, ± 30.72).

Durante el período de noviembre del 2004 a abril del 2005 el diámetro de los ovocitos no mostró gran cambio (Figs. 4 y 5 a, b, c, d, e, f). En éste período solo se apreció una moda muy marcada, los diámetros que dominaron esta moda fueron de $40\text{-}50 \mu\text{m}$ para noviembre, diciembre del 2005 (Fig. 5). En enero (Figs. 4 y 5, a, b y c) los diámetros dominantes incrementan un poco de 50 a $70 \mu\text{m}$, estos diámetros se mantienen hasta el mes de abril del 2005 (Fig. 5 y f). Durante éste período (noviembre del 2004 - abril del 2005) se apreció ovocitos de un tamaño > 10 y $< 110 \mu\text{m}$ de diámetro.

En el mes de mayo (Figs. 4 y 5 g) se presentó un incremento en el diámetro de los ovocitos. Aunque se observaron diámetros superiores a $490 \mu\text{m}$, solo se distingue una moda muy marcada en donde los diámetros que dominan son de 50 a $70 \mu\text{m}$.

En los meses de junio, julio y agosto (Fig. 5 h, i, j) se presentan dos modas que permanecen constantes durante éste período. La primera es de 50 a $250 \mu\text{m}$, y la segunda moda que abarca de 350 a $500 \mu\text{m}$.

En octubre aún se observaron ovocitos con diámetros de 500 μm , pero solo se puede distinguir una moda que es dominada por ovocitos de 50 a 70 μm de diámetro (Fig. 5 k). En el mes de noviembre del 2005, únicamente se presentan una moda dominada por ovocitos de 40 a ≥ 50 μm de diámetro (Fig. 5, l).

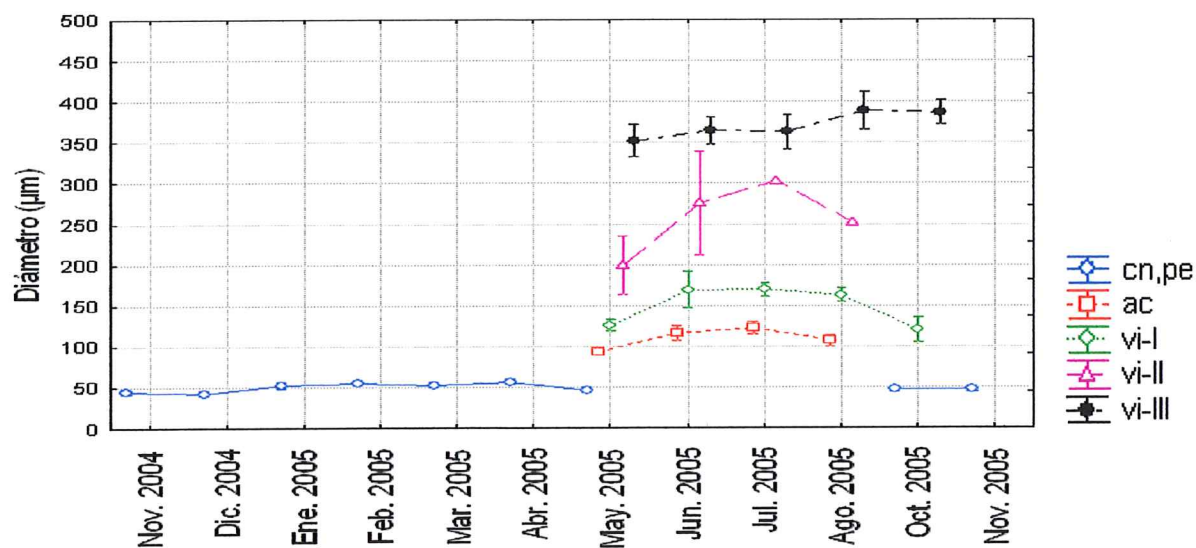


Figura 4. Progresión de diámetros de ovocitos de *Apogon retrosella* durante el periodo de noviembre del 2004 a noviembre del 2005. estadios: cromatina nuclear (cn), perinuclear (pe), alveolo cortical (ac), vitelogénesis primaria (vi-I), vitelogénesis secundaria (vi-II), vitelogénesis terciaria (vi-III).

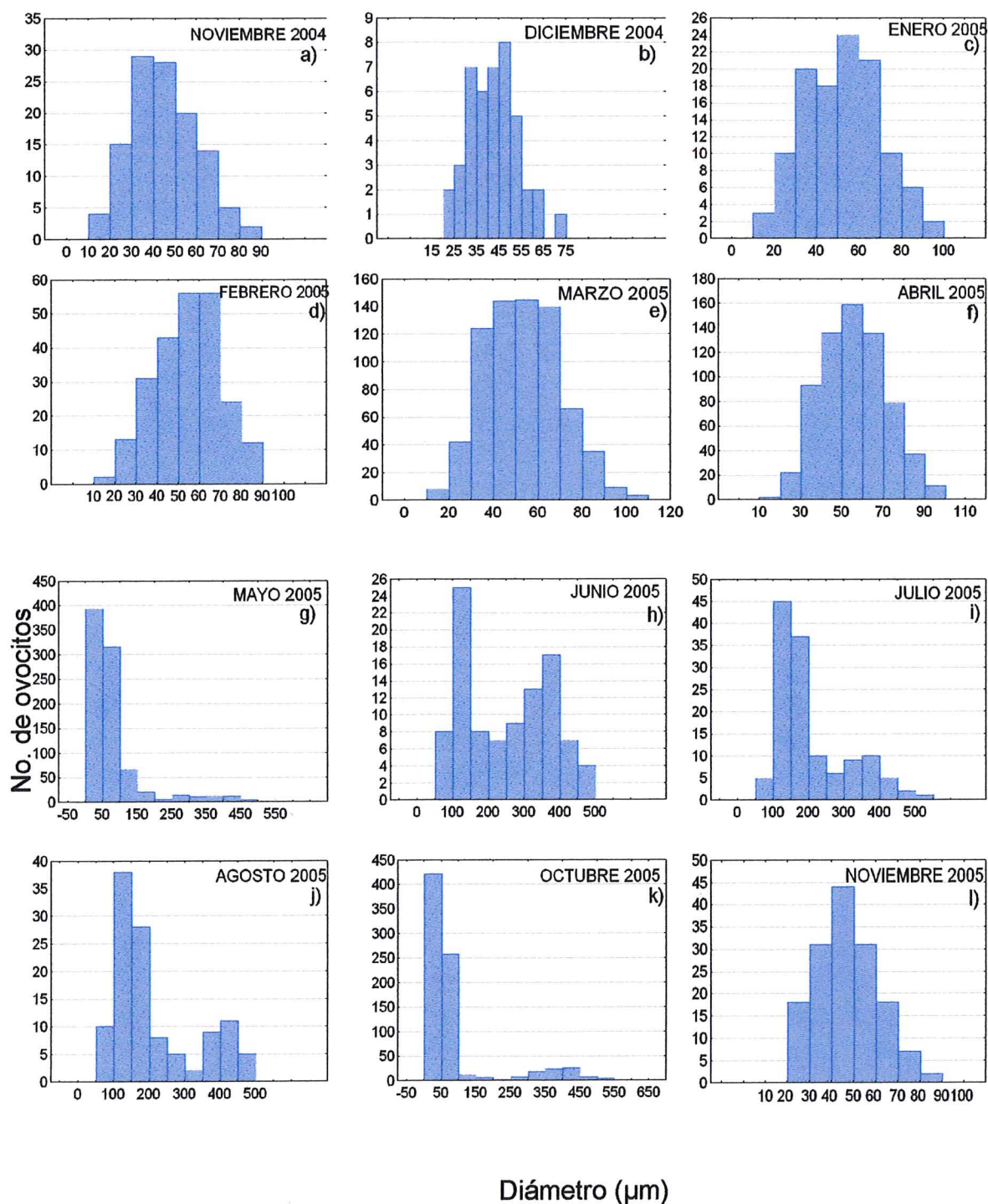


Figura 5. Progresión mensual de los diámetros de los ovocitos de *Apogon retrosella* en noviembre 2004 – noviembre 2005. No reproductivo (a, b, c, d, e, f, g, k, l), época reproductiva (h, i, j).

4. 3.3 Índice gonadosomático

El IG para las hembras, mostró una clara tendencia estacional (Fig. 6). Durante el período de noviembre del 2004 a abril de 2005, el IG se mantuvo constante y con valores ≤ 0.7 . En mayo incrementó ligeramente (≤ 0.73). En el mes de junio el incremento es muy marcado (> 3.15), éste incremento se mantiene en los meses de julio y agosto. En el mes de octubre y noviembre decreció rápidamente (≤ 0.36).

El IG de los machos al igual que las hembras mostró una tendencia estacional (Fig. 7). De noviembre del 2004 a abril del 2005 el valor de los IG permanece bajo (≤ 0.13). En mayo incrementa rápidamente, y alcanza un valor > 0.3 , éste incremento disminuye ligeramente en el mes de junio (> 0.2), y se mantiene con valores > 0.2 hasta el mes de octubre, y decrece en noviembre rápidamente a valores < 0.1 .

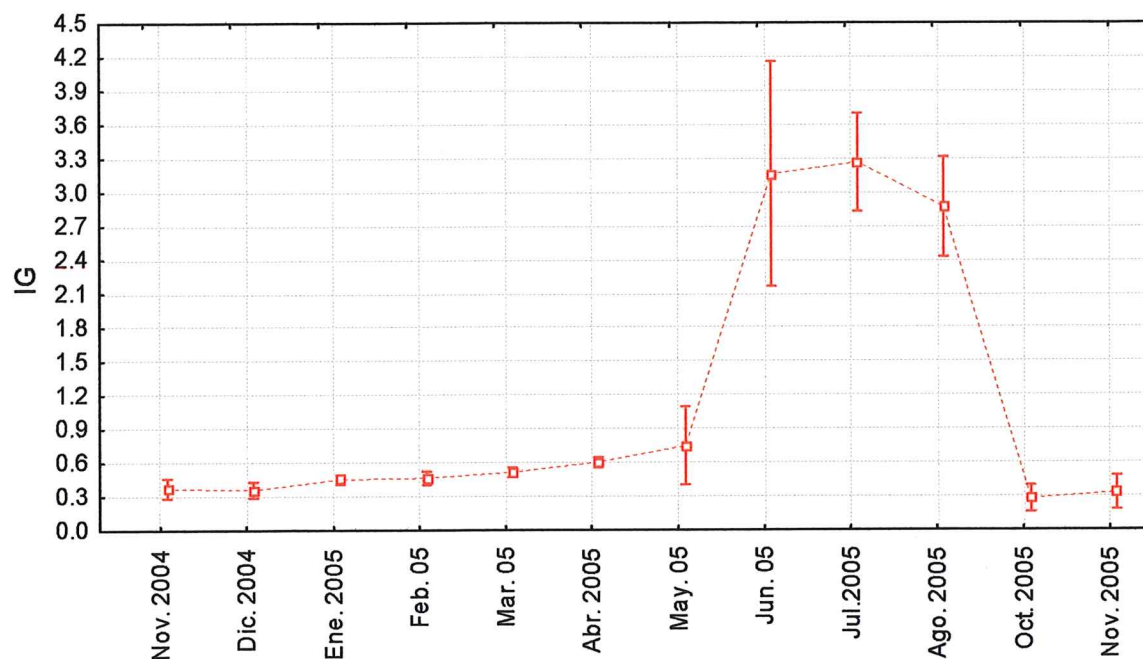


Figura 6. Progresión del IG de las hembras, de *Apogon retrosella* durante noviembre del 2004 a noviembre de 2005. En la gráfica se puede apreciar la época reproductiva comprendida entre junio y agosto.

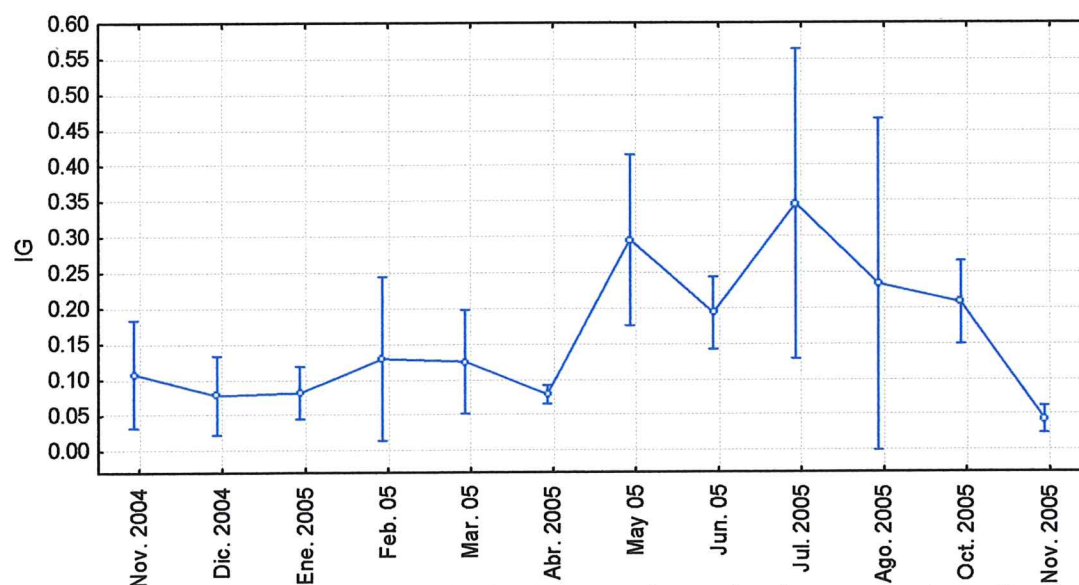


Figura 7. Progresión del IG de los machos de *Apogon retrosella* durante el período de noviembre del 2004 a noviembre de 2005. En la gráfica se puede apreciar la época reproductiva comprendida entre mayo y octubre.

4. 4 Descripción histológica de los diferentes estadios del desarrollo de los ovocitos

4. 4. 1 Crecimiento primario

Los ovocitos en el estadio de crecimiento primario presentaron un diámetro promedio de 50.59 μm , (± 15.67). En el crecimiento primario se presentaron dos estadios de desarrollo: 1) cromatina nuclear, estadio en la cual el desarrollo del ovocito presenta un núcleo prominente ubicado al centro del citoplasma, que abarca hasta un 50% del volumen del ovocito y presenta una forma irregular; 2) ovocitos en estadio de desarrollo perinuclear; en esta estadio ya se pueden apreciar muy bien los nucléolos, los cuales se encuentran hacia la periferia de la envoltura nuclear. En ambas etapas el citoplasma se tiñe de un color morado fuerte y el núcleo de un color rosa claro al reaccionar con la Hematoxilina–Eosina (Fig. 8).

4. 4. 2 Alveolo cortical

En esta etapa el ovocito ha incrementado el volumen y presentan diámetros de hasta 105.92 μm (± 22.81). El núcleo se encuentra en el centro y aún presenta un tamaño prominente, se tiñe de un color rosa claro ante la tinción de la Hematoxilina – Eosina. El citoplasma se tiñe de un color morado intenso. En esta etapa se aprecian una vesículas que inicialmente se alinean

hacia la periferia del núcleo y conforme avanza la maduración inician la migración a hacia la periferia del ovocito. Los nucléolos se encuentran totalmente alineados en la periferia del núcleo (Fig. 9).

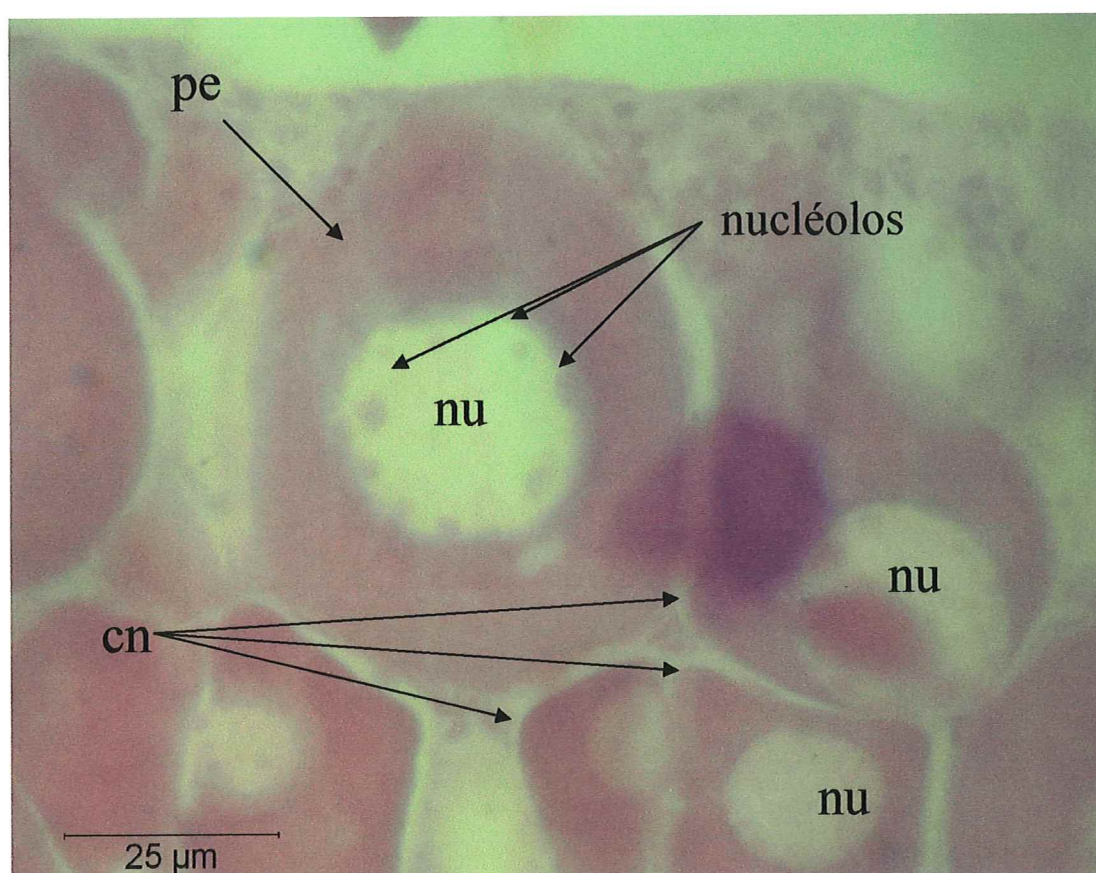


Figura 8. Dos diferentes etapas de desarrollo de ovocito de *Apogon retrosella*; cromatina nuclear (cn), en esta etapa el núcleo (nu) es grande, los ovocitos a luz del microscopio compuesto presentan una apariencia irregular u ovalados, el citoplasma se tiñe fuertemente de morado; en el estadio de desarrollo perinuclear (pe), los nucléolos ya son visibles y se encuentran en la periferia del núcleo. Por el color adquirido con la tinción es muy similar a la etapa de cromatina nuclear y se caracteriza, por un color morado fuerte.

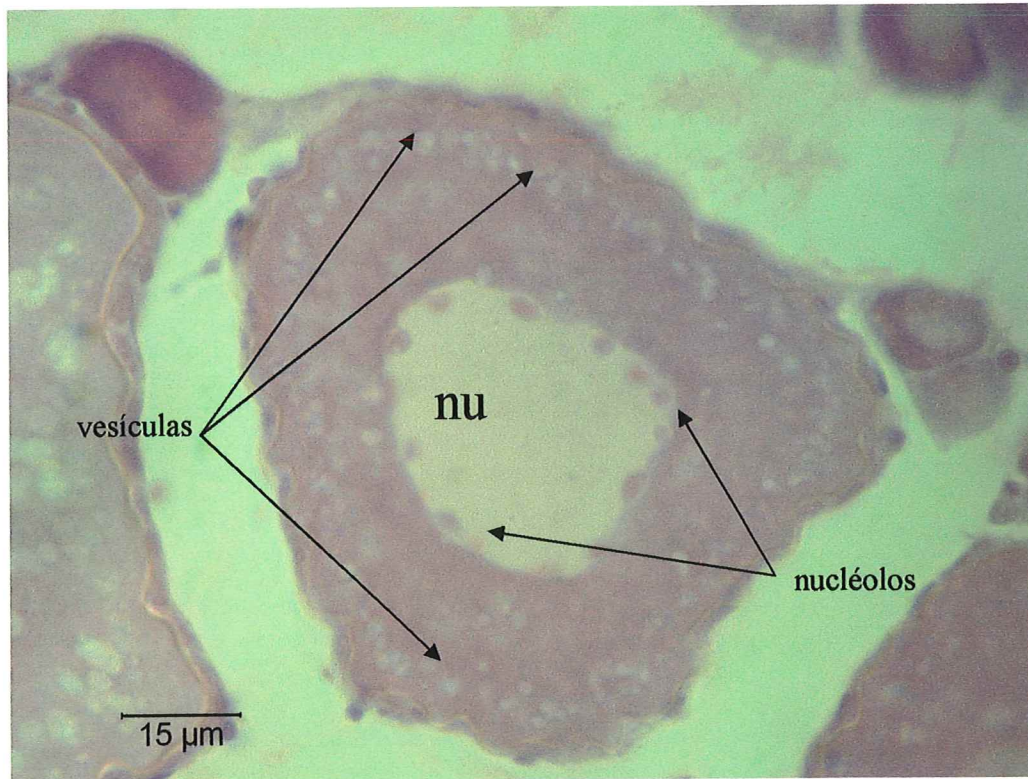


Figura 9. Ovocito de *Apogon retrosella* en estadio de desarrollo de alveolo cortical, en el se pueden apreciar las vesículas que caracterizan esta etapa, y se encuentran totalmente alineados en la periferia del ovocito; el núcleo (nu), que se encuentra al centro del ovocito, aún se aprecia grande con respecto al citoplasma; también se pueden apreciar nucléolos, los cuales se encuentran en la periferia del núcleo.

4. 4. 3 Vitelogénicos

4. 4. 3. 1 Ovocitos vitelogénicos primarios

En esta etapa el diámetro del ovocito llega a medir de 149.10 μm (± 38.45). Aunque el núcleo aún sigue siendo prominente, éste se ve superado en tamaño por el citoplasma; el núcleo se tiñe de color rosa claro al reaccionar con la Hematoxilina – Eosina. En esta etapa el ovocito comienza la inclusión de vitelo de origen exógeno, y empieza a incrementar su tamaño. En el citoplasma se pueden ver agregados de vitelo (vt) de un color morado claro, los cuales se empiezan a acumular e incrementar en el citoplasma, y a diferencia de las dos primeras etapas el color del citoplasma es menos fuerte. La acumulación de vitelo indica el inicio de la etapa de vitelogénesis temprana del ovocito (Fig. 10).



Figura 10. Corte transversal de un ovocito de *Apogon retrosella* en estadio de desarrollo de vitelogénesis primaria, en el se puede apreciar el núcleo (nu), las gotas de vitelo (vt) en esta etapa son muy finas y se han empezado a acumular hacia el centro del citoplasma rodeando el núcleo.

4. 4. 3. 2 Ovocitos vitelogénicos secundarios

El ovocito a incrementado su tamaño a un promedio de 224.26 μm ($\pm$ 61.29). El citoplasma se observa totalmente lleno de vitelo. El vitelo se aprecia como gotas pequeñas que se distribuyen uniformemente en el citoplasma, en esta etapa el vitelo es más abundante y al reacción con la Hematoxilina – Eosina se muestran de un color morado claro; en esta etapa el citoplasma representa más del 80 % del volumen del ovocito. El núcleo reacciona de color rosa a la tinción y se observa más pequeño que el citoplasma (Fig. 11).

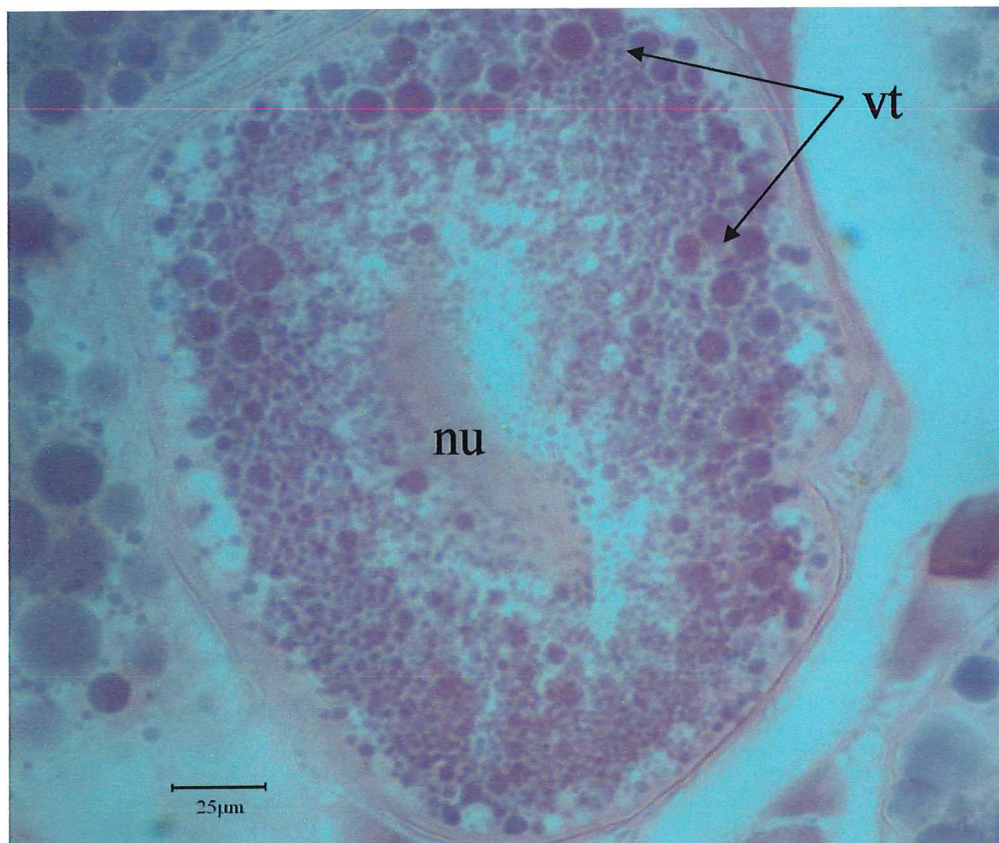


Figura 11. Ovocito de *Apogon retrosella* en estadio de desarrollo de vitelogénesis secundaria. Al centro del ovocito se encuentra el núcleo (nu), el cual se encuentra completamente rodeado por vitelo. En este estadio el vitelo ha iniciado a fusionarse, y se observan como gotas pequeñas que se encuentran en todo el citoplasma.

4. 4. 3. 3 Ovocitos vitelogénicos terciarios

Los ovocitos presentaron diámetros en un promedio de 372.59 μm ($\pm 66.59\mu\text{m}$). El citoplasma esta completamente lleno de vitelo que a iniciado su fusión, dando como resultado gotas de vitelo grandes. El vitelo reacciona de un color morado rojizo a la Hematoxilina – Eosina. En esta etapa de maduración el vitelo predomina en la mayoría del volumen del ovocito. El núcleo reacciona a la tinción de un color rosa oscuro, y se encuentra al centro del citoplasma (Fig. 12).

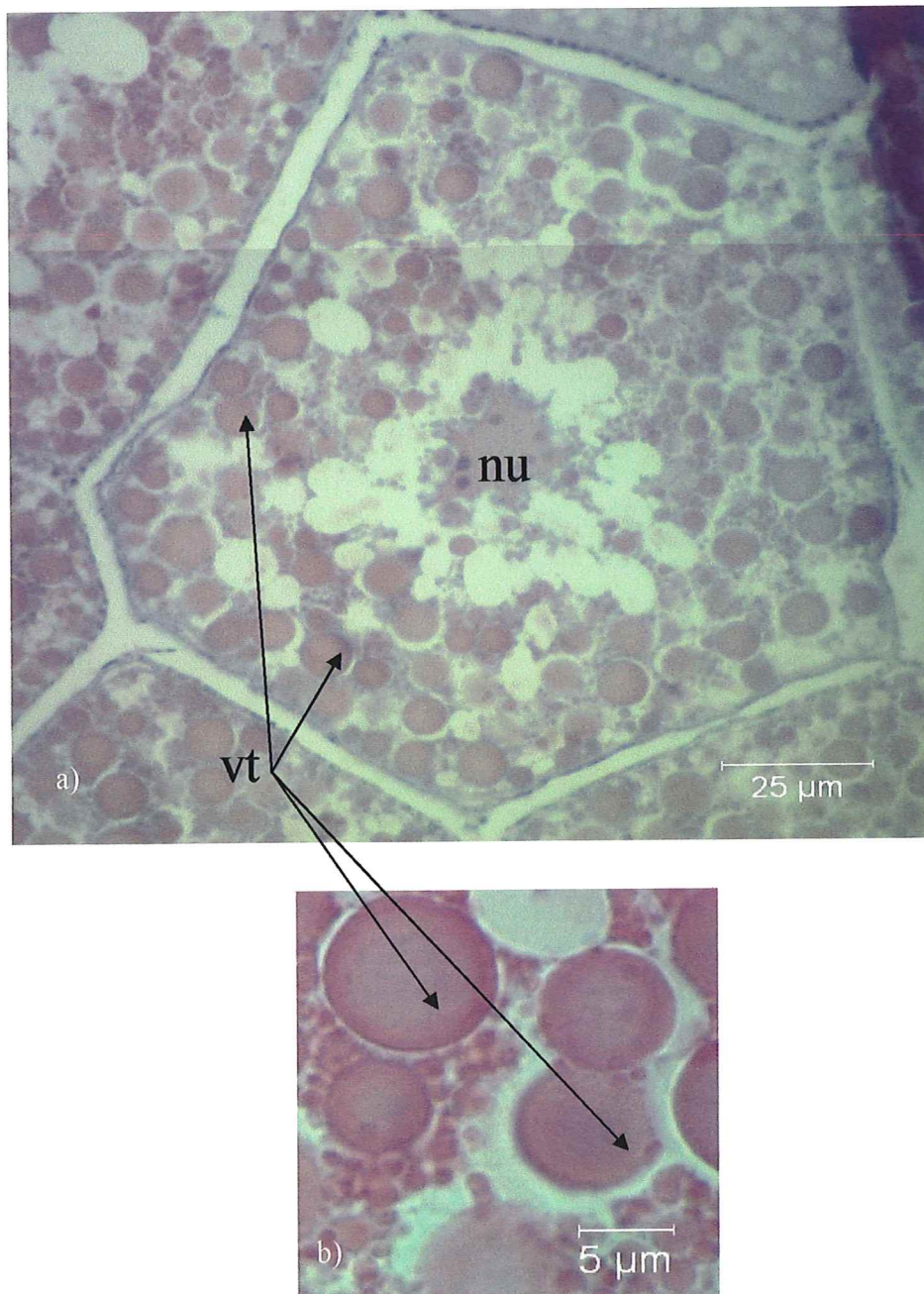


Figura 12. Ovocito en vitelogénesis terciaria (a). En éste estadio de desarrollo el ovocito presenta gotas de vitelo (vt) más grandes que en la etapa anterior, el núcleo (nu) se observa de un tamaño pequeño con respecto al volumen total del ovocito y se encuentra ubicado al centro del citoplasma. b) gotas de vitelo (Vt) que se han fusionado y se observan de un mayor volumen que en el estadio anterior.

4. 4. 4 Maduro

El vitelo se encuentra totalmente fusionado, en corte histológico se observa como una superficie uniforme. En esta etapa el ovocito alcanzan diámetros $> 380 \mu\text{m}$. En esta etapa el núcleo ya no es visible, puesto que ha migrado a la periferia del ovocito. El citoplasma se muestra de un color morado claro (Fig. 13).

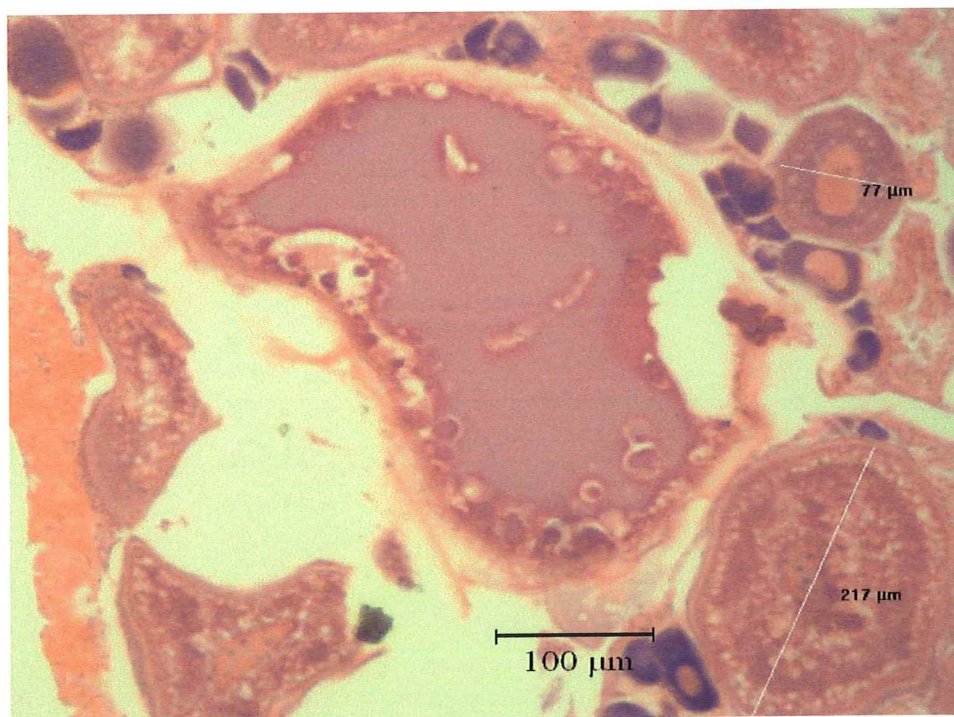


Figura 13. Ovocito maduro de *Apogon retrosella*. En esta etapa de desarrollo el vitelo se a fusionado completamente, el núcleo en esta etapa a migrado a la periferia.

4. 4. 5 Folículo post ovulatorio

Una vez que los huevos son desovados, solo queda la membrana folicular la cual da una apariencia de una estructura fina y alargada, dando la apariencia de estar plegada (Fig. 14).

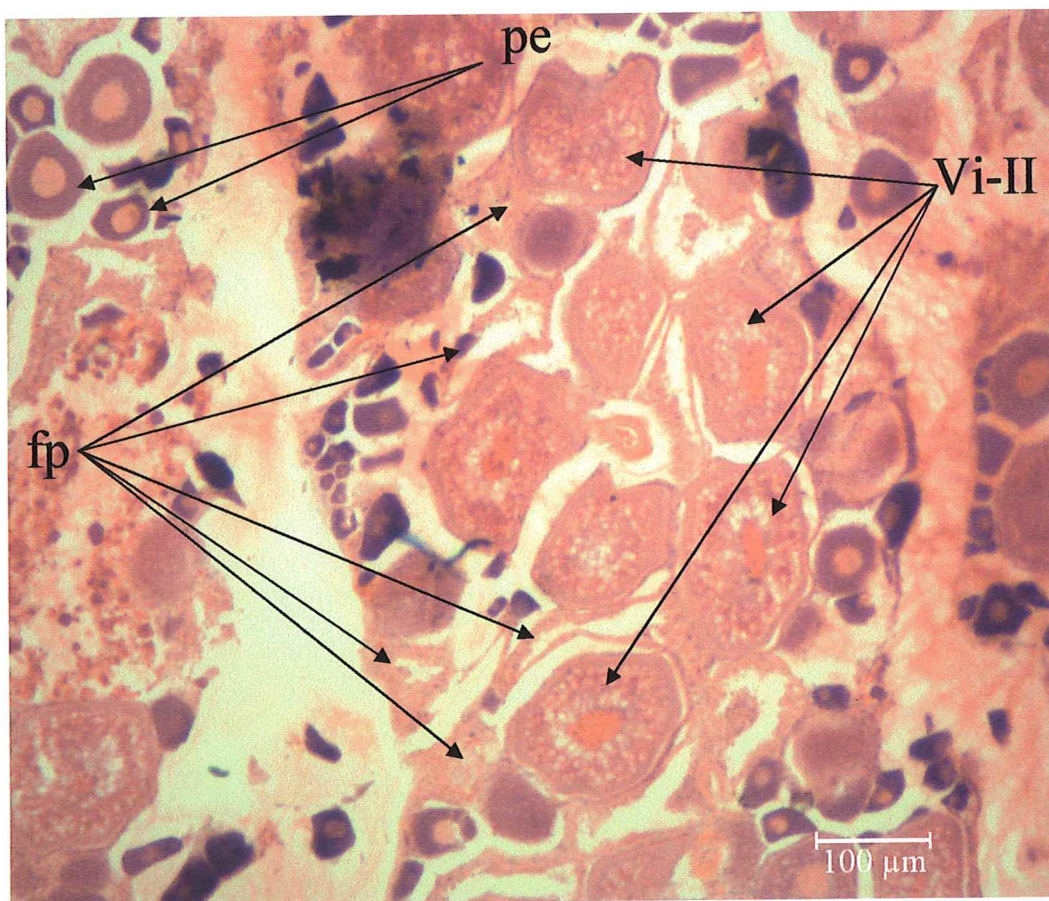


Figura 14. Gónada de *Apogon retrosella*, en la que se observa folículos post ovulatorios (fp), ovocitos en estadio de desarrollo perinuclear (pe) y ovocitos en vitelogénesis secundaria (vi-II).

4. 4. 6 Huevos desovados

En esta etapa el huevo ha sido desovado, y presenta un promedio de 402 μm (± 75.82) de diámetro. En esta etapa se observa una gota de aceite que corresponde a la parte lipídica del vitelo y tiene una apariencia de color amarillo; la parte circundante que corresponde al ooplasma se encuentra totalmente fusionado de apariencia transparente y corresponde a la parte del vitelo protéico. La muestra fue obtenida de la boca de un macho, aparentemente no esta fecundada, debido a que no se observan divisiones en el huevo (Fig. 15).

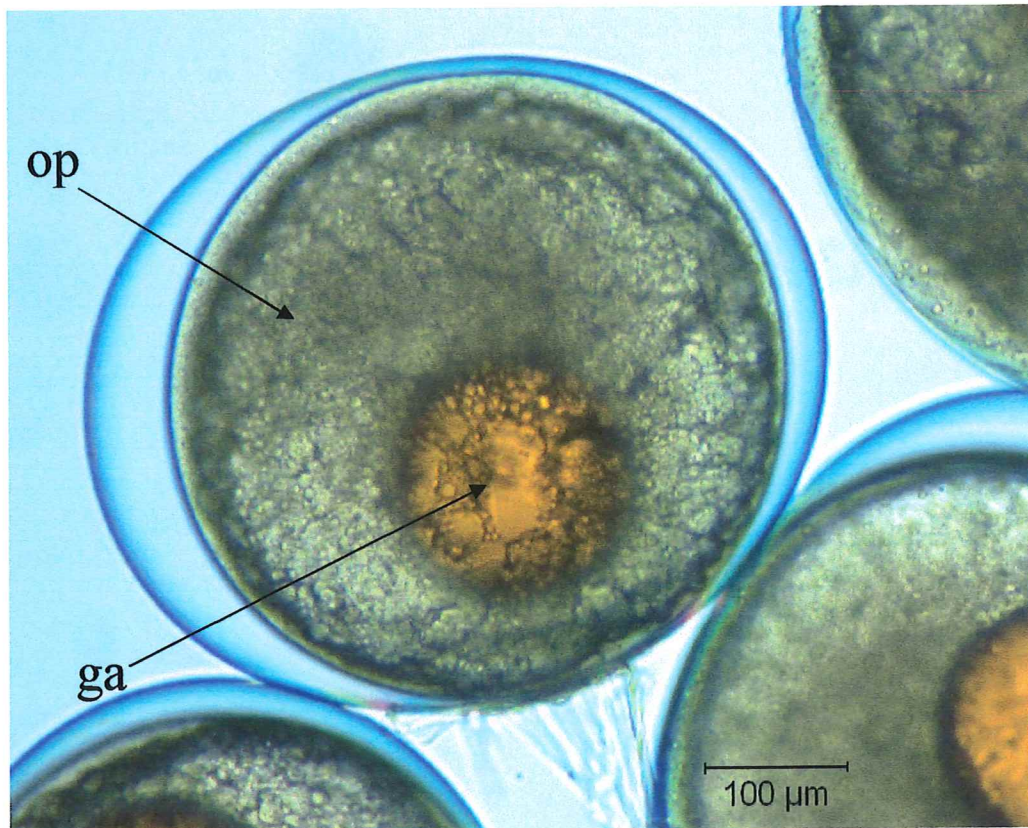


Figura 15. Huevo desovado; en el se pueden ver la gota de aceite (ga) ubicado al centro de el huevo y de color amarillo; el ooplasma que se puede observar el vitelo en el resto del huevo (op).

4.5 Porcentaje de ocurrencia de los estadios de desarrollo de la gónada de *Apogon retrosella*

Durante el período de noviembre del 2004 a febrero del 2005 se observaron gónadas con el 100% de ovocitos en estadio de cromatina nuclear y perinuclear (Figs. 16 y 17). En marzo y abril se encontraron algunos ovocitos en estadio de alveolo cortical, pero los ovocitos en estadio de desarrollo perinuclear aún dominan el volumen en la gónada (>80 %). En mayo se pudieron observar ovocitos en los cinco estadios de desarrollo (perinuclear, alveolo cortical, vitelogénesis primaria, secundaria y terciaria), pero en éste mes aún es dominado por ovocitos en estadio de desarrollo perinuclear (Figs. 16 y 18). En los meses de junio, julio, y agosto se muestra muy marcada la época reproductiva en donde los ovocitos en estadio de desarrollo de vitelogénesis terciaria dominan el volumen (>75 %) de las gónadas (Figs. 16 y 19). En el mes de octubre del 2005 aún se encontraron ovocitos en vitelogénesis primaria, secundaria y terciaria, aunque las gónadas se encuentran dominadas por ovocitos en desarrollo perinuclear (>70%), en éste mes se observaron gónadas con folículos post ovulatorios. En noviembre del 2005 las gónadas presentaron un 100 % de ovocitos en estadio perinuclear (Fig. 16).

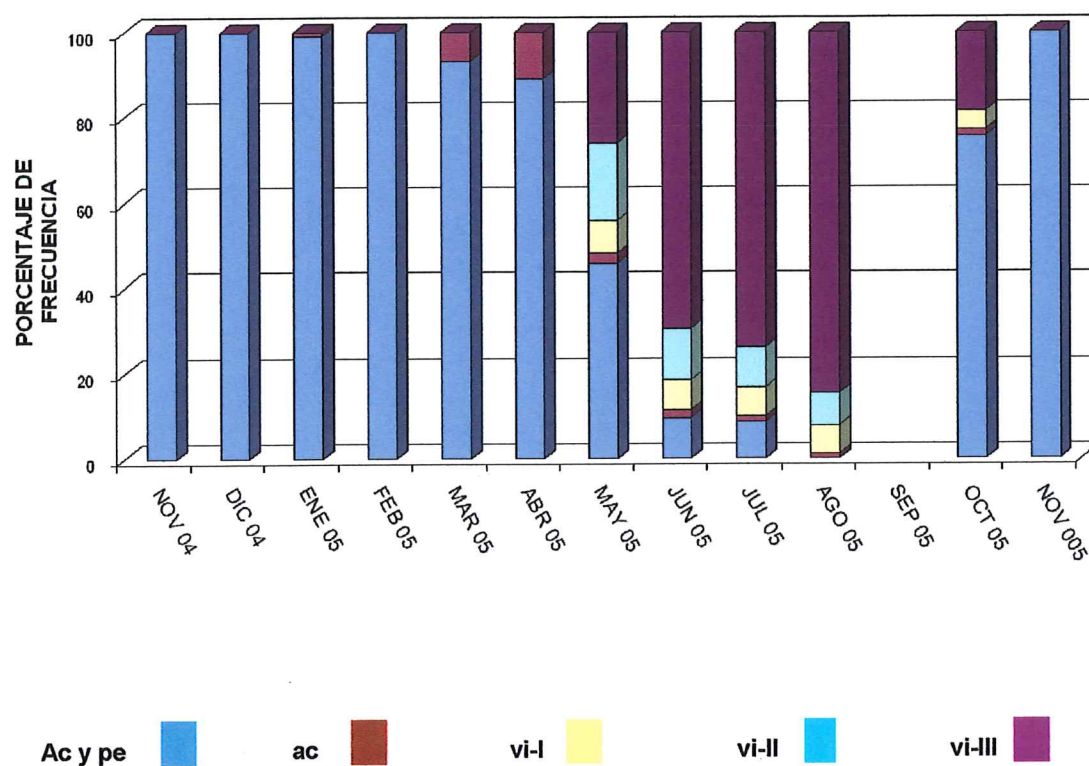


Figura 16. Porcentaje de frecuencias de los diferentes estadios de madurez de ovocitos de *Apogon retrosella*, en el período de noviembre del 2004 a noviembre del 2005. cromatina nuclear (cn), perinuclear (pe), alveolo cortical (ac), vitelogénesis primaria (vi-I), vitelogénesis secundaria (vi-II), vitelogénesis terciaria (vi-III). El mes de septiembre no fue posible obtenerlo por la evaluación por mal tiempo.

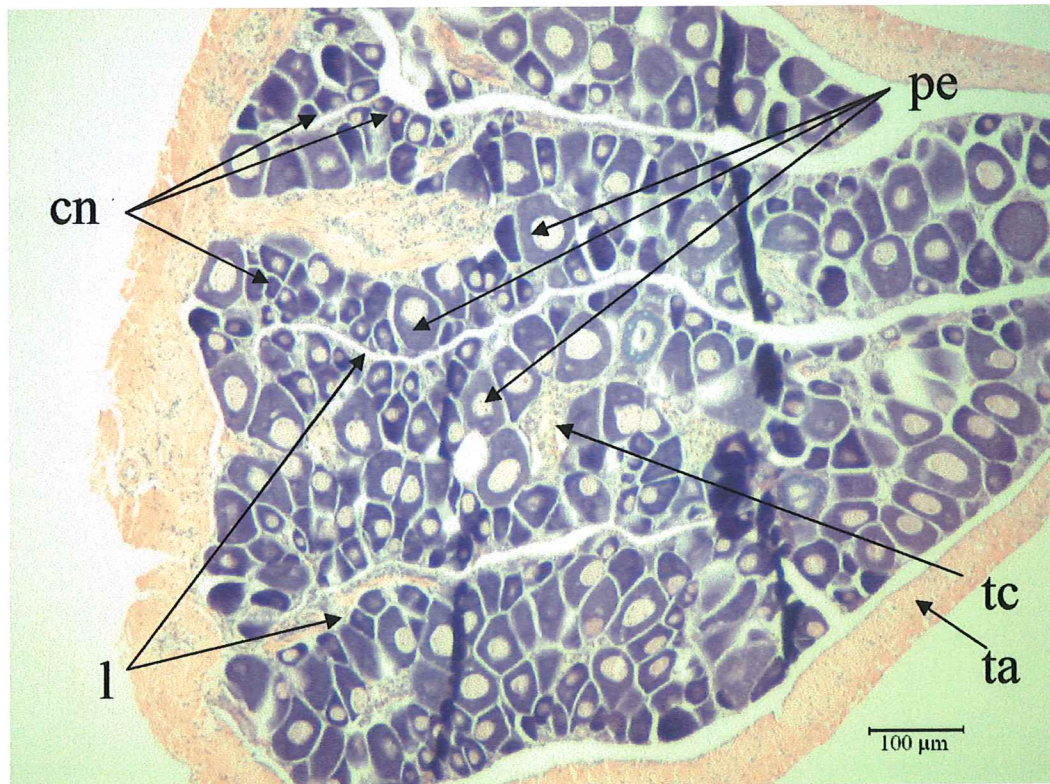


Figura 17. Gonada de *Apogon retrosella*, durante la época no reproductiva. Se observan ovocitos en estadio de desarrollo cromatina nuclear (cn) y perinuclear (pe) que dominan totalmente la gónada; también se aprecia la túnica albugínea (ta), las lamelas (l) y tejido conectivo (tc).

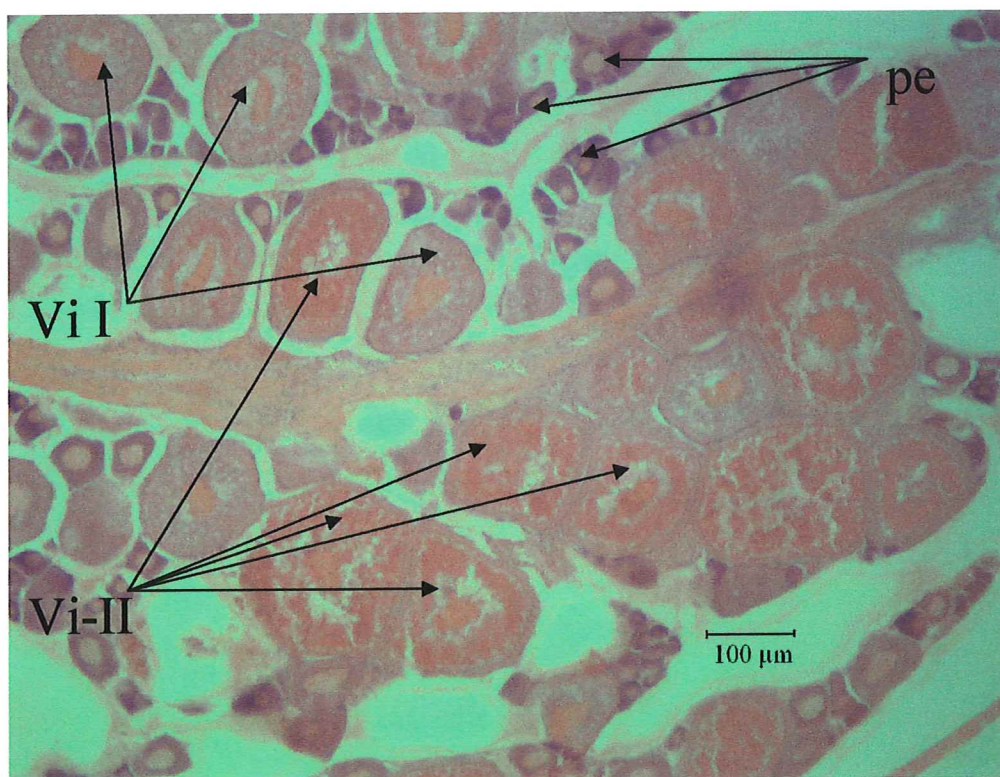


Figura 18. Gónada de *Apogon retrosella*, previo a la época reproductiva (mayo del 2005); aunque la mayoría de las hembras en éste mes muestran gónadas inmaduras, algunas han iniciado su maduración y se puede apreciar los diferentes estadios de desarrollo de los ovocitos, perinuclear (pe), vitelogénesis primaria (vi-I), vitelogénesis secundaria (vi-II).

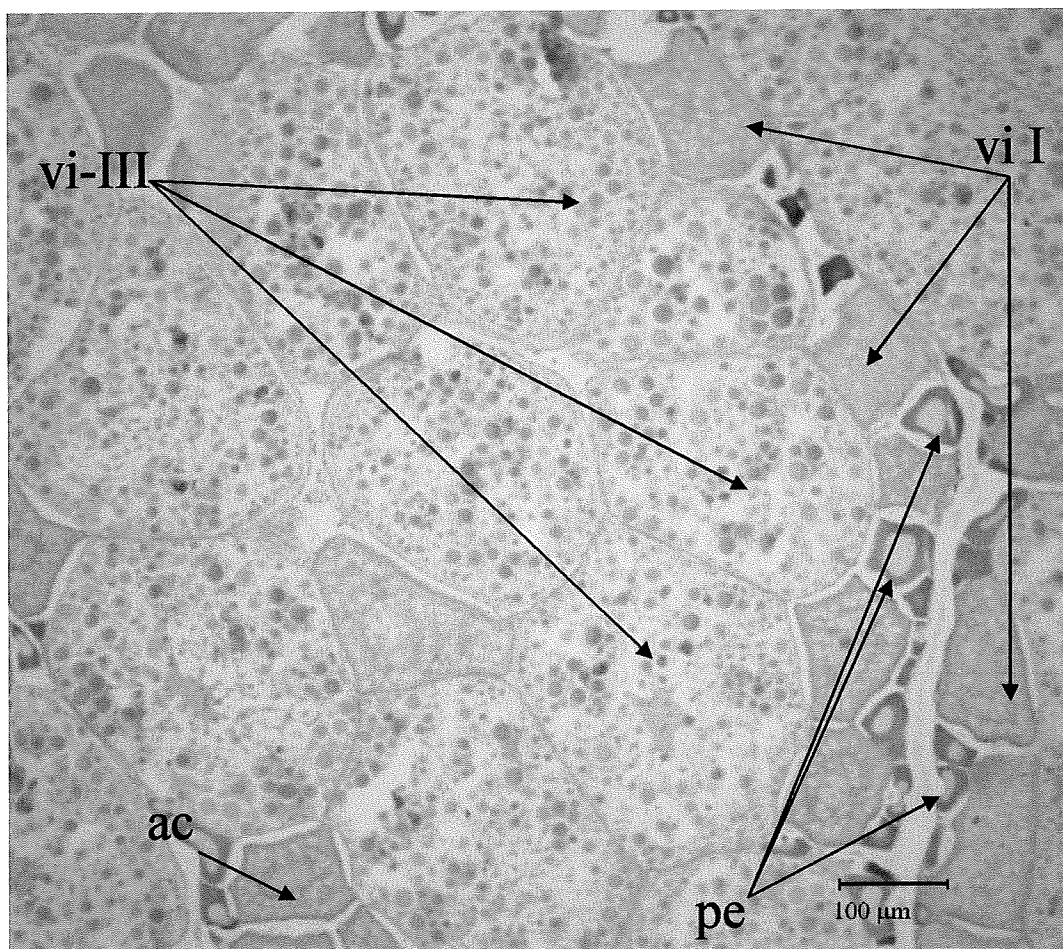


Figura 19. Gónada de *Apogon retrosella*, durante la época reproductiva. En el corte se pueden ver los ovocitos en vitelogénesis terciaria (vi III) dominan la gónada, en esta etapa también se pueden apreciar ovocitos en sus diferentes estadios de desarrollo como, perinuclear (pe), alveolo cortical (ac), vitelogénesis primaria (vi-I), vitelogénesis terciaria (vi-III).

4. 6 Estructura de la población

Durante la época no reproductiva se obtuvieron un total de 219 (53%) hembras y 192 (47%) de machos con una proporción de 1:0.87 (Fig. 20, a); en la época reproductiva se presentó un total de 129 (70%) hembras y 54 (30%) machos, con una proporción de 1: 0.41 (Fig. 20, b).

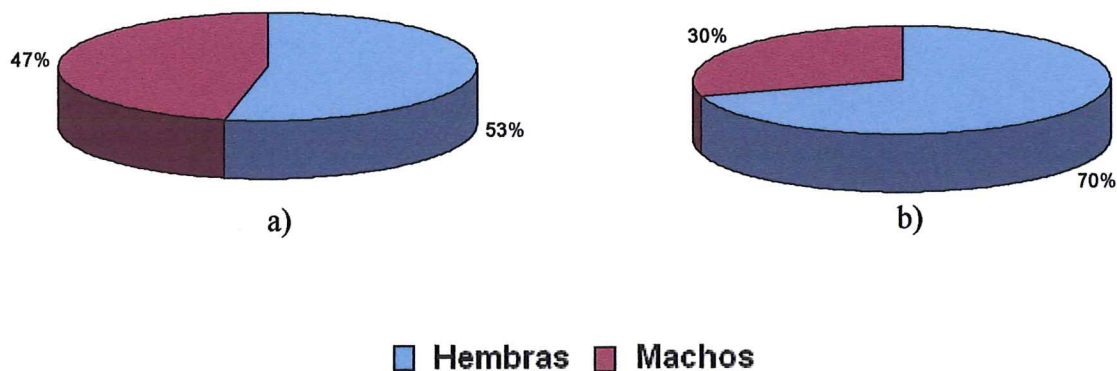


Figura 20. Proporción de sexos para *Apogon retrosella* durante la época no reproductiva (a) y durante la época reproductiva (b).

Las hembras presentaron un promedio de 5.93 cm de Ls y 5.53 gr de Pt; los machos presentaron un promedio de 5.74 cm de Ls y 5.06 gr de Pt. En la mayoría de los meses las hembras mostraron una mayor Ls que la presentada

por los machos durante todo el período de muestreo (Tabla VI). El análisis estadístico con la prueba de U de Mann-Whitney mostró que durante la época no reproductiva hembras y machos no presentan diferencias estadísticas en la Ls y Pt (Tabla V, Figs. 21b y 22b). Durante la época reproductiva la estructura de la población cambió, hembras y machos presentaron diferencias en Ls y Pt (Tabla V), las hembras mostraron una mayor Ls y Pt que la presentada por los machos (Fig. 21c y 22c). Así también las comparaciones para ambos sexos entre época reproductiva (ER) y no reproductiva (NR) presentaron cambios en las hembras ($U = 8956.5$, $p > 0.05$), pero no se presentaron cambios en los machos ($U = 4480.5$, $p > 0.05$).

Tabla V. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de U de Mann-Whitney de la relación entre hembras (H) y machos (M) para Ls (cm) y Pt (gr) de *A. retosella* durante la época reproductiva (ER) y no reproductiva (NR) de noviembre del 2004 a noviembre del 2005

Ls	U	p	n Machos	n Hembras
M & H total	36782	0.00315	245	350 *
M & H NR	20701	0.737	191	221
M & H ER	2299	0.00029	54	129 *
Pt				
M & H total	37636	0.011	245	350 *
M & H NR	20826	0.816	191	221
M & H ER	2386	0.00078	54	129 *

* marcan diferencias significativas

Tabla VI. Principales indicadores asociados a la longitud estándar Ls (cm) de *Apogon retrosella* por mes y sexo.

Hembras	Mes	n	Media Ls	Minima Ls	Maxima Ls	Des. estándar Ls
	Nov. 04	21	5.571	3.635	6.945	0.903
	Dic. 04	21	5.819	4.335	7.465	0.928
	Ene. 05	21	6.180	5.290	6.555	0.347
	Feb. 05	22	5.902	4.995	6.770	0.568
	Mar. 05	33	5.768	4.205	7.345	0.619
	Abr 05	38	6.134	4.670	7.765	0.626
	May 05	17	5.543	4.790	6.700	0.477
	Jun 05	19	5.996	5.315	6.815	0.386
	Jul 05	57	6.240	4.870	8.965	0.776
	Ago 05	53	6.321	5.400	7.065	0.405
	Oct 05	7	5.561	4.685	6.530	0.775
	Nov 05	39	5.192	4.255	6.780	0.681
Machos						
	Nov. 04	16	5.388	3.755	6.370	0.721
	Dic. 04	4	5.673	4.830	6.995	0.972
	Ene. 05	21	5.524	4.195	6.300	0.696
	Feb. 05	13	5.963	4.680	7.130	0.636
	Mar. 05	28	5.705	3.495	6.720	0.688
	Abr.05	27	5.859	4.335	6.830	0.570
	May. 05	29	5.924	4.880	6.845	0.444
	Jun. 05	21	5.847	4.720	6.765	0.537
	Jul. 05	17	5.667	4.390	6.520	0.568
	Ago. 05	16	6.137	5.220	7.075	0.419
	Oct. 05	35	5.981	4.455	7.070	0.656
	Nov. 05	19	5.027	4.295	6.810	0.675

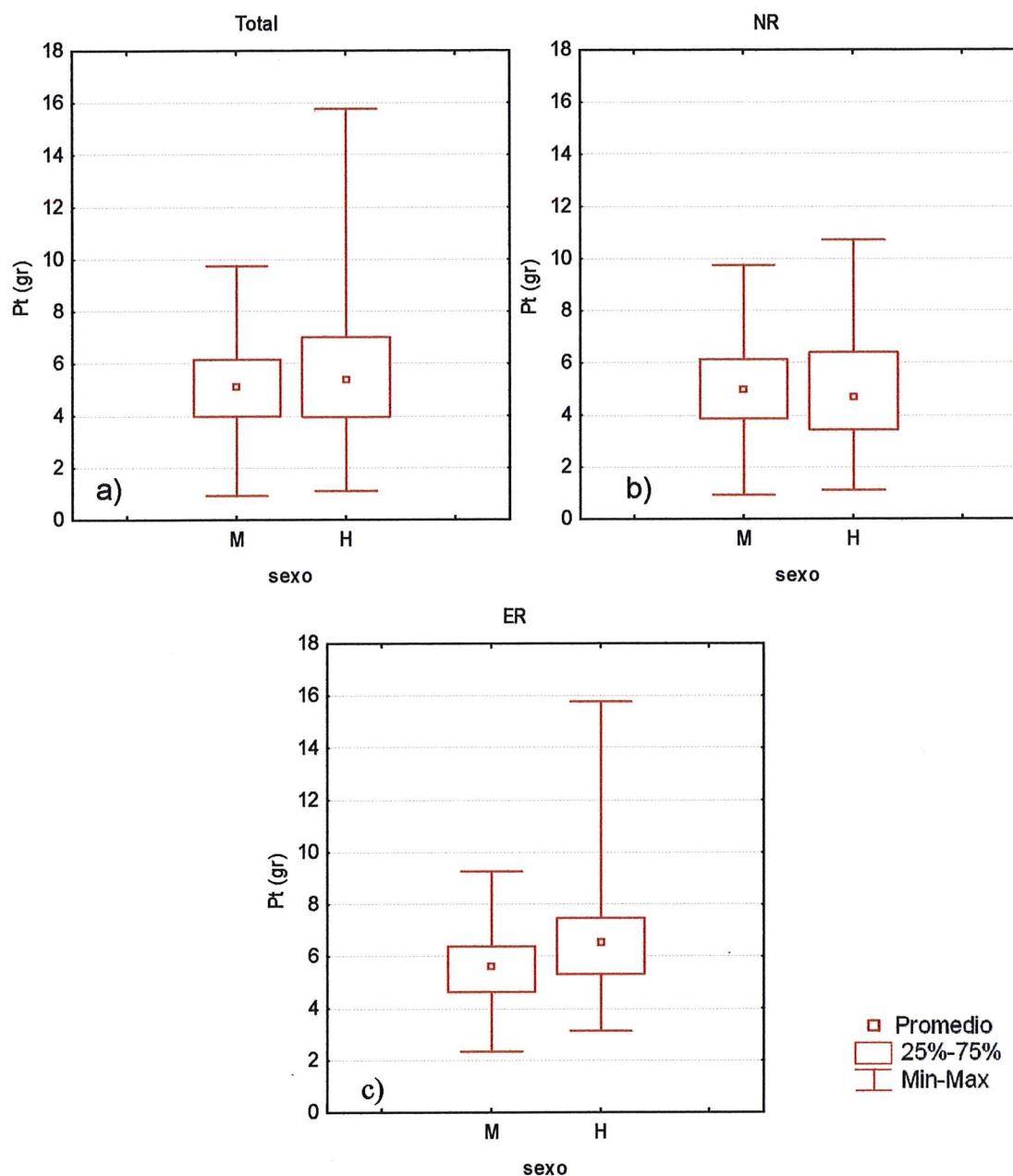


Figura 21. Promedios de peso total (Pt) de *Apogon retrosella*, en Bahía de las Ánimas. a) hembras (H) y machos (M) durante el período de noviembre del 2004 a noviembre del 2005; b) hembras (H) y machos (M) durante la época no reproductiva (NR); c) hembras (H) y machos (M) para la época reproductiva (ER).

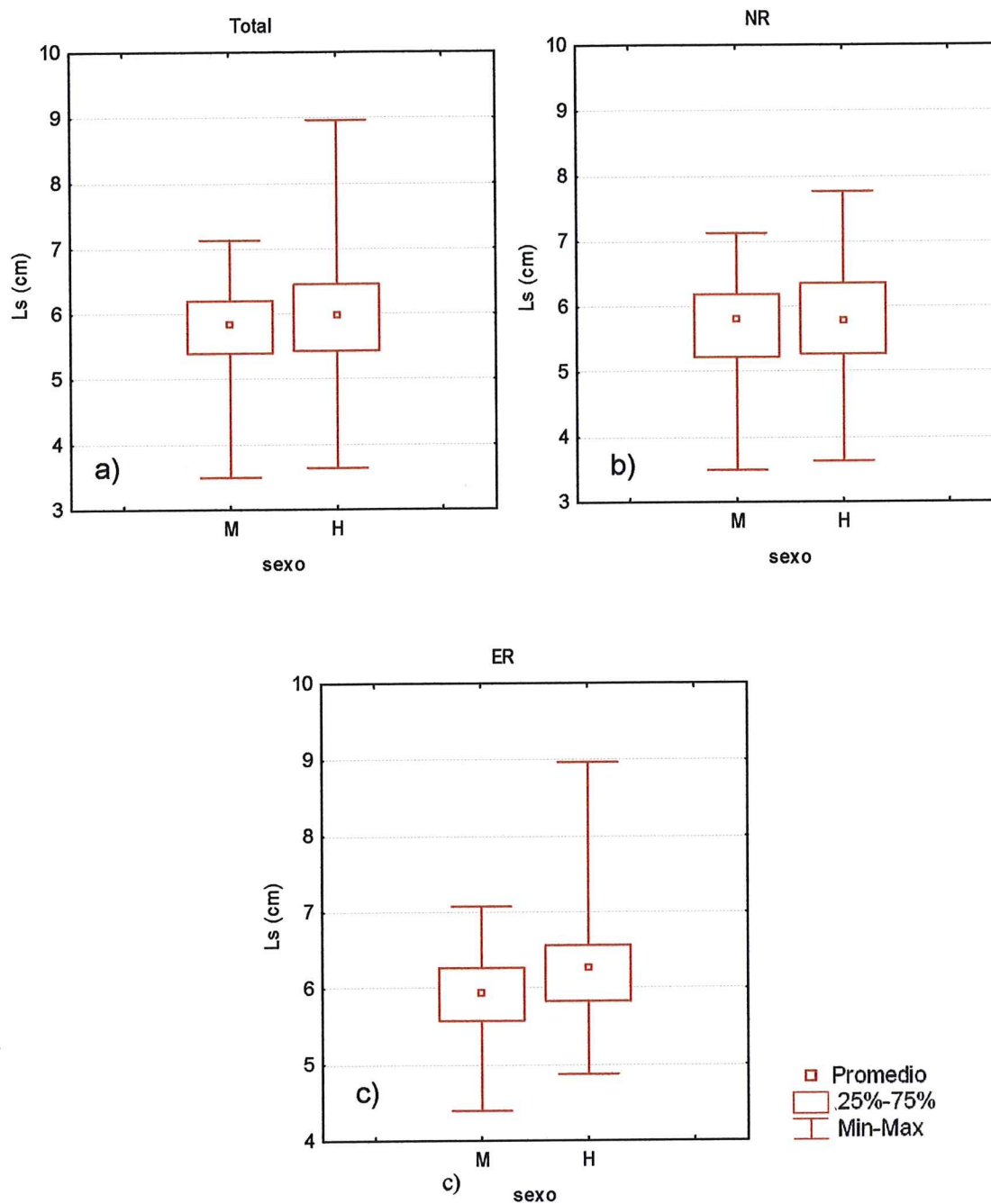


Figura 22. Promedios de longitud estándar (Ls) de *Apogon retrosella*, en Bahía de las Ánimas. a) hembras (H) y machos (M) durante el período de noviembre del 2004 a noviembre del 2005; b) hembras (H) y machos (M) durante la época no reproductiva (NR); c) machos (M) y hembras (H) para la época reproductiva (ER).

4. 7 Relación longitud – peso y tipo de crecimiento

La relación Ls/Pt para la población de *Apogon retrosella* durante el período de muestreo mostró diferencias entre machos y hembras y entre épocas (época reproductiva y no reproductiva) (Figs. 23 y 24). Las hembras durante el período de muestreo presentaron una $r^2=0.89151$ y un valor de $b=3.1$ (Fig. 23 a); los análisis entre época reproductiva y no reproductiva mostraron diferencias. De acuerdo al planteamiento propuesto por Jones *et al.* (1999), durante la época no reproductiva las hembras presentaron una $r^2=0.87166$ y un valor de $b=2.958$ (Fig. 23 b); durante la época reproductiva presentaron un coeficiente de determinación $r^2=0.91143$ y un valor de $b=3.1174$ (Fig. 23 c). Los machos durante el período de muestreo mostraron un coeficiente de determinación $r^2=0.8862$ y un valor de $b=3.0106$ (Fig. 24 a); en el análisis entre la época reproductiva y no reproductiva para la población de los machos mostró diferencias en su estructura; durante la época no reproductiva los machos mostraron una $r^2=0.895521$ y un valor de $b=3.0584$ (Fig. 24 b); la estructura de la población durante la época reproductiva presento una $r^2=0.89357$ y un valor de $b=2.7142$ (Fig. 24 c).

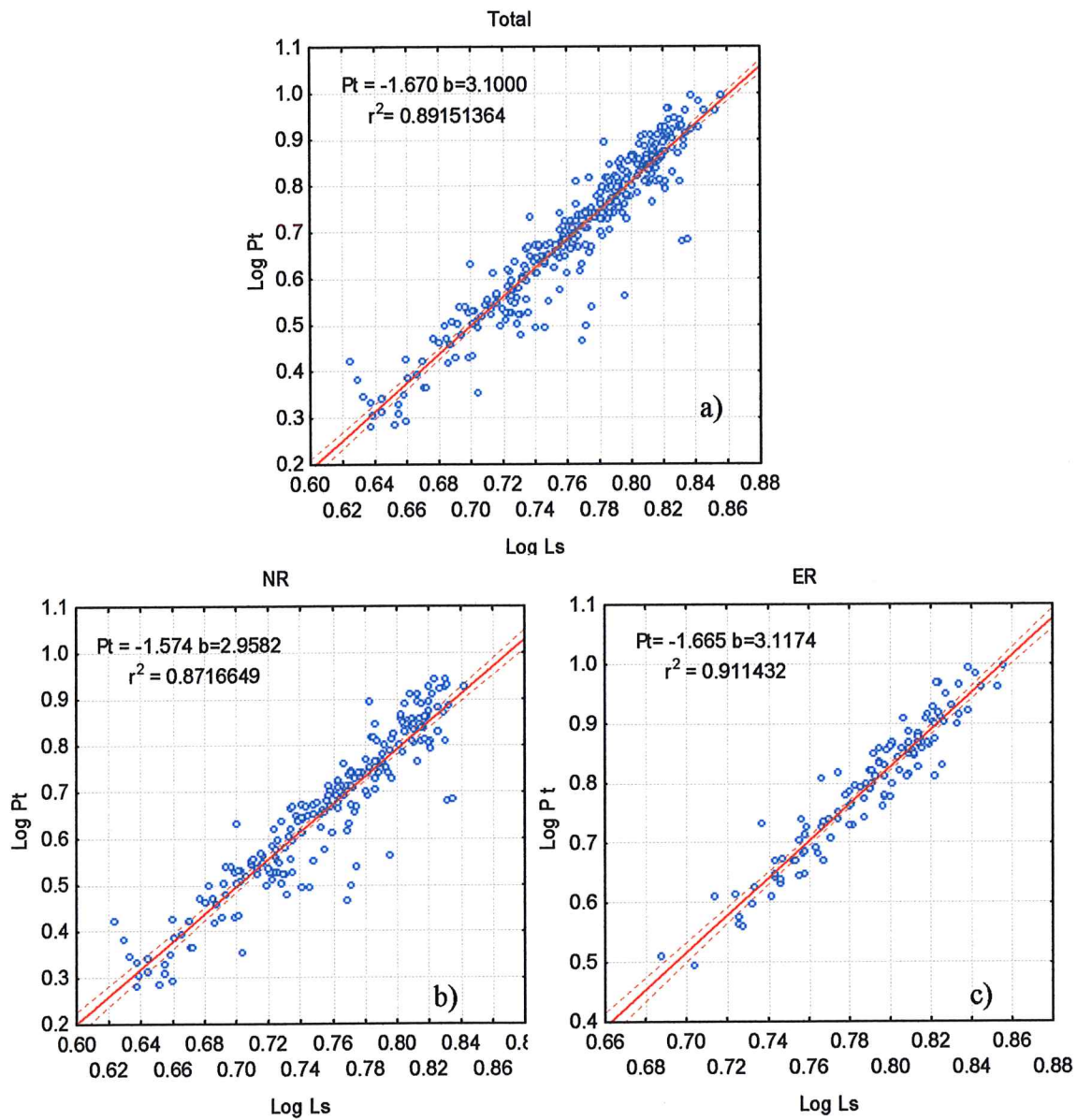


Figura 23. Correlación entre logaritmo de longitud estándar (Log Ls) y logaritmo de peso total (Log Pt) para las hembras de *Apogon retrosella*. a) durante el periodo de noviembre del 2004 a noviembre del 2005; b) durante la época no reproductiva (NR); C) durante el época reproductiva (ER).

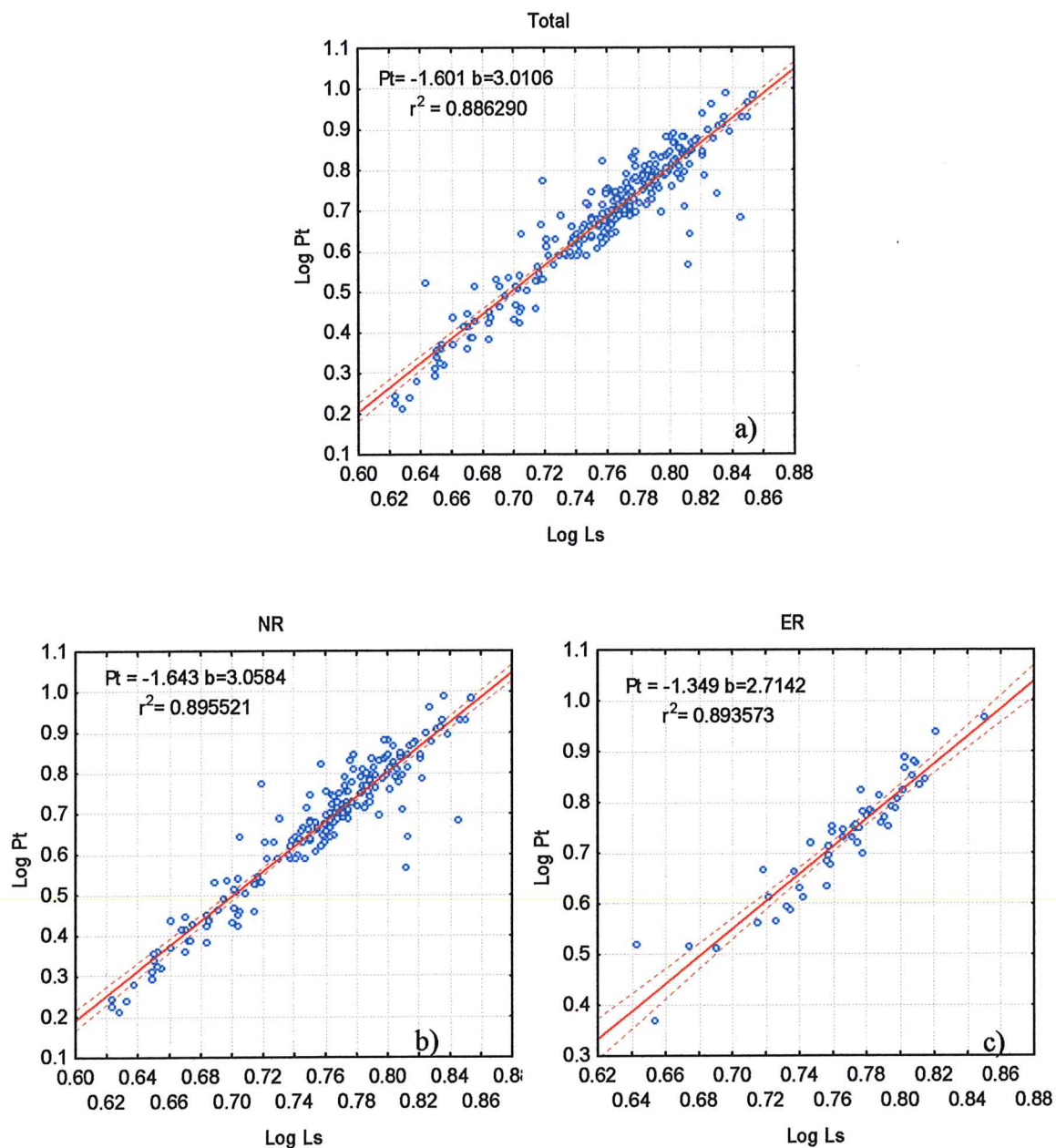


Figura 24. Correlación entre el logaritmo de la longitud estándar (Log Ls) y logaritmo de el peso total (Log Pt) para machos de *Apogon retrosella*. a) durante el periodo de noviembre del 2004 a noviembre del 2005; b) durante el período no reproductiva (NR); c) la época reproductiva (ER).

4. 8 Temperatura

La temperatura para el período diciembre del 2004 a mayo del 2005, en Bahía de las Ánimas (Baja California, México) mostró valores menores a los 18 °C. En el mes de junio mostró un incremento superior a 21 °C. En el período correspondiente a junio no fue posible el registro de la temperatura, debido a que el termógrafo fue arrastrado por una corriente fuera de la zona de muestreo. En el período de agosto a octubre alcanzó las más altas temperaturas, (> 24 °C). En el mes de noviembre la temperatura aún se encontró arriba de 21°C, posteriormente en diciembre del 2005, decrece a valores menores a 18°C. (Fig. 25).

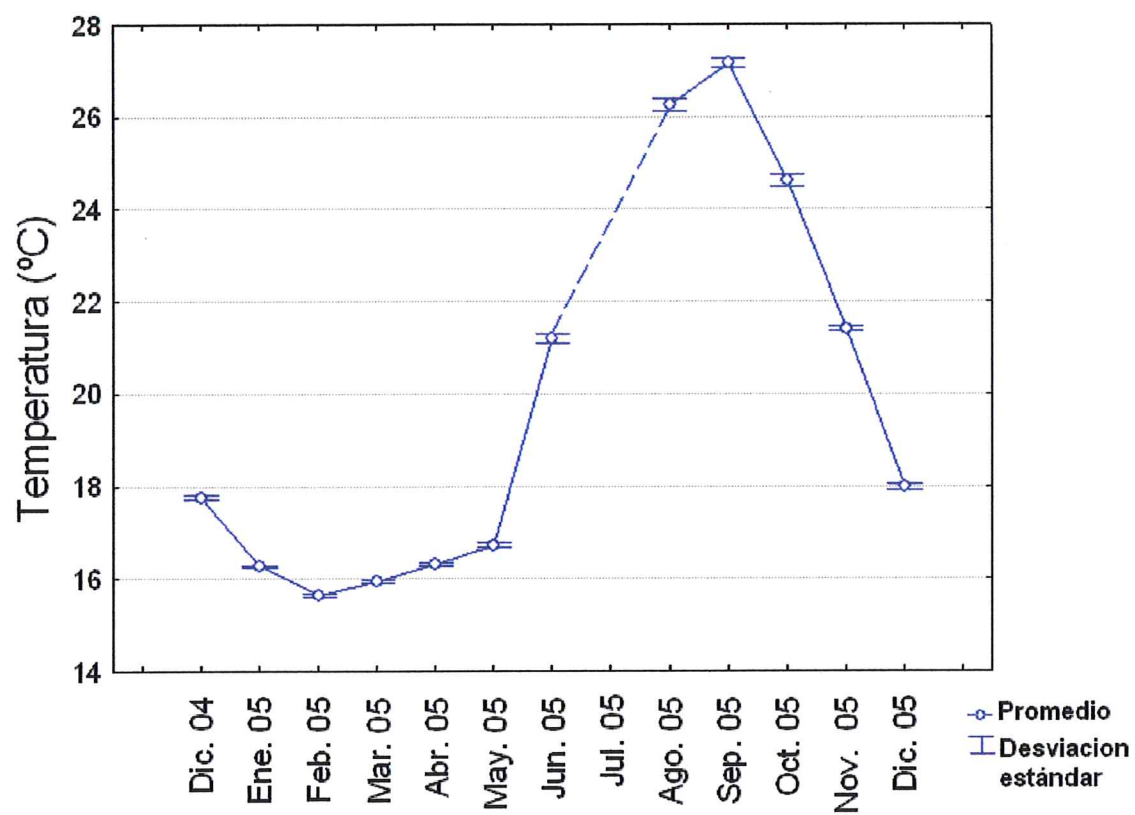


Figura 25. Fluctuaciones de temperatura durante el período de diciembre del 2004 a diciembre del 2005.

4. 9 Fotoperiodo

El fotoperiodo durante los meses de enero a noviembre del 2005 incremento gradualmente para la zona de Bahía de las Ánimas (Baja California, México). De enero-abril mostró valores menores a de 13 horas luz. En los meses de mayo a agosto alcanza valores de superiores a las 13.5 horas luz, y alcanzó un valor máximo de 14 horas luz en el mes de junio. En el período de septiembre decreció a valores menores a 13 horas luz, y alcanzo un mínimo de ~10.5 horas luz en noviembre (Fig. 26).

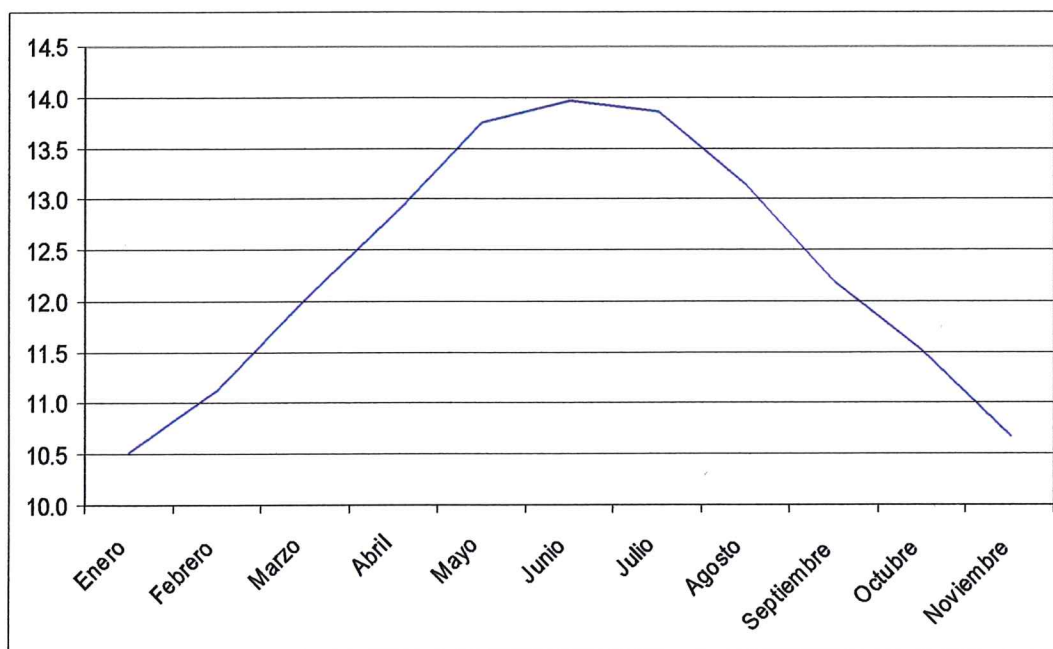


Figura 26. Fluctuaciones de fotoperiodo durante el período de enero a noviembre 2005.

5. DISCUSIÓN

5.1 Reproducción

El presente trabajo es el primero que provee una descripción histológica del desarrollo de los ovocitos del cardenal *Apogon retrosella*. La evidencia histológica demuestra que el cardenal *Apogon retrosella* presenta cinco estadios de desarrollo en los ovocitos. Los resultados obtenidos para esta especie presentan una gran similitud en los patrones de desarrollo gónadal descritas para otras especies de Apogonidos (Kume *et al.*, 2000, 2002, 2003) y en general con las descritas para teleósteos (Wallace y Selman 1978, 1981; Selman y Wallace, 1989; Tyler y Sumpter, 1996; Lucano-Ramírez *et al.*, 2001; McBride y Thurman, 2003). El análisis histológico en el presente trabajo demuestra que el cardenal *Apogon retrosella* es un desovador múltiple con un desarrollo de tipo sincrónico de grupo y concuerda con la descripción reportada por Kume *et al.* (2000) para *A. lineatus* en el cual se presentan al menos dos grupos de ovocitos en distinto estadio de desarrollo en una misma gónada. Aunque no fue posible constatar el número exacto de desoves en *Apogon retrosella* el examen histológico indica que presentan más de un desove durante una misma época reproductiva, como lo han reportado para otras especies de peces cardenales. Las hembras de *A. doederleini* desovan de 4 a 9 ocasiones (Okuda y Yanagisawa, 1996a) y las hembras de *A. niger* llegan a desovar hasta 17 ocasiones durante la época reproductiva (Okuda, 1999).

La época reproductiva para el cardenal *Apogon retrosella* en Bahía de las Ánimas (Baja California, México) se presentó durante el periodo de junio a septiembre del 2005. Aunque cabe aclarar que en el presente trabajo no se contó con el mes de septiembre del 2005 (debido a las malas condiciones climáticas). Los resultados de la gráfica de distribución de porcentaje de frecuencia de los diferentes estadios de desarrollo muestran una clara tendencia estacional, en la cual el mes de agosto se presentó el más alto porcentaje de hembras maduras ($>98\%$), mientras que en el mes de octubre se observó una clara disminución de hembras con gónadas maduras ($< 25\%$), confirmando que septiembre aun esta dentro del periodo reproductivo. Los resultados del presente estudio son muy similares a los reportados por Kume *et al.* (2000 y 2003) para *A. lineatus*, en la Bahía de Tokio y Osaka; en donde la época reproductiva se presentó de julio a octubre, y de julio a agosto respectivamente, alcanzando el 100 % de su madurez de agosto-septiembre. Así mismo el incremento del IG para ambas especies *Apogon retrosella* y *A. lineatus* presentó un periodo de duración muy similar (~ 4 meses), difiriendo un poco en las fechas de inicio y finalización de los incrementos de IG. Esta gran similitud en la duración de la época reproductiva puede ser debido a que las condiciones ambientales a las que están expuestas cada una de las especies en su hábitat son muy parecidas.

La época reproductiva para el cardenal *Apogon retrosella* en Bahía de las Ánimas se presentó durante los meses de registros más altos de

temperatura ($> 21^{\circ}\text{C}$) y fotoperiodo (13 horas luz). Resultados muy similares son reportados para *A. lineatus* en donde la época reproductiva se presenta durante el periodo de más altas temperaturas y durante los días que presentan el mayor registro de horas luz (Kume *et al.*, 2003). Así mismo Okuda y Ohnisi (2001) reportan que las hembras de *A. niger* inician sus desoves cuando se presenta la temperatura más alta. La temperatura y el fotoperiodo son dos factores que influyen la época reproductiva; tienen un efecto directo sobre las hormonas gonadotropinas las cuales estimulan la producción de esteroides lo que representa un efecto sobre la maduración de la gónada (Schulz *et al.*, 2001; Hellqvist *et al.*, 2004)

De forma comparativa entre *Apogon retrosella* y *A. lineatus*, a pesar de que existe una variación latitudinal de 6 grados entre ambas localidades (Bahía de las Ánimas y de Osaka) se presentan condiciones ambientales muy similares durante los meses de la época reproductiva. Por lo que está claro que estos dos factores físicos tienen una alta influencia en la reproducción de *Apogon retrosella* como lo reportado para otras especies de teleosteos (Hensen *et al.*, 1992; Koger *et al.*, 1999; Duston *et al.*, 2003; Taranger *et al.*, 2003; King y Pankhurst, 2004).

Otro factor que puede influenciar la época reproductiva es la disponibilidad de alimento (Angus *et al.* 1990). Este factor debe de ser evaluado en un trabajo futuro para conocer cuales son las características de disponibilidad de alimento a las que está expuesta la población de *Apogon retrosella* en Bahía de las Ánimas, y conocer cual es el impacto que representa

esta disponibilidad en una especie que pertenece a una familia en la que la incubación bucal la realiza el macho y que durante este periodo no se alimenta (Thomson *et al.*, 1987; Okuda, 1999, 2001; Vagelli, 1999).

5. 2 Biometrías

5.2.1 Cambios morfológicos en la estructura de la boca asociados a la época reproductiva

En *Apogon retrosella* se presenta un marcado incremento en la estructura de la boca y representa un evidente dimorfismo sexual durante la época reproductiva. Estas diferencias son resultado de un ensanchamiento en la zona lateral de la boca y en el incremento de zona ventral de la mandíbula inferior, evidenciado por las diferencias significativas de los rasgos (Inf-Hyp, Dnt-Hyp) en el macho. En cambio en las hembras no se presenta este fenómeno. En la familia Apogonidae el macho lleva acabó de los huevos en la cavidad bucal (Thomson *et al.*, 1987; Okuda, 1999, 2001; Vagelli, 1999) y por ello es lo más lógico que el macho presente este incremento en los rasgos morfométricos de la boca como una adaptación a la incubación bucal de los huevos. Resultados similares son reportados para otras seis especies del genero Apogon, en los cuales se presenta un incremento de los rasgos morfométricos asociados a la boca para los machos durante la época reproductiva (Okuda, 2002; Barnett y Bellwood, 2005). Este incremento está directamente asociado a un aumento en el volumen de la cavidad bucal y por ende una mejor eficiencia durante la incubación bucal. En el rol reproductivo el

aumento en el volumen de la boca de los machos tiene implicaciones en la selección sexual (hembra selecciona al macho) así también representa un incremento en el potencial reproductivo del macho e incrementa la eficiencia de oxigenación de los huevos durante la incubación (Okuda, 2001; Okuda *et al.*, 2002, 2003; Ostlund-Nilsson y Nilsson, 2004). El incremento de los rasgos asociados a la boca no es privativo de los Apogonidos y se ha reportado en otras especies de teleósteos que también presentan incubación bucal, sin embargo los estudios no son muy detallados (Taylor, 1983; Oliveira y Aldama, 1995). Aunque en la especie en cuestión de estudio no fue posible obtener el volumen de la capacidad bucal, se esperaría que el incremento en las variables medidas se relacione con el incremento del volumen en la cavidad bucal durante la época reproductiva como lo encontrado para otras especies de Apogonidos. Pero para ello será necesario evaluarlo en un trabajo futuro y saber si el incremento del volumen de la boca es un indicador de selección sexual de las hembras hacia los machos y si tiene relación alguna con la eficiencia en la incubación bucal de los huevos.

El incremento de las características morfométricas asociadas a la boca representa el único dimorfismo sexual entre machos y hembras del cardenal *Apogon retrosella*. Fuera de la época reproductiva hembra y macho no presentan dimorfismo sexual, y la única manera de distinguir los sexos es mediante disección de los especímenes. Nuestros resultados concuerdan con lo reportado para el resto de las especies de este género en el que no se presenta

dimorfismo sexual y este es evidente únicamente durante la época reproductiva (Okuda et al. 1998, 2002, 2003; Barnett y Bellwood, 2005), o durante el momento mismo del apareamiento, en el que macho y hembra suelen cambiar ligeramente de color por un periodo de tiempo muy corto (Kuwamura, 1985).

5. 3 Estructura de la población

La estructura de la población de *Apogon retrosella* presentó variaciones durante la época reproductiva. Las hembras presentan un incremento en la estructura de talla y peso. Este incremento puede representar un comportamiento de segregación durante la época reproductiva de las tallas de mayor tamaño como una estrategia reproductiva. Tanto hembras como machos pueden resultar beneficiados en aparearse con miembros que presenten tallas mayores en la población, lo cual puede ser una razón para la aparente segregación. Estos beneficios pudieran estar relacionados con un incremento en la fecundidad y una reducción en el canibalismo. Este tipo de comportamiento de una elección preferente sobre los machos que presentan una talla mayor y/o aquellos que presentan una mayor edad se ha evidenciado en la familia Apogonidae (Kolm, 2001, 2002; Takeyama *et al.*, 2002; Kolm y Olsson, 2003), y repercute en un incremento en los diámetros y la cantidad de huevos desovados (Okuda, 2001; Kolm, 2002; Kolm y Olsson, 2003). Otro de los factores a considerar es que el incremento de la talla repercute en un incremento en la fecundidad (Okuda *et al.*, 1998; Kume *et al.*, 2000; Kolm 2001, 2002; Marteinsdottir y Bragg, 2002; Kolm y Olsson, 2003; İşmen, 2006). En los machos de la familia Apogonidae el incremento de la talla esta relacionado con el incremento en el volumen de la boca, y esto se refleja en una mayor

capacidad de incubación bucal (Okuda *et al.*, 2002; Barnett y Bellwood, 2005) y un decremento en el canibalismo de los huevos durante el periodo de incubación (Takeyama *et al.*, 2002). Ésto puede explicar una posible segregación en la población de *Apogon retrosella* hacia aquellos organismos más pequeños.

Otra explicación para esta aparente segregación en la población de *Apogon retrosella* es el crecimiento visto a través de las relaciones talla y peso. Los análisis de correlación para la relación Ls/Pt mostraron cambios durante el periodo de muestreo. Durante la época reproductiva las hembras de *Apogon retrosella* presentaron un crecimiento alométrico positivo, este incremento se debe principalmente al gran incremento del peso de la gónada. El principal evento responsable del gran crecimiento del huevo es el empaquetamiento de derivados hepáticos (vitelogénesis) y posteriormente la hidratación, durante este proceso el ovocito incrementa su tamaño enormemente (Wallace y selman, 1981). Tyler y Sumpter (1996) reportan que producto de este incremento en los peces sincrónicos, el peso de la gónada puede representar más del 40 % del peso total de la hembra durante la época reproductiva.

En cambio los resultados obtenidos de la proporción de sexos y la relación Ls/Pt en donde se presento un crecimiento alométrico negativo para machos durante la época reproductiva indican que la condición física decrece y es muy probable que se presente una alta mortalidad. Resultados similares son

reportados para *A. doederleini* y *A. notatus*, en donde se presenta un deterioro de la condición física al final de la época (Okuda, 2001; Okuda y Yanagisawa, 1996a). Este gran decremento en la condición física en los machos de la familia Apogonidae esta asociado principalmente a la incubación bucal y a la inanición a la que esta expuesto durante esta actividad (Okuda, 2001) lo que finalmente repercute en un incremento en la mortalidad de los machos al final de la época reproductiva (Okuda y Yanagisawa, 1996a). Aunque el presente trabajo no se enfoco en determinar la condición física a la que esta expuesta los machos de *Apogon retrosella* durante la época reproductiva y las probables consecuencia de su mortalidad, es muy probable que los resultados obtenidos en el presente estudio sea un buen indicativo de que este comportamiento en la estructura de la población prevalezca en esta especie como lo reportado para otros miembros la familia Apogonidae.

6. CONCLUSIONES

La época reproductiva para la población de *Apogon retrosella* en Bahía de las Ánimas se presenta de junio a septiembre. Las hembras presentan cinco estadios de desarrollo de ovocitos (cromatina nuclear, estadio de desarrollo perinuclear, alveolo cortical, vitelogénicos, maduro) y son desovadores múltiples de tipo sincrónico de grupo.

A los machos durante la época reproductiva se les expande la boca en la zona lateral y en la mandíbula inferior. Este ensanchamiento representa un dimorfismo sexual que se presenta de manera temporal durante la época reproductiva y se considera como una adaptación al cuidado bucal de los huevos.

La estructura de la población de *Apogon retrosella* presentó variaciones durante la época reproductiva, hembras y machos presentan un incremento en la estructura de talla y peso.

7. RECOMENDACIONES

Una de las principales características de los teleosteos es la hidratación de el ovocito previo a la ovulación; Aunque la evidencia en el presente trabajo no es suficiente; es probable que *Apogon retrosella* presenta una hidratación mucho menor como una adaptación para el cuidado bucal de los huevos. Se recomienda un estudio a mayor detalle de este proceso para relacionar una posible la reducción de la hidratación de los ovocitos con la incubación bucal por parte de los machos.

El aspecto del cuidado bucal resalta como característica de la familia y aunque quedo demostrado que los algunos rasgos de la boca de los machos se incrementan durante la época reproductiva se recomienda realizar un estudio del volumen de la cavidad bucal de los machos y su relación con la selección de pareja.

El complementar la información obtenida en el presente estudio con la descripción de la biología reproductiva de el macho, así como la evaluación de la edad, permitiría un mejor entendimiento de la población de *Apogon retrosella* en su hábitat.

8. LITERATURA CITADA

- ACEVES-MEDINA, G., S.P.A. Jiménez-Rosenberg, A. Hinojosa-Medina, R. Funes-Rodriguez, R. J. Saldierna, D. Lluch-Belda, P. E. Smith, y W. Watson. (2003). Fish larvae from the Gulf of California. *Scientia Marina*, 67: 1-11.
- AMESCUA-LINARES, F. (1996). Peces Demersales De La Plataforma Continental Del Pacifico Central De México. Instituto De Ciencias Del Mar y Limnología De La UNAM. 184 pp.
- ANGUS, D.M., A.P. Scott, T.J. Lam. (1990). Reproductive Seasonality in Teleosts: Environmental Influences. Boca Raton, Fla.: CRC Press. 253 p
- BARNETT, A., D.R. Bellwood. (2005). Sexual Dimorphism in the buccal cavity of paternal mouthbrooding cardinalfishes (pisces: Apogonidae). *Marine Biology*, 148: 205-212
- BELL, E.M., J.F. Lockyear, J.M. Mcpherson, A.D. Marsden, C.J. Vincent. (2003). First field studies of an endangered South African seahorse, *Hippocampus capensis*. *Environ Biology Fishes* 67:35-46
- DE LA CRUZ AGÜERO, J.M. Arellano-Martínez, V.M. Cota-Gómez y G. De La Cruz Agüero. (1997). Catálogo de los Peces Marinos de Baja California Sur. IPN - CICIMAR - CONABIO, México. 1ª edición, 341 p.
- DUSTON, J., T. Astatkie, P.F. MacIsaac. (2003). Long-to-short photoperiod in winter halves the incidence of sexual maturity among Arctic charr. *Aquaculture* 221: 567-580
- EMERSON, L.S., G. Walker y P.R. Whithames. 1990. A stereological method for estimating fish fecundity. *Fish Biology*. 36: 721-730
- FINN, R.N., G.C. Ostby, B. Norberg, y H.J. Fyhn. (2002a). In vivo oocyte hydration in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*); proteolytic liberation of free amino acids, and ion transport, are driving forces for osmotic water influx. *J. Exp. Biol.* 205: 211-224.
- FINN, R.N., M. Wamboldt, H.J. Fyhn. (2002b). Differential processing of yolk proteins during oocyte hydration in marine fishes (Labridae) that spawn benthic and pelagic eggs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 237: 217-226

- FRASER, T. y J.E. Randall. (2002). *Apogon dianthus*, a new species of cardinalfish (Perciformes: Apogonidae) from Palau, western Pacific Ocean with comments on other species of the subgenus *Apogon*. Proceedings of the biological society of Washington, 115: 25-31.
- GON, O. y D. Golani.(2002). A new species of the cardinalfish genus *Gymnapogon* (Perciformes, Apogonidae) from the Red sea. Ichthyological Research, 49: 346-349
- GON, O. y J. E. Randall. (2003). A review of the cardinalfishes (Perciformes: Apogonidae) of the red sea. Aquatic biodiversity. Boletín 1, 1-48
- GONZALEZ DE CANALES, M. L., M. Blanco y M.C. Sarasquete. (1992). Carbohydrate and protein histochemistry during oogenesis in *Halobatrachus didactylus* (Schneider, 1801) from the bay of cadiz (Spain). Histochemical journal, 24; 337-344.
- GOODSON, G. 1988. Fishes of the Pacific Coast. Alaska to Peru, including the Gulf of California and the Galapagos Islands. Stanford University Press, U.S.A. 1ª edición, 267 p.
- GOTSHALL, D.W. (1987). Marine Animals of Baja California: a Guide to the Common Fishes and Invertebrates. Sea Challengers, Japan. 2ª edición, 113 p.
- GREELEY, M.S. Jr., D.R. Calder, R.A. Wallece (1986). Changes in teleost yolk proteins during oocyte maturation: correlation of yolk proteolysis with oocyte hydration. Comp. Biochem. Physiol. 84b: 1-9.
- GREENFIELD, D. (2003). Pacific-atlantic differences in cardinalfish assemblage structure. copeia, 3: 608-617
- GRÜTER C. y B. Taborsky. (2004). Mouthbrooding and biparental care: an unexpected combination, but male brood care pays. Animal Behaviour, 68: 1283-1289
- HANSEN, T., S. Steffansson y G.L. Taranger. (1992). Growth and sexual maturation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., reared in sea cages at two different light regimes. Aquacult. Fish. Man. 23: 275-280.
- HELLQVIST A., C. Bornestaf, B. Borg, y M. Schmitz. (2004). Cloning and sequencing of the FSH-b and LH b-subunit in the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus*, and effects of photoperiod and temperature on LH-b and FSH-b mRNA expression. General and Comparative Endocrinology 135: 167-174

- HIROSE, K. (1976). Endocrine control of ovulation in medaka (*Oryzias latipes*) and ayu (*Plecoglossus altivelis*). *J. Fish. Res. Board Can.* 33: 989-994.
- IŞMEN, A. (2006). Growth and Reproduction of Por's Goatfish (*Upeneus pori* Ben-Tuvia y Golani, 1989) in Iskenderun Bay, the Eastern Mediterranean. *Turk J. Zool.* 30: 91-98
- JONES, R.E., R.J. Petrill, D. Pauly. (1999). Using modified length-weight relationship to assess the condition of fish. *Aquacultural Engineering* 20: 261-276
- KING, H.R. y N.W. Pankhurst. (2004). Effect of short-term temperature reduction on ovulation and LHRHa responsiveness in female Atlantic salmon (*Salmo salar*) maintained at elevated water temperatures. *Aquaculture*, 238: 421-436
- KOGER C.S, S.J. The, y D.E. Hilton. (1999). Variations of light and temperature regimes and resulting effects on reproductive parameters in medaka (*Oryzias latipes*). *Biology of Reproduction*; 61, 1287-1293
- KOLM, N. (2001). Females produce larger eggs for large males in a paternal mouthbrooding fish. *The royal society.* 268, 2229-2234
- KOLM, N. (2002). Male size determines reproductive output in a paternal outhbrooding fish. *Animal Behaviour*, 63: 727-733
- KOLM, N. (2004). Female courtship in the Banggai cardinalfish: honest signals of egg maturity and reproductive output?. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 56: 59-64
- KOLM, N. y J. Olsson. (2003). Differential investment in the Banggai cardinalfish: can females adjust egg size close to egg maturation to match the attractiveness of a new partner?. *Fish Biology*, 63: 144-151
- KUME, G., A. Yamaguchi y I. Aoki. (2002). Dummy egg production by female cardinalfish to deceive cannibalistic male: oogenesis without vitellogenesis. *Environmental biology of fishes*, 64: 469-472
- KUME, G., A. Yamaguchi, I. Auki y T. Taniuchi. (2000). Reproductive biology of the cardnalfish *Apogon lineatus* in Tokyo Bay, Japon. *Fisheries Science*, 66: 947 - 954
- KUME, G., A. Yamaguchi, y I. Aoki. (2003). Variation in life history parameters of the cardinalfish *Apogon lineatus*. *Fisheries Science*; 69 : 249-259

- KUWAMURA, T. (1985). Social and reproductive behavior of three mouthbrooding cardinalfish, *Apogon doederleini*, *A. niger*, and *A. notatus*. *Environmental biology fish*, 13: 17-24
- LAHNSTEINER, F. (2003). The spermatozoa and eggs of the cardinal fish. *Fish biology*, 62: 115-128
- LUCANO-RAMIREZ, G., M. Villagrán-Santa Cruz, S. Ruiz-Ramírez, T. López-Millo. (2001). Histología de los ovocitos de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1992) (Pises: Lutjanidae). *Ciencias marinas*, 27: 335-349
- MACBRIDE, S.R. y P.E. Thurman. (2003). Reproductive Biology of *Hemiramphus brasiliensis* and *H. balao* (Hemiramphidae): Maturation, spawning frequency, and fecundity. *Biol. Bull.*, 204: 57-67
- MACKIE, M. y P. Lewis. (2001). Assessment of gonadal Staging systems and other methods used in the study of the reproductive biology of narrow-barred Spanish mackerel, *Scomberomorus commerson*, in Western Australia. Fisheries research, reporte No. 136
- MARTEINSDOTTIR, G. y G.A. Begg. (2002). Essential relationships incorporating the influence of age, size and condition on variables required for estimation of reproductive potential in Atlantic cod *Gadus morhua*. *Marine Ecology*, 235: 235-256.
- McBRIDE, R.S., J.R. Styer, R. Hudson. 2003. Spawning cycles and habitats for ballyhoo (*Hemiramphus brasiliensis*) and balao (*H. balao*) in south Florida. *Fishery Bulletin*, 101(3): 583-589
- MICHAEL, J.M. y D.R. Bellwood. (2002). Diet and nocturnal foraging in cardinalfishes (Apogonidae) at One Tree Reef, Great Barrier Reef, Australia. *Marine Ecology*, 231: 261-268.
- MURUA, H., G. Graus, F. Saborido-rey, P. Witthames, A. Thorsen, S. Junquera, (2003). Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive strategy. *Northw. Atl. Fish. Sci.*, 33: 33-54
- OKUDA, N. (1999). Female mating strategy and male brood cannibalism in a sand-dwelling cardinalfish. *Animal Behaviour*, 58: 273-279
- OKUDA, N. (2000). Interspecific differences in male cannibalistic behavior between two sympatric cardinalfishes (Pisces: Apogonidae). *J. Ethol*, 18: 5-10

- OKUDA, N. (2001). The cost of the reproduction to males and females of a paternal mouthbrooding cardinalfish *Apogon notatus*. *Fish Biology*, 58: 776-787
- OKUDA, N. y N. Ohnishi. (2001). Nocturnal hatching timing of mouthbrooding male cardinalfish *Apogon niger*. *Ichthyological research*, 48: 207-212
- OKUDA, N. y Y. Yanagisawa. (1996a). Filial cannibalism by mouthbrooding males of the cardinal fish, *Apogon doederleini*, in relation to their physical condition. *Environmental Biology of Fishes*, 45: 397-404.
- OKUDA, N. y Y. Yanagisawa. (1996b). Filial cannibalism in a paternal mouthbrooding fish in relation to mate availability. *Animal Behaviour*: 52: 307-314.
- OKUDA, N., I Tayasu y Y Yanagisawa. (1998). Determinate grow in a paternal mouthbrooding fish whose reproductive success is limited by bucal capacity. *Evolutionary Ecology*, 12: 681-699
- OKUDA, N., K. Fukumori e Y. Yanagisawa. (2003). Male ornamentation and its condition-dependence in a paternal mouthbrooding cardinalfish with extraordinary sex roles. *J Ethol* 21:153-159
- OKUDA, N., M. Miyazaki y Y. Yanagisawa. (2002). Sexual difference in bucal morphology of the paternal moutbrooding cardinalfish *Apogon doederleini*. *Zoological science*, 19: 801-807
- OLIVEIRA, R.F. y V.C. Aldama. (1995). Sexual dimorphism and allometry of external morphology in *Oreochromis mossambicus*. *Fish Biology*. 46: 1055-1064.
- OLIVER, K. (2001). THE ORNAMENTAL FISH MARKET. FAO/Globe fish research programme. Vol 67. Rome, FAO. 2001
- OSTLUND -NILSSON S. y G.E. Nilsson. (2004). Breathing with a mouth full of eggs: respiratory consequences of mouthbrooding in cardinalfish. *Proc. R. Soc. Lond.* 271:1015-1022
- PARK, I.S., C.I. Zhang y D.Y. Lee. (2001). Sexual dimorphism in morphometric characteristics of cocktail wrasse. *Journal of Fish Biology* 58: 1746-1749

- PAVLIDIS, M., S. Keravec, L. Greenwood, B. Mouro y A.P. Scott. (2001). Reproductive performance of the common dentex, *Dentex dentex*, Broodstock held under different photoperiod and constant temperature conditions. broodstock. Fish physiology and biochemistry, 25: 171-180
- SCHULZ, R.W., Vischer, H.F., Cavaco, J.E.B., Santos, E.M., Tyler, C.R., Goos, H.J.Th., Bogerd, J., 2001. Gonadotropins, their receptors, and the regulation of testicular functions in fish. Comp. Biochem. Physiol. B 129, 407-417.
- SELMAN, K y R.A. Wallace. (1989). Cellular aspects of oocyte growth in teleosts. Zoological science. 6:211-231
- SPECKER, J.L. y M. Kishida. (2000). Mouthbrooding in the Black-Chinned Tilapia, *Sarotherodon melanotheron* (Pisces: Cichlidae): The Presence of Eggs Reduces Androgen and Estradiol Levels during Paternal and Maternal Parental Behavior. Hormones and Behavior 38, 44-51.
- TABORSKY, B. y K. Foerster. (2004). Female mouthbrooders adjust incubation duration to perceived risk of predation. Animal Behaviour, 68: 1275-1281
- TAKEYAMA, T., N. Okuda, y Y. Yanagisawa. (2002). Seasonal pattern of filial cannibalism by *Apogon Doederleini* Mouthbrooding males. Fish Biology, 61: 633-644
- TARANGER, G.L., B. Norberg, S.O. Steafansoon, T. Hansen, Y. Zohar I. Mayer, E. Andersson, U. Klenke, E. Vikingstad. . (2003). Effects of photoperiod, temperature and GnRHa treatment on the reproductive physiology of atlantic salmon (*Salmo salar* L.) broodstock. Fish physiology and biochemistry, 28: 403-406
- TAYLOR, J.N. (1983). Field observations on the reproductive ecology of three species of armored catfishes (Loricariidae: Loricariidae) in Paraguay. Copeia, 1: 257-259
- THOMSON, D., L. Findley y A. Kerstitch. (1987). Reef Fihs Of The Sea Of Cortez. University of Arizona press. 301 p.
- TORRES-OROZCO, B.R. (1979). Los Peces de México. Ed. AGT, México. 1ª edición, 235 p.
- TYLER, C.R. y J.P. Sumpter. (1996). Oocyte growth and development in teleosts. Fish Biology and Fisheries. 6, 287-318

- VAGELLI, A. (1999). The reproductive biology and early ontogeny of the mouthbrooding Banggai cardinalfish, *Pterapogon kauderni* (Perciformes, Apogonidae). *Environmental biology of fish* 56: 79-92
- VAGELLI, A. y M. Erdmann. (2002). First comprehensive ecological survey of the Banggai cardinalfish, *Pterapogon kauderni*. *Environmental Biology of fishes*, 63: 1-8
- VIVIEN, M.L. (1975). Place of apogonid fish in the food webs of a Malagasy coral reef. *Micronesica* 11:185-196
- WALLACE, R.A. y K. Selman. (1978). Oogenesis in *Fundulus heteroclitus* I. Preliminary observations on oocyte aturation in vivo and in vitro. *Dev. Biol.* 62: 354-369.
- WALLACE, R.A. y K. Selman. (1981). Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Amer. Zool.* 21:325-343.