



# El Colegio de la Frontera Sur

Biología reproductiva de los machos de *Bagre marinus*  
(PISCES: ARIIDAE), en el Sureste del Golfo de México

TESIS

Presentada como requisito parcial para optar al grado de  
Maestra en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

Por

Elsy Consuelo Segura-Bertolini

2011



# El Colegio de la Frontera Sur

Villahermosa, Tabasco a 9 de septiembre del 2011.

Los abajo firmantes, miembros del jurado examinador de la alumna Elsy Consuelo Segura Bertolini hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada Biología reproductiva de los machos de *Bagre marinus* (PISCES: ARIIDAE), en el Sureste del Golfo de México para obtener el grado de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural.

Nombre

Firma

Tutor Dr. Manuel Mendoza Carranza

---

Asesor Dr. Juan Carlos Jiménez Pérez

---

Asesora M. en C. Arlett A. Hernández Franyutti

---

Sinodal adicional Dr. Everardo Barba Macías

---

Sinodal adicional Dra. María Azahara Mesa Jurado

---

Sinodal suplente M. en C. Wendi del C. Arévalo Frías

---

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Manuel Mendoza Carranza por la oportunidad, orientación, apoyo, paciencia y confianza que me brindó

A la M. en C. Arlette A. Hernández Franyutti por ser mi fuente de inspiración y enseñanza en la biología

A la Dra. Mari Carmen Uribe Aranzábal por la oportunidad de aprendizaje y crecimiento como profesionalista y ser humano

A los funcionarios, académicos y técnicos del Colegio de la Frontera Sur en las diferentes unidades por su valioso apoyo, enseñanza y convivencia

A los laboratorios, de Pesquerías Artesanales, ECOSUR Unidad Villahermosa, de Biología de la reproducción en la División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT, Villahermosa y Biología de la reproducción en la Facultad de Ciencias, UNAM, D.F. Por los materiales y equipos facilitados para la realización y análisis de mis muestras

A la Dra. Marcela Aguilar por sus consejos y las técnicas aplicadas a mis láminas

A mis colegas y amigos del laboratorio de Biología reproductiva DACBiol. UJAT. Kenia y Otilio, por toda su ayuda, paciencia y sugerencias



A los profesores de mi Comité Dr. Juan Carlos, Dr. Manuel Mendoza y M. en C. Arlette A. Hernández Franyutti por sus sabias sugerencias e indispensables correcciones en el escrito.

A los pescadores de la Costa Tabasqueña, por su tiempo, ayuda e invaluable conocimientos compartidos

A mis amigos y colegas que ayudaron en las colectas: Mi coma Editha, Gelo, Wen, Chamuquin, La rana, El viejo, Tacaná, Darwin, El Otro, Juan y los coladitos.

A mis amigos y colegas del curso de posgrado por su compañía, compañerismo y apoyo

A mi madre y mi viejo Geño porque este camino lo recorro gracias a su amor, esfuerzos y guía

A mi hermano y mi padre por su ejemplo, apoyo e incentivos

A mi amado José Gerónimo por ser incondicional y mi apoyo para mejorar en cada nueva jornada

A CONACYT por la beca otorgada



## CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	7
1. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	9
2. <b>OBJETIVOS</b> .....	12
2.1 GENERAL.....	12
2.2 PARTICULARES.....	12
3. <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	13
3.1 TRABAJO DE CAMPO.....	13
3.2 TRABAJO DE LABORATORIO.....	15
3.3 ANÁLISIS MICROSCÓPICO.....	16
3.4 ANÁLISIS DE DATOS.....	18
4. <b>RESULTADOS</b> .....	22
4.1 ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE LA FAMILIA ARIIDAE.....	22
4.1.1 DIMORFISMO SEXUAL.....	22
4.1.2 TALLA MEDIA DE MADUREZ SEXUAL ( $L_{50}$ ).....	24
4.1.3 PERIODOS DE REPRODUCCIÓN.....	25
4.1.4 LÍNEA ESPERMATOGÉNICA.....	28
4.1.5 INCUBACIÓN ORAL.....	29
4.2 MADUREZ SEXUAL.....	31
4.3 ÍNDICE GONADOSOMÁTICO Y FACTOR DE CONDICIÓN.....	31



4.4 ESTRUCTURA TESTICULAR .....	32
4.5 CLASIFICACIÓN MACROSCÓPICA (ANATÓMICA) .....	33
4.6 ORGANIZACIÓN HISTOLÓGICA DE LOS TESTÍCULOS .....	34
4.7 ETAPAS DEL CICLO ESPERMATOGÉNICO .....	37
4.8 CLASIFICACIÓN MICROSCÓPICA .....	40
4.8.1 FASE 1. Epitelio Germinal en Regresión Avanzada .....	40
4.8.2 FASE 2. Epitelio Germinal en Desarrollo Temprano .....	42
4.8.3 FASE 3. Epitelio Germinal en Desarrollo Medio.....	44
4.8.4 FASE 4. Epitelio Germinal en Desarrollo Avanzado.....	47
4.8.5 FASE 5. Epitelio Germinal en Regresión Temprana .....	50
4.9 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS MENSUAL DE LOS ESTADIOS MACROSCÓPICOS .....	52
4.10 DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LAS FASES DEL CICLO REPRODUCTOR .....	53
4.11 COMPARACIÓN ENTRE LAS CLASIFICACIONES ANATÓMICA E HISTOLÓGICA DEL CICLO TESTICULAR DE <i>B. MARINUS</i> . .....	54
4.12 INCUBACIÓN.....	55
5. DISCUSIÓN .....	60
6. CONCLUSIONES .....	69
7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	70



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación macroscópica (anatómica) de los testículos de <i>B. marinus</i> propuesta por Ramírez-Mosqueda y Segura-Berttolini (2007). .....	14
Tabla 2. Clasificación microscópica para los testículos de Teleósteos según el criterio de Grier y Uribe (2009). .....	17
Tabla 3. Dimorfismo sexual en especies de la familia Ariidae .....	23
Tabla 4. Tallas de madurez sexual en especies de la familia Ariidae .....	24
Tabla 5. Aspectos reproductivos Familia Ariidae .....	26
Tabla 6. Aspectos reproductivos Familia Ariidae, 2da. Parte. ....	27
Tabla 7. Capacidad oral en machos de <i>B. marinus</i> .....	29
Tabla 8. Comparación de las clasificaciones macroscópicas y microscópicas del ciclo testicular de <i>B. marinus</i> .....	54



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de pesca de <i>B. marinus</i> de la flota pesquera de pequeña escala del puerto de San Pedro, Centla, Tabasco. ....	13
Figura 2. Índice gonadosomático y factor de condición mensual en machos de <i>B. marinus</i> en San Pedro, Centla, Tabasco. ....	32
Figura 3. Ubicación de los testículos en la cavidad celómica en <i>B. marinus</i> . ....	33
Figura 4. Corte longitudinal de los testículos de <i>B. marinus</i> . ....	35
Figura 5. Detalle de la región periférica del testículo de <i>B. marinus</i> , túnica albugínea y lóbulos con quistes en diferentes estadios de la espermatogénesis. ....	36
Figura 6. Línea de células germinales de la espermatogénesis. ....	39
Figura 7. Testículo de <i>B. marinus</i> en Fase Epitelio Germinal en Regresión Avanzada. ...	41
Figura 8. Testículo de <i>B. marinus</i> en Fase Epitelio Germinal en Desarrollo Temprano. ...	43
Figura 9. Testículo de <i>B. marinus</i> en Fase Epitelio Germinal en Desarrollo Medio. ....	45
Figura 10. Testículo de <i>B. marinus</i> en Fase Epitelio Germinal en Desarrollo Medio. ....	46
Figura 11. Testículo de <i>B. marinus</i> en Fase Epitelio Germinal en Desarrollo Avanzado. .	48
Figura 12. Testículo de <i>B. marinus</i> en Fase Epitelio Germinal en Desarrollo Avanzado..	49
Figura 13. Testículo de <i>B. marinus</i> en Fase Epitelio Germinal en Regresión Temprana..	51
Figura 14. Frecuencias de los estadios macroscópicos del ciclo reproductivo de los machos de <i>B. marinus</i> .....	52
Figura 15. Frecuencias de fases del ciclo reproductivo de los machos de <i>B. marinus</i> .....	53
Figura 16. Región hioidea (líneas punteadas) ampliada en macho de <i>Bagre marinus</i> . ....	55
Figura 17. Distribución de frecuencia de los diámetros de huevos de <i>B. marinus</i> . ....	56
Figura 18. Número de huevos por clases de tallas de machos de <i>B. marinus</i> . ....	58
Figura 19. Comparación de distribución de tallas de machos <i>B. marinus</i> . ....	68



## RESUMEN

Se describe la biología reproductiva de los machos de *Bagre marinus* del sureste del Golfo de México, a través de la histología de los testículos, el análisis de su capacidad orofaríngea para incubación, así como una revisión bibliográfica de los parámetros reproductivos generados para otras especies de la familia Ariidae. Los muestreos se realizaron mensualmente de diciembre del 2003 a diciembre del 2004 y de junio a septiembre del 2009. Se analizaron 734 ejemplares para los datos biológicos y 60 para los histológicos. La talla mínima de madurez sexual macroscópica y microscópica fue de 221mmLF y 245mmLF respectivamente. El valor máximo del IGS se presentó en julio. Se identificaron tres estadios macroscópicos de desarrollo testicular: I en Maduración, II Maduros y III en Recuperación. De acuerdo a la presencia y tipo de epitelio germinal testicular, se establecieron cinco fases del ciclo reproductor: Epitelio Germinal en Regresión Avanzada, Epitelio Germinal en Desarrollo Temprano, Epitelio Germinal en Desarrollo Medio, Epitelio Germinal en Desarrollo Avanzado y Epitelio Germinal en Regresión Temprano. El testículo de *B. marinus* se define de tipo lobular quístico con espermatogonias no restringidas. La espermatogénesis se activa durante los meses de mayo-junio. Los cambios estructurales del testículo, indican la época de espermiación durante los meses de junio-septiembre. Los cardúmenes incubadores de *B. marinus* están compuestos sólo por machos. La ampliación de la región hioidea fue característica durante la época de reproducción en los machos incubadores. El máximo volumen orofaríngeo calculado para machos incubadores capturados fue de 154 ml ( $\pm 29.01$ ), capacidad para albergar máximo 43 huevos de 19mm de diámetro cada uno. La regresión lineal entre el número de huevos y la longitud furcal de los machos incubadores presenta una



relación positiva. Los diámetros de huevo que con mayor probabilidad (75%) acarrean los machos es de 18.3mm y 19mm.

Palabras claves: **teleósteo, histología, espermatogénesis, ciclo reproductivo, incubación orofaríngea**



## 1. INTRODUCCIÓN

Las costas mexicanas del Golfo de México albergan ecosistemas naturales de gran importancia ecológica y socioeconómica para México y el mundo: las lagunas costeras, los estuarios y hábitats asociados. Estos ecosistemas cubren el 75% de la superficie del Golfo y se ubican sobre amplias planicies costeras y plataformas continentales como la de Campeche y la de Yucatán. La plataforma de Campeche es una de las regiones más extensas y menos profundas de la plataforma continental. En esta región y especialmente en la costa este de Campeche y toda la costa de Tabasco los numerosos ambientes estuarinos aportan una gran cantidad de nutrientes y materia orgánica reflejándose en una elevada productividad y alta diversidad de especies. La dinámica de este sistema costero ha permitido a múltiples especies de peces utilizar estas áreas para completar parte de su ciclo de vida en intensas interacciones ecológicas estuario-mar como la alimentación, refugio, crecimiento y reproducción (Cifuentes-Lemus, *et al.* 1995; Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1997; Caso, *et al.* 2004, Lara-Lara, *et al.* 2008).

Todas estas características han contribuido al establecimiento de pesquerías comerciales de gran importancia en la plataforma de Campeche, como la lisa (Mugilidae), tiburones (Carcharhinidae, Sphyrnidae), picudos (Istiophoridae), bonito, sierra (Scombridae), huachinango (Lutjanidae), robalo (Centropomidae) y bandera (Ariidae); ésta última una de las familias más abundantes (Perera-García, *et al.*, 2008; Hernández, 2009; EMC, 2011).

En la zona estuarina de la costa de Tabasco, principalmente en los municipios de Centla y Paraíso, *Bagre marinus* o bagre Bandera, es una de las especies más importante por su abundancia dentro de la pesca costera de pequeña escala. Estos municipios costeros capturan en promedio 243 t de Bandera mensualmente durante la mayor parte del año, sosteniendo la



actividad económica de la zona en temporadas de bajas capturas de otras especies (Mendoza-Carranza y Hernández-Franyutti, 2005; Ramírez-Mosqueda y Segura-Bertolini, 2007). Durante el 2010, la pesquería de la bandera en las costas tabasqueñas representó un alto volumen de captura en relación a otros estados, cubriendo un 44% (2,917 t) de la producción total nacional, seguido por Campeche y Veracruz con 19% (1,261t) y 16% (1,036t) respectivamente (SAGARPA-CONAPESCA, 2010).

*Bagre marinus* es un recurso que se encuentra en plena explotación y, al igual que otras especies de alta importancia pesquera y comercial, la evaluación de su población requiere información biológica como los parámetros reproductivos (tamaño, edad de primera madurez y fecundidad de la especie) que permitan la generación de puntos de referencia específicos para establecer relaciones con los procesos fisiológicos, su historia de vida y de su explotación, para realmente lograr calcular los niveles apropiados de su explotación y mantenerlo en un estado óptimo (Sadovy, 1994; Lowerre-Barbieri, *et al.*, 2003).

La mayoría de los estudios realizados en reproducción de bagres marinos del Golfo de México, han abordado aspectos ecológicos y morfológicos a nivel macroscópicos de sus estructuras gonádicas (Yáñez-Arancibia, *et al.* 1976; Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 1988; Mendoza-Carranza y Hernández-Franyutti, 2005 y Ramírez-Mosqueda y Segura-Bertolini, 2007). Sin embargo, aunque el empleo de técnicas y clasificaciones macroscópicas para caracterizar la biología de los peces son una herramienta muy útil para los ictiólogos y manejadores pesqueros; las clasificaciones macroscópicas pueden llegar a presentar un alto margen de error al momento de identificar en forma precisa los diferentes estadios gonádicos, especialmente en los machos donde los testículos no presentan variaciones externas muy perceptibles. Por este motivo es importante recurrir a métodos más precisos como la histología. A través de la observación sistemática de cortes histológicos se alcanza un mayor nivel de



detalle y se refuerzan las observaciones macroscópicas; resultando en la interpretación y caracterización más precisa de los ciclos reproductivos al evidenciarse aspectos morfológicos y fisiológicos implicados en la gametogénesis (García, 2000).

Los estudios de la biología reproductiva se han enfocado principalmente en las hembras, debido a que fisiológicamente tienen mayor intervención en el proceso reproductivo (Murua y Saborido-Rey, 2003). Sin embargo nuevos avances en el entendimiento de la contribución de los machos al potencial reproductivo del stock, especialmente en la fertilización y la incubación, apoyan el estudio de la biología reproductiva de los machos (Trippel, 2003, Kamler, 2006).

Particularmente en *B. marinus*, debido a su estrategia reproductiva; son los machos quienes terminan la última etapa de desarrollo de la progenie y lo hacen a través de la incubación de huevos y larvas en la cavidad orofaríngea. Este aspecto lo hace peculiar frente a otras especies del Golfo de México que no presentan tal comportamiento, y por tanto resulta de alta importancia tratar de conocer qué papel juegan dentro de la dinámica de la especie.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 GENERAL

Caracterizar la biología reproductiva de los machos de *Bagre marinus* en las costas del estado de Tabasco.

### 2.2 PARTICULARES

- Sistematizar la información existente a la fecha de los aspectos reproductivos de la familia Ariidae.
- Estimar la talla de primera madurez ( $L_{50}$ ) en los machos de *B. marinus*.
- Estimar el índice gonadosomático (IGS) y analizar su variación mensual de los machos de *B. marinus*.
- Estimar el factor de condición (K) y su relación con el IGS de los machos de *B. marinus*.
- Describir las características de los elementos germinales y somáticos del testículo de *B. marinus*.
- Determinar con base en los cambios morfológicos de los testículos las fases reproductoras de los machos de *B. marinus* durante un ciclo anual.
- Calcular y comparar la distribución de frecuencias mensuales de las fases del ciclo reproductivo con la clasificación anatómica (macroscópica) de los machos de *B. marinus*.
- Calcular la capacidad para la incubación orofaríngea de huevos en machos de *B. marinus*.



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 TRABAJO DE CAMPO

##### *Obtención de muestras y de datos macroscópicos*

El trabajo de campo consistió en visitas mensuales a diferentes cooperativas pesqueras y permisionarios que se dedican a la pesca artesanal del bagre Bandera en el puerto de San Pedro, Centla, Tabasco localizado a  $18^{\circ} 40' LN$  y  $93^{\circ} 39'$  de LW (Figura 1).

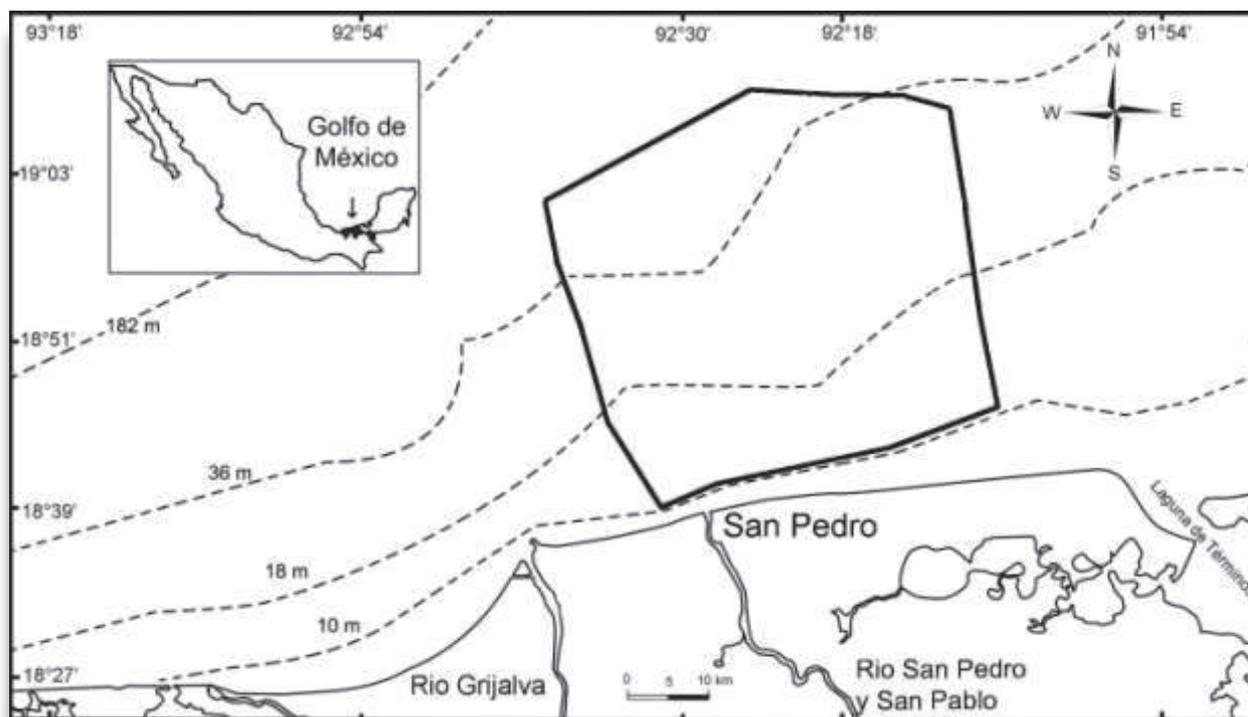


Figura 1. Área de pesca de *B. marinus* de la flota pesquera de pequeña escala del puerto de San Pedro, Centla, Tabasco (tomado de Hernández, 2009).



Se analizaron 734 individuos, a los cuales se les determinó el sexo, peso total y peso somático, en gramos con una balanza electrónica de 0.5 gramos de precisión; así mismo se midió la longitud total y furcal en milímetros con un estándar de 60 cm.

De diciembre del 2003 a diciembre del 2004 se clasificaron macroscópicamente las etapas de madurez de los testículos *B. marinus*, utilizando la propuesta modificada de Ramírez-Mosqueda y Segura-Berttolini (2007). Los datos considerados para determinar la actividad testicular fueron: color, longitud, peso y presencia de crestas en la periferia y líquido seminal (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación macroscópica (anatómica) de los testículos de *B. marinus* propuesta por Ramírez-Mosqueda y Segura-Berttolini (2007).

Estadio I: <b>En Maduración</b>	Los testículos son filiformes de coloración rosácea, se presenta de febrero a mayo, con longitudes de 35 a 105 mm y un peso promedio de 0.1 a 3 g
Estadio II: <b>Maduros</b>	Los testículos son delgados, se observan túrgidos, de coloración blanquecina y con crestas en su periferia, se presentan de junio a septiembre, con una longitud promedio de 35 a 109, con un peso de 0.1 a 6.8 g
Estadio III: <b>En recuperación</b>	La gónada de nuevo se observa reducida a dos filamentos, han desaparecido las crestas y su vascularización es abundante dándole una coloración roja intensa característica. Se observan de octubre a enero, con longitudes promedio que van de 40 a 115mm y pesos de 0.1 a 1.8g

Para el análisis histológico se eligieron las gónadas de 5 machos por mes y se extrajeron por eviscerado directo a través de una incisión ventral. A los testículos retirados se le midieron la longitud total en milímetros con un vernier estándar, se pesaron en gramos con una balanza



electrónica de campo, 0.1 gramos de precisión y se fijaron de 8 a 12 h, en solución Bouin, para después ser procesadas en el laboratorio.

### *Cálculo del volumen orofaríngeo*

La captura de los ejemplares se realizó el 5 de septiembre del 2009 en una zona de avistamientos de cardúmenes llamado Barra Bosque ubicada a 18°36'45" LN y 92°42'48" LW, a 3 km de la ciudad de Frontera, Centla.

Los datos que se registraron fueron: conteo directo del total de huevos de la cavidad orofaríngea de cada macho incubador, diámetro de cada huevo, datos morfométricos y dimensiones orofaríngeas les (largo, ancho y profundidad) de cada organismo colectado; así como parámetros físico-químicos de la zona superior, media y más profunda de los diferentes puntos de la zona de avistamientos y captura de cardúmenes incubadores con un equipo multiparamétrico Hanna, midiéndose la transparencia, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y pH.

## **3.2 TRABAJO DE LABORATORIO**

Pasado el tiempo de fijación de los testículos en solución Bouin, fueron lavados en agua corriente para eliminar el excedente de fijador. Posteriormente las muestras fueron deshidratadas por una hora en alcoholes usando concentraciones crecientes 50°, 70°, 80°, 90° y 100° y se aclararon una hora en alcohol 100°- xilol y xilol puro. Seguidamente se llevó a cabo el proceso de inclusión, parafina xilol 1:1, parafina I y parafina II, durante una hora en cada cambio a una temperatura de 56-58°C. Se realizaron cortes seriados de 6 y 7µm de espesor usando un micrótopo de



deslizamiento marca Reichert-Jung, modelo Hn 40, y su montaje en portaobjetos. Las técnicas de tinción empleadas fueron hematoxilina-eosina y tricrómica de Mallory. Finalmente se secaron y seleccionaron las muestras (Humason, 1979; Aguilar y Salinas 1996).

### **3.3 ANÁLISIS MICROSCÓPICO**

Para el análisis microscópico se utilizó la técnica de campo claro con un microscopio marca Zeiss modelo Axiostar plus, una cámara digitalizadora de imágenes modelo AxioCam MR c5, y el software para medición micrométrica AxioVision AC Release 4.7.

Para describir la estructura de los testículos a partir de las características y elementos germinales, somáticos y cambios morfológicos que presentan estos organismos a lo largo de un ciclo reproductivo, se clasificaron mensualmente las células germinales con base en sus características nucleares, en diferentes estadios de desarrollo (espermatogonias, espermatocitos y espermatidas), considerándose la presencia de espermatozoides en los lóbulos seminíferos y conductos, así como el diámetro de los lóbulos seminíferos, del lumen de los mismos y la altura del epitelio seminífero (n= 30 por mes)

Para la determinación microscópica de las fases del ciclo reproductivo de los machos de *B. marinus* se utilizó la clasificación propuesta por Grier (2002) y Grier y Uribe (2009). (Tabla 2).



Tabla 2. Clasificación microscópica para los testículos de Teleósteos según el criterio de Grier y Uribe (2009).

<i>Clase 1</i>	<b>Epitelio germinal en regresión avanzada:</b> En el testículo sólo se presentan espermatogonias y el epitelio germinal es continuo, extendiéndose desde la zona distal de los conductos a la zona terminal de los lóbulos.
<i>Clase 2</i>	<b>Epitelio germinal en desarrollo temprano:</b> Se presenta epitelio germinal continuo entre los conductos y el término de los lóbulos, en esta clase ha iniciado la espermatogénesis.
<i>Clase 3</i>	<b>Epitelio germinal en desarrollo medio:</b> Se presenta epitelio germinal discontinuo en la región de los conductos del testículo y un epitelio germinal continuo al término del lóbulo.
<i>Clase 4</i>	<b>Epitelio germinal en desarrollo avanzado:</b> Se presenta epitelio germinal discontinuo en la región distal de un lóbulo.
<i>Clase 5</i>	<b>Epitelio germinal en regresión temprana:</b> Se presentan espermatoquistes dispersos a lo largo de las paredes del lóbulo, generalmente los lóbulos y los conductos están llenos con espermatozoides. Se encuentran pocas espermatogonias, por lo que el epitelio germinal es discontinuo.



### 3.4 ANÁLISIS DE DATOS

Para obtener la talla mínima de madurez sexual, se consideró la menor longitud entre los ejemplares clasificados como maduros o en estadio II de la escala anatómica y la menor longitud del individuo considerado con Epitelio Germinal en Desarrollo Temprano de las Fases del ciclo reproductor.

La talla de primera madurez gonádica ( $L_{50}$ ) se calculó mediante la distribución de frecuencias por clase de talla de los machos maduros (Vazzoler, 1996) ajustándolos a una curva logística cuya ecuación es:  $K(1+a)e^{-bx}$

donde:

Y= Proporción de machos maduros de longitud /

K= capacidad del sistema

a y b = parámetros a estimar

El índice gonadosomático (IGS) mensual se calculó para representar el grado de madurez sexual de los individuos mediante la siguiente fórmula:

$$\text{IGS} = (\text{PG} / \text{PT}) \times 100$$

donde:

IGS = Índice gonadosomático

PG = Peso de las gónadas

PT = Peso total



El factor de condición (K) mensual, se estimó para cada individuo con el fin de expresar el bienestar del animal. Este factor viene dado por la siguiente fórmula:

$$K = PT / LT^b$$

donde:

**K** = Factor de condición

**PT** = Peso total

**LT** = Longitud total

**b** = Coeficiente de regresión entre PT / LT

Para la comparación y análisis mensual de distribución de frecuencias de tallas de los estadios macroscópicos de madurez testicular se utilizó una fórmula:

$$FRM = (Est_m / Total del Est_m) \times 100$$

donde:

**FRE** = Frecuencia relativa mensual

**Est<sub>m</sub>** = Número de estadio mensual

**Total del Est<sub>a</sub>** = total del estadios mensual

La distribución de frecuencias de las fases de madurez gonádica de los testículos, se compararon y analizaron mensualmente con los valores del IGS y K a lo largo del periodo de muestreo.



El volumen de la cavidad orofaríngea de los ejemplares capturados, fue calculado mediante una aproximación del volumen de una elipse dada por la ecuación siguiente:

$$V=4/3 \pi abc$$

donde:

**V**= volumen del elipse

**a**= abertura orofaríngea horizontal

**b**= abertura orofaríngea vertical

**c**= profundidad de la cavidad orofaríngea

$\frac{3}{4}\pi$ = Constante

El volumen de los huevos por individuo se calculó mediante la fórmula

$$V=4/3 \pi R^3$$

donde:

**V**= volumen de la esfera (huevo)

$\frac{4}{3}$  = Constante

$\pi$  = valor de pi

**R<sup>3</sup>**= valor del radio al cubo

El número de huevos que los machos incubadores de diferentes tallas pueden almacenar, se calculó mediante un modelo de regresión lineal basado en la relación del volumen orofaríngeo y de huevos calculados para el intervalo de tallas de los machos incubadores capturados durante el



2009 (280 - 330mm LF). Posteriormente esta ecuación se empleó sobre el intervalo de tallas de la población total muestreada durante el 2004 (265- 560mmLF), para calcular así la capacidad de almacenamiento de huevos en machos de diferentes tallas.

Para determinar los límites teóricos del número de huevos incubados por los machos, se emplearon los datos del tamaño máximo y mínimo de diámetro de huevos encontrados en la muestra colectada del 2009. Posteriormente se calculó cual sería el número más probable de número de huevos acarreados empleando los diámetros de huevos más frecuentes encontrados en dicha muestra que fueron de los 18 a los 19 mm y que representaron al menos el 75% de los huevos observados.

Los parámetros físico-químicos sólo fueron promediados las tres medidas por punto de muestreo.



## 4. RESULTADOS

### 4.1 ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE LA FAMILIA ARIIDAE

A continuación se resume una revisión bibliográfica sobre los parámetros más importantes generados y usados como herramientas complementarias en el estudio de la biología de bagres marinos pertenecientes a la familia Ariidae.

#### 4.1.1 DIMORFISMO SEXUAL

Los Ariideos son dioicos y muchas especies se caracterizan por presentar un claro dimorfismo sexual. En *Ariopsis felis*, *Bagre marinus* y *Galeichthys caerulescens* se ha establecido esta diferencia por la forma de la aleta pélvica; en machos de forma trapezoide y en hembras es de forma redondeada (Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 1988; Palazón *et al.*, 1994; Ramírez-Mosqueda y Segura-Berttolini, 2007).

Durante la etapa reproductiva ambos sexos presentan rasgos morfológicos indicativos de su maduración sexual, tales como la inflamación de la región anal y el aumento en diámetro del orificio genital, rasgos descritos en bagres de agua dulce como por ejemplo *Arius thalassinus* (Dmitrenko, 1970). Otras características morfológicas están presentes en un mayor número de especies (Tabla 3).



Tabla 3. Dimorfismo sexual en especies de la familia Ariidae

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS EN ÉPOCA REPRODUCTIVA	ESPECIES QUE LA PRESENTAN	BIBLIOGRAFÍA
	<i>Ariopsis felis</i>	Burns y Ramírez, 1990.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Engrosamiento en la base de las aletas pélvicas con protuberancias carnosas rojizas o rosadas</li> </ul>	<i>Ariopsis seemanni</i>	Palazón, <i>et al.</i> , 1994; Ramírez-Mosqueda y Segura-Berttolini, 2007.
	<i>Bagre marinus</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Acumulación de grasa en cavidad abdominal</li> </ul>	<i>Cathorops spixii</i>	Fávaro, <i>et al.</i> , 2005.
	<i>Cathorops tuyra</i>	Rojas, <i>et al.</i> , 1994.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Depresión en la región hioidea en machos después de la fecundación para incubación de huevos y larvas</li> </ul>	<i>Galeichthys caerulescens</i>	Yáñez-Arancibia, <i>et al.</i> , 1976.
	<i>Hexanematichthys guatemalensis</i>	Burns y Ramírez, 1990.
	<i>Netuma barbuis</i>	Rojas, <i>et al.</i> , 1994.



#### 4.1.2 TALLA MEDIA DE MADUREZ SEXUAL (L<sub>50</sub>)

La talla media de madurez sexual o L<sub>50</sub> es la longitud en la cual la mitad de los individuos del stock o población son maduros (Vazzoler, 1996). En estudios de especies de la familia Ariidae, generalmente son las hembras las consideradas para calcular y registrar las tallas en la que la especie alcanza la madurez sexual. Algunos ejemplos muestran esta tendencia, como las menores tallas registradas en Brasil para *Genidens genidens* con una L<sub>50</sub> de 180 mmLT y las mayores en Venezuela para *Bagre marinus* con 330 mmLT (Tabla 4).

Tabla 4. Tallas de madurez sexual en especies de la familia Ariidae

ESPECIES	PROPORCIÓN H:M	TALLA MÍNIMA MADUREZ SEXUAL (mm DE LT)		TALLA MEDIA MADUREZ SEXUAL L50 (mm DE LT)		REFERENCIAS
		♀	♂	♀	♂	
		<i>Galeichthys caerulescens</i>		180-200	200- 220	
<i>Cathorops spixii</i>	1:1.3 <sup>B</sup>	160-165 <sup>A</sup> 144 <sup>B</sup>		187 <sup>B</sup>		A. Lara-Domínguez, <i>et al.</i> , 1981 B. Gomes, <i>et al.</i> , 1999 A. Armstrong, <i>et al.</i> , 1996
<i>Ariopsis felis</i>		186 <sup>A</sup>		250 <sup>B</sup>		B. Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 1988
<i>Genidens genidens</i>	1:1 <sup>A</sup>	180 <sup>A</sup> 140 <sup>B</sup>		180 <sup>A</sup>		A. Gomes, <i>et al.</i> , 1999 B. Barbieri, <i>et al.</i> , 1992
<i>Bagre marinus</i>	1:1 <sup>A,B,C</sup> 1:0.86 <sup>D</sup>	403 <sup>A</sup> 400 <sup>B</sup> 310 <sup>C</sup> 240 <sup>D</sup>	390 <sup>A</sup>	330 <sup>A</sup> 290 <sup>C</sup> 270 <sup>D</sup>	505 <sup>A</sup>	A. Palazón, <i>et al.</i> , 1994 B. Pérez, 1999 C. Pinheiro, <i>et al.</i> , 2005 D. Ramírez-Mosqueda y Segura- Berttolini, 2007



### 4.1.3 PERIODOS DE REPRODUCCIÓN

La familia Ariidae se caracteriza por presentar especies con sincronía en la madurez sexual de ambos sexos durante el periodo reproductivo. Este periodo se puede prolongar de 5 hasta 7 meses, con valores máximos indicados por el índice gonadosomático; esto debido a que algunas especies desovan anualmente y bianualmente. El evento del desove se da generalmente durante la temporada de lluvias, con una duración de 2 a 5 meses aproximadamente.

Durante el periodo de desove-incubación se sugiere la migración de las hembras una vez fecundados los huevos, debido a la predominancia de machos en los cardúmenes; por lo que por lo general la incubación orofaríngea es función de los machos. Las condiciones ambientales registradas durante el evento reproductivo son en general altas precipitaciones (450mm), altas temperaturas de 25° a 32°C, bajas salinidades 15‰, bajas profundidades, en sustratos fangosos o lodosos (Rimmer y Merrick, 1983).

Las diferentes clasificaciones del proceso reproductivo incluyen desde 3 hasta 7 etapas de madurez sexual, en la que incluyen el inicio de la madurez, etapas de mayor actividad y finalmente el vaciado y reposo de la estructura gonádica (Tablas 5 y 6).



Tabla 5. Aspectos reproductivos Familia Ariidae

ESPECIE	LUGAR	CLASIFICACIONES DE MADUREZ SEXUAL	DESOVE	IGS ♀ (MÁXIMO VALOR)	IGS ♂ (MÁXIMO VALOR)	CICLO REPRODUCTIVO (MÁXIMA ACTIVIDAD)	ÉPOCA	PARÁMETROS AMBIENTALES	REFERENCIAS
<i>Ariopsis felis</i>	Costa Este, Estados Unidos					Junio-Julio			Lee, 1937 Merriman, 1940 Gunter, 1947
<i>Ariopsis felis</i>	Sureste del Golfo de México						Lluvias	alta temperatura y transparencia, baja salinidad y profundidad 3.5m	Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 1988
<i>Bagre marinus</i>	Sureste del Golfo de México			Mayo-Agosto			Lluvias	Altas temperaturas, 27°-29°C, precipitaciones de 170-333mm	Mendoza-Carranza y Hernández Franyutti, 2005
<i>Cathorops melanopus</i>	Sureste del Golfo de México	Macro (6) ♀ Micro (6) ♀	Abril-Junio			Mayo-Agosto	Lluvias	alta temperatura y transparencia, baja Salinidad y profundidad 3.5m	González, 1983; Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 1988
<i>Cathorops spixii</i>	Región estuarina del litoral, Paraná, Brasil, 2005	Micro ♀ (5)	Octubre desova a finales de la primavera hasta inicios del verano	Noviembre-Enero	Noviembre	Septiembre- Noviembre			Fávaro, et al., 2005
<i>Galeichthys caeruleascens</i>	Guerrero, México	Macro (7) ♀	Mayo- Octubre	Marzo-Agosto		Octubre-Mayo		Baja salinidad (15‰) y altas temperatura	Yáñez-Arancibia et al., 1976
<i>Netuma barba</i>	Lago Dos Patos, Brasil		Noviembre-Diciembre				Lluvias		Reis, 1986



Tabla 6. Aspectos reproductivos Familia Ariidae, 2da. Parte.

ESPECIE	LUGAR	CLASIFICACIONES DE MADUREZ SEXUAL	DESOVE	IGS ♀ (MÁXIMO VALOR)	IGS ♂ (MÁXIMO VALOR)	CICLO REPRODUCTIVO (MÁXIMA ACTIVIDAD)	ÉPOCA	PARÁMETROS AMBIENTALES	REFERENCIAS
<i>Genidens genidens</i>	Laguna Jacarepaguá, Brasil		Octubre- Noviembre	Septiembre -Octubre		Diciembre-Enero		Alta temperatura y baja salinidad	Barbieri, et al., 1992
<i>Genidens genidens</i>	Bahia Sepetiba, Brasil	Macro (6) ♀ Micro (6) ♂	Enero	Diciembre- Enero	Junio- Febrero	Diciembre-Enero			Gomes, et al., 1999
<i>Hexanema-tichthys guatemalensis</i>	Laguna Olomega, El Salvador		Agosto	Abril- Agosto	Abril-Agosto	Julio-Octubre	Lluvias	Con precipitaciones de 450mm y temperaturas de 27-32°C	Burns y Ramírez, 1990
<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	Laguna Grande Maturín, Venezuela	Macro (7) ♀ Micro (5) ♀	Septiembre	Julio	Junio	Mayo-Septiembre	lluvias		Reyes y Fazlul, 1990
<i>Sciadeichthys luniscutis</i>	Bahia Sepetiba, Brasil	Macro (6) ♀ Micro (6) ♂	Octubre	Septiembre -Octubre	Septiembre- Enero	Septiembre- Octubre			Gomes y Araújo, 2004
<i>Sciades Hertzbergii</i>	Colombia y Brasil					Enero-Abril Septiembre- Diciembre		Baja profundidad	Chacon, et al., 1994
<i>Parauchenip-terus striatulus</i>	represa de Ribeirão das Lajes – Brasil	Macro (5) ♀ ♂	Octubre	Octubre- Noviembre	Octubre- Noviembre	Octubre-Marzo		Represa a fines de primavera e inicios de verano	Araújo, et al., 2000



#### 4.1.4 LÍNEA ESPERMATOGÉNICA

Durante el desarrollo de la espermatogénesis las células muestran diferentes características morfológicas dentro de cada quiste:

*Espermatogonias*. Son las células más grandes del linaje germinativo, pueden estar aisladas o en grupos dentro de los quistes en los lóbulos seminíferos. Presentan forma esférica, no muy coloreadas por las técnicas aplicadas. El aspecto de las espermatogonias es generalmente asociada a la túnica albugínea.

*Espermatocitos primarios*. Menores que las espermatogonias, de donde se originan. El núcleo se tiñe con hematoxilina y el citoplasma tiene poca afinidad a los colorantes.

*Espermatocitos secundarios*. Presentan poca variación morfológica, por lo tanto son poco diferentes de los espermatocitos primarios, únicamente son un poco más pequeños que éstos, su núcleo se tiñe débilmente por la técnica aplicada.

*Espermátidas*. Su origen son los espermatocitos secundarios, se producen en los quistes y en el interior de los túbulos seminíferos. El núcleo tiene cromatina uniforme y más densa.

*Espermatozoides*. Son las más pequeñas células germinativas, sin considerar la longitud del flagelo. Se encuentran en el interior de los lóbulos seminíferos y el conducto de esperma, con núcleo basófilo muy grande y el flagelo eosinofílico.

Un rasgo importante de mencionar en los machos de teleósteos es que antes y después del proceso de espermatogénesis, la actividad en las gónadas permanece, presentándose durante todo el ciclo anual. Este proceso implica la división de las células de Sértoli y las espermatogonias. Mediante pruebas histoquímicas este evento se ha identificado en especies como *Symbranchus marmoratus*, *Poecilia latipina*, *Centropomus undecimalis* y *Thalassoma*



*bifasciatum* (Grier y Uribe, 2009). Una vez que ha pasado la temporada reproductiva, el testículo contiene sólo espermatogonias diploides que tienen la capacidad de dividirse mitóticamente, aun cuando la gónada tiene un aspecto externo de “inactividad” celular (Grier y Uribe, 2009).

#### 4.1.5 INCUBACIÓN ORAL

Los bagres de la familia Ariidae presentan fecundación externa, son ovíparos e incubadores orales de huevos y larvas; función que es típicamente desempeñada por los machos (Acero, 2003). Diferentes publicaciones de *B. marinus* aportan evidencias de huevos incubados únicamente por machos, los cuales según los autores afirman que probablemente incuben la puesta de una hembra (Tabla 7).

Tabla 7. Capacidad oral en machos de *B. marinus*

SITIO	LONGITUD TOTAL (MM)	NO. DE HUEVOS	VOLUMEN ORAL (CC)	Ø HUEVOS (MM)	VOLUMEN DE HUEVO (CC)	VOLUMEN DE HUEVOS (CC)	REFERENCIAS
E.U.	560	25	580	19-20	3.75	258	Gudger, 1919
Luciana	266	40-48					Lee, 1937
Texas	290	26		12-14			Gunter, 1947
Venezuela	520-580	1-10	140-170			Calculan volumen para 36-60	Palazón, et al., 1994

Una vez fecundados los huevos, los embriones son llevados durante varias semanas después del nacimiento hasta la absorción completa del saco vitelino (Luengo, 1973 y Palazón et al., 1994). En algunas especies el periodo de incubación puede durar hasta dos meses, tiempo durante el cual en su última etapa se afirma que las larvas inician la alimentación con plancton. Se han reportado cortos periodos en las que las larvas se alejan de la boca del macho, al cual



regresan en un momento de alarma o peligro; esto ha sido observado en especies como *Ariopsis bonillai*, *A. felis*, *Arius herbergii*, *C. melanopus*, *Arius props*, *Arius spixii*, *A. thalassinus*, *B. marinus*, *G. caeruleus*, *G. genidens* (Rimmer y Meerick, 1983).

Durante el periodo de incubación los huevos llenan casi totalmente la cavidad bucal de los machos, razón por lo que no se alimentan y su estómago se encoge significativamente; conteniendo sólo una pequeña cantidad de mucus (Palazón *et al.*, 1994; Mendoza-Carranza, 2003; Romero, 2006). Un rasgo observado para *B. marinus* en los meses próximos a la época de desove, es la acumulación de grandes cantidades de grasa en los mesenterios, la cual, junto con los ovocitos no viables, les proporcionan reservas alimenticias necesarias para sobrevivir durante este periodo (Palazón *et al.*, 1994, Ramírez-Mosqueda y Segura-Berttolini, 2007).

Otros rasgos encontrados en los machos incubadores, son como el observado para *Ariopsis felis*, en el que los testículos de los incubadores fueron más desarrollados de los que no realizaban esta función (Lee, 1937). También se han encontrado diferencias a nivel óseo en dos especies de Áridos del Caribe colombiano; en el que los machos presentan una cintura escapular menos fuerte y rígida que las hembras, para facilitar la expansión bucofaringea en el momento de la incubación; así como un menor desarrollo de las placas dentarias del techo de la boca, para evitar maltratar los huevos y las crías (Acero, *et al.* 2005).



#### 4.2 MADUREZ SEXUAL

Se encontró en machos de *B. marinus* una talla mínima de madurez sexual anatómica a los 221mm LF y a nivel histológico a los 245mm LF.

No fue posible calcular el valor de  $L_{50}$  para machos de *B. marinus*, debido a que se presentaron conjuntos de individuos distribuidos en diferentes rangos de tallas, impidiendo establecer una curva.

#### 4.3 ÍNDICE GONADOSOMÁTICO Y FACTOR DE CONDICIÓN

El índice gonadosomático (IGS) mensual de los datos del ciclo 2004, tuvo su valor máximo en julio ( $0.37 \pm 0.09$ ) y su valor mínimo en diciembre y enero ( $0.06 \pm 0.01$ ). El factor de condición alcanzó su valor máximo en marzo ( $2.29 \pm 0.34$ ) y su mínimo en julio y octubre ( $1.14 \pm 0.15$ ) (Figura 2).



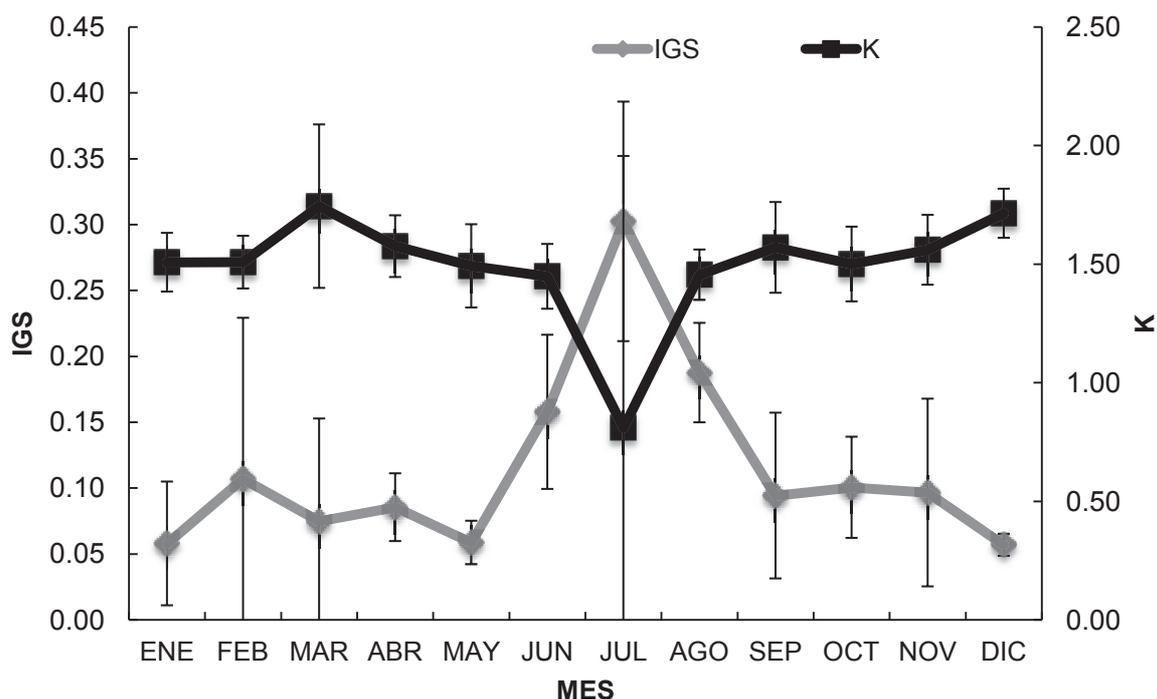


Figura 2. Índice gonadosomático (IGS) y factor de condición (K) mensual en machos de *B. marinus* en San Pedro, Centla, Tabasco.

#### 4.4 ESTRUCTURA TESTICULAR

Los testículos de *B. marinus* son órganos pareados de forma elíptica compacta, suspendidos de la pared dorsal de la cavidad celómica por un mesorquio, presentan dos conductos testiculares, cada uno se extiende a lo largo del testículo y se fusiona en un conducto espermático común antes de alcanzar la abertura urogenital. Su coloración oscila entre un rosa traslúcido, blanco opaco a rojo hemorrágico brillante. Cuando están inmaduros son simétricos en longitud, a medida que avanza el desarrollo, se vuelven ligeramente asimétricos. En los bordes de toda la estructura testicular se evidencian pequeñas hendiduras llamadas “crestas”, la cuales son comunes en la etapa de mayores valores del IGS (Figura 3).



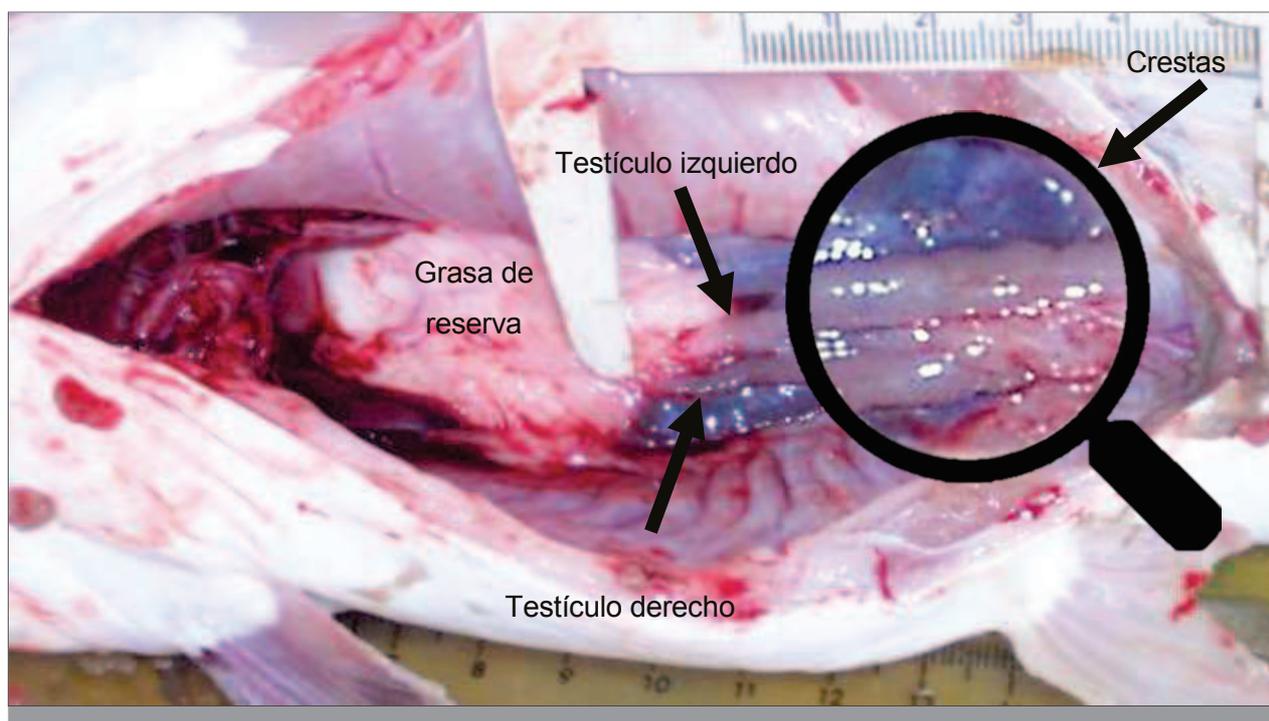


Figura 3. Ubicación de los testículos en la cavidad celómica en *B. marinus*.

#### 4.5 CLASIFICACIÓN MACROSCÓPICA (ANATÓMICA)

Del total de machos muestreados (734) durante el ciclo anual 2004, 46% fueron clasificados en estadio I, En maduración, son filiformes de coloración rosácea blanquecina, translúcidos los cuales se distribuyen desde enero hasta el mes de diciembre, presentando 29 a 92mm de longitud gonádica y pesos de 0.1 a 2.7g; 24% de los individuos fueron clasificados en estadio II, maduros, son delgados, de coloración blanquecina y con crestas en su periferia, se observan llenos de una sustancia de consistencia y color lechoso (semen) a una ligera presión. Abarcaron el mes de febrero, alcanzado el mes de septiembre, con longitud gonádica de 48 a 98mm de y pesos de 0.1 a 3.4g y por último 30% fueron clasificados en



estadio III, en recuperación, se observan reducidos a dos filamentos, han desaparecido las crestas y su vascularización es abundante dándole una coloración roja intensa característica los cuales se ubicaron desde el mes de octubre hasta junio; con longitudes de 34 a 88mm de longitud gonádica y pesos de 0.1 a 1.5g.

#### 4.6 ORGANIZACIÓN HISTOLÓGICA DE LOS TESTÍCULOS

El testículo de *B. marinus* consiste en un revestimiento exterior de tejido conjuntivo fibroso, fibras colágenas y vasos sanguíneos llamado túnica albugínea (Figura 4). En su interior se encuentran dos compartimentos, el intersticial formado por tejido conjuntivo, vasos sanguíneos y células de Leydig; y el compartimento germinal, el cual contiene una asociación de células germinales (espermatogonias, espermatocitos -primarios y secundarios-, espermátidas y espermatozoides) y células de Sertoli llamados quistes. Este compartimento germinal se extiende hacia la periferia del testículo terminando en un punto ciego formando un lóbulo. Los quistes se encuentran a lo largo de la pared del lóbulo y durante la espermiación los espermatozoides son liberados a la luz del mismo, continuando hacia el conducto deferente (Figura 5 A y B). El compartimento germinal yace sobre una membrana basal la cual, a su vez, descansa sobre una delgada cubierta peritubular de células mioses y fibras colágenas. Con base a estas características, en este bagre el testículo se define de tipo lobular quístico con espermatogonias no restringidas a lo largo de la pared del lóbulo.



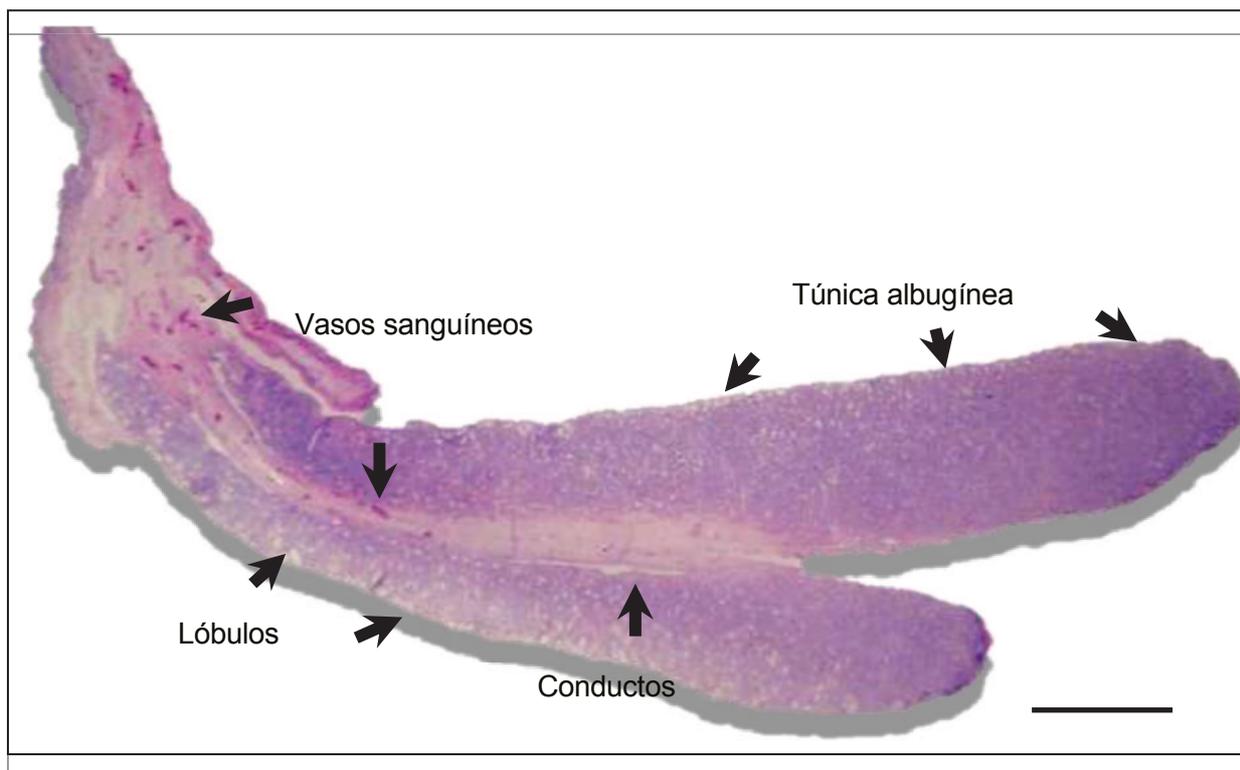


Figura 4. Corte longitudinal de los testículos de *B. marinus*. Hematoxilina-eosina 32X. Barra de referencia 2mm.



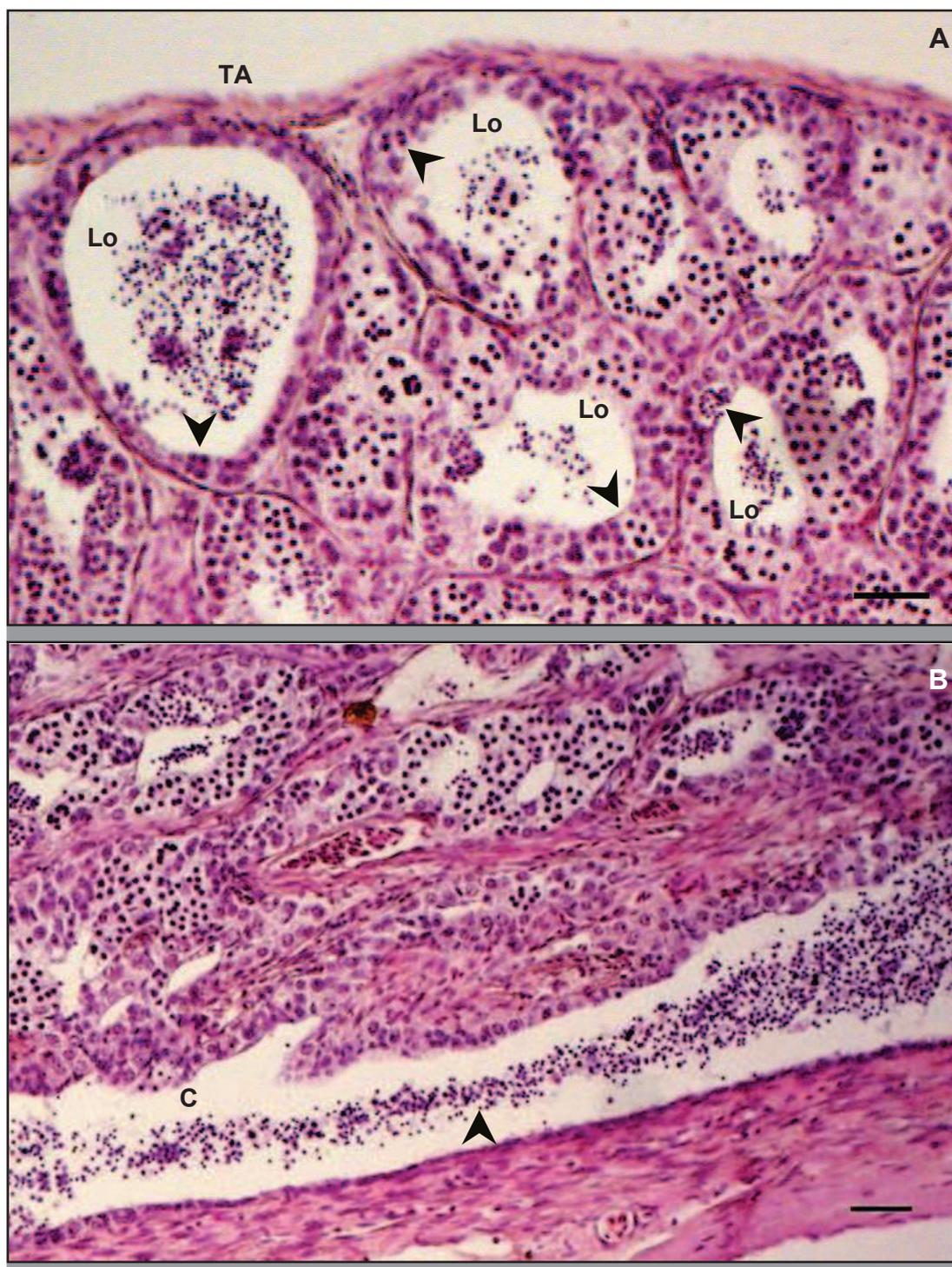


Figura 5. **A.** Detalle de la región periférica del testículo de *B. marinus*, túnica albugínea (TA) y lóbulos (Lo) con quistes en diferentes estadios de la espermatogénesis (▼). Hematoxilina-eosina 400X. Barra de referencia 20µm. **B.** Región proximal con detalle del conducto (C). Se observa presencia de espermatozoides (▼). Hematoxilina-eosina 400X. Barra de referencia 20µm.



#### 4.7 ETAPAS DEL CICLO ESPERMATOGÉNICO

El análisis sistemático de los cambios del epitelio germinal testicular permitió identificar todas las células del ciclo espermatogénico, desde espermatogonias hasta espermatozoides, así como los cambios morfológicos durante la espermatocitogénesis, meiosis y la espermiogénesis del epitelio germinal, permitiendo caracterizar las fases del ciclo reproductor.

Las características de las diferentes etapas de desarrollo de la línea celular espermática en el testículo son:

*Espermatogonias.* Son las células más grandes de la línea germinal ( $\bar{X} = 6.753, \pm 1.02 \mu\text{m}$  de diámetro), se localizan muy próximos a la membrana basal de los lóbulos, su citoplasma es claro, su núcleo es esférico, voluminoso y se encuentra en posición central, éste presenta una cromatina diploide poco condensada, con uno o dos nucléolos evidentes. Se observan aisladas o formando quistes. (Figura 6A). En *B. marinus*, las espermatogonias se presentan durante todas las etapas del proceso de desarrollo gonádico.

*Espermatocitos.* Estas células se dividen en espermatocitos primarios y secundarios. Los primarios son de forma redondeada, de menor tamaño que las espermatogonias ( $\bar{X} = 3.73, \pm 0.78 \mu\text{m}$  de diámetro), su citoplasma es acidófilo. Su núcleo es prominente y ligeramente basófilo, este contiene material denso de cromatina filamentosa. Se observa un conjunto dentro de un mismo quiste. Las subetapas más fáciles de distinguir son las de la profase I (leptótena, cigótena y paquitena) (Figura 6B, C y D).



*Espermátidas.* Las espermátidas se originan de los espermatocitos secundarios, son más pequeñas que éstos. Son de forma redondeada, con núcleo esférico, basófilo y cromatina densa. Su citoplasma es claro y escaso. Los quistes de espermátidas se localizan próximos a la luz del lóbulo, donde sufren una serie de modificaciones hasta convertirse en espermatozoides (Figura 6E, F y G).

*Espermatozoides.* Son las células más pequeñas de la línea celular espermatogénica, presentan una cabeza esférica con poco contenido citoplasmático y un núcleo muy condensado. En los cortes donde se observaron espermatozoides, estos se encontraban libres en el lumen del lóbulo (Figura 6H).



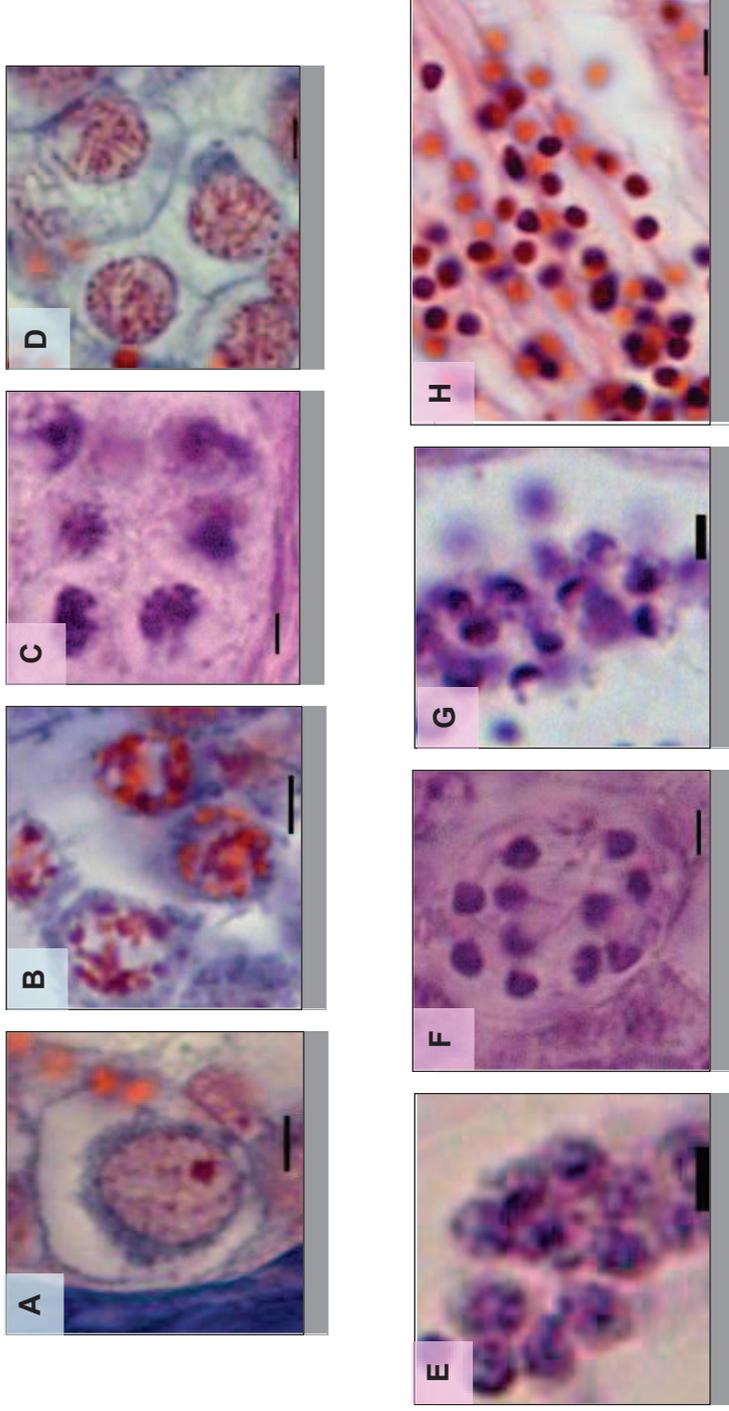


Figura 6. Línea de células germinales de la espermatogénesis. Espermatogonia (A), Espermatocitos: Leptóteno (B), Cigóteno (C), Paquíteno (D), Espermátidas en diferentes momentos de diferenciación (E, F y G y espermatozoides (H). Tricrómica de Mallory y Hematoxilina-eosina, 1000X. Barra de referencia 2µ.



## 4.8 CLASIFICACIÓN MICROSCÓPICA

Durante el ciclo reproductivo de *B. marinus* las células germinales y somáticas presentaron cambios morfológicos evidentes que permitieron establecer cinco fases de este ciclo.

### 4.8.1 FASE 1. Epitelio Germinal en Regresión Avanzada

Esta fase se presentó de octubre a abril, es la más larga del ciclo anual. La apariencia externa del testículo es homogénea de una coloración traslúcida a blanquecina. Los lóbulos contienen epitelio germinal continuo formado por espermatogonias y células de Sertoli, esta condición se presenta a todo lo largo del lóbulo. Se observa una activa proliferación mitótica de las espermatogonias en la mayor parte del testículo, siendo el principal indicador de esta fase. Las espermatogonias dentro de los lóbulos ocupan desde una capa, a la totalidad del mismo. Se presentan secreciones residuales en algunos lóbulos y en los conductos. La túnica albugínea es muy gruesa, el tejido intersticial es abundante con grandes vasos sanguíneos. Con una N de 5 ejemplares, presentaron valores mínimos de IGS ( $0.06 \pm 0.01$ ) durante los meses de diciembre y enero y los máximos valores de K ( $2.29 \pm 0.34$ ) durante marzo. Los testículos en promedio pesaron 0.6g y midieron 69.4mm de longitud (Figura 7).



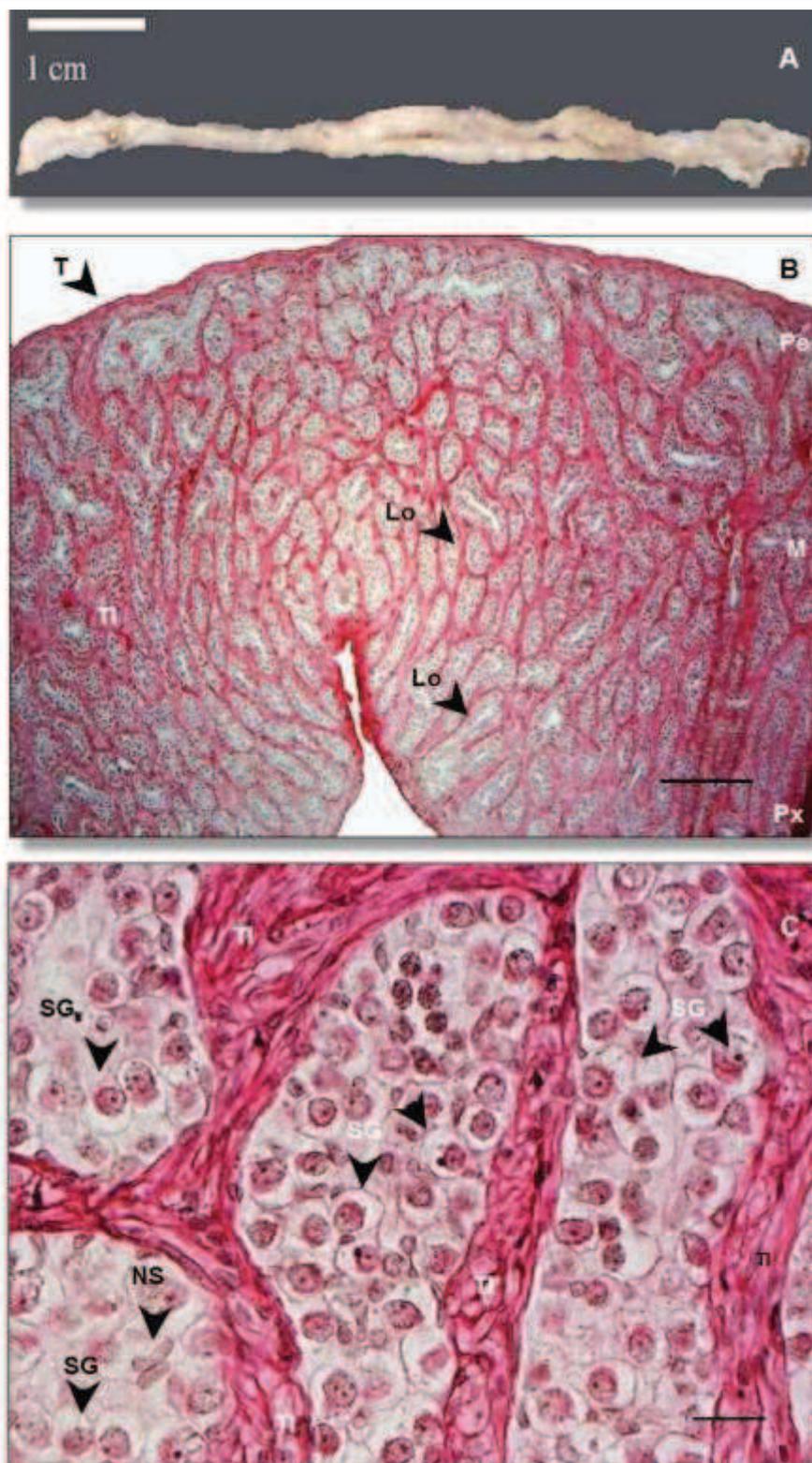


Figura 7. Testículo de *B. marinus* (Bandera) en Fase Epitelio Germinal en Regresión Avanzada A, B y C. Hematoxilina-eosina. **A.** Apariencia externa. **B.** Panorámica de región periférica (Pe), media (M) y proximal (Px) del testículo, túnica albugínea (T), lóbulos (Lo) y tejido intersticial (TI) 50X. Barra de referencia 100mm **C.** Lóbulos con espermatozonias (SG), núcleos de células de Sertoli (NS) y tejido intersticial (TI), 400X. Barra de referencia 10  $\mu$ m.



#### **4.8.2 FASE 2. Epitelio Germinal en Desarrollo Temprano**

Esta fase se presentó de febrero a junio. Los lóbulos contienen epitelio germinal continuo activo, formado por quistes. Estos quistes se han formado por la asociación de las espermatogonias y las células de Sertoli, los cuales muestran un avance progresivo de la espermatogénesis, mediante el proceso de meiosis, dando lugar a los espermatoцитos primarios, espermatoцитos secundarios, espermátidas y espermatozoides. Se observan desde lóbulos carentes de luz, otros con una luz muy pequeña, hasta los que presentan un diámetro de luz muy amplia, conteniendo espermatozoides. Domina la presencia de quistes con espermatogonias y espermatoцитos primarios. Los conductos presentan pequeñas cantidades de espermatozoides remanentes. La túnica albugínea es delgada, el tejido intersticial y los vasos sanguíneos son escasos. Con una N de 5 ejemplares, los testículos pesaron en promedio 0.5g y midieron 66.6mm de longitud (Figura 8).



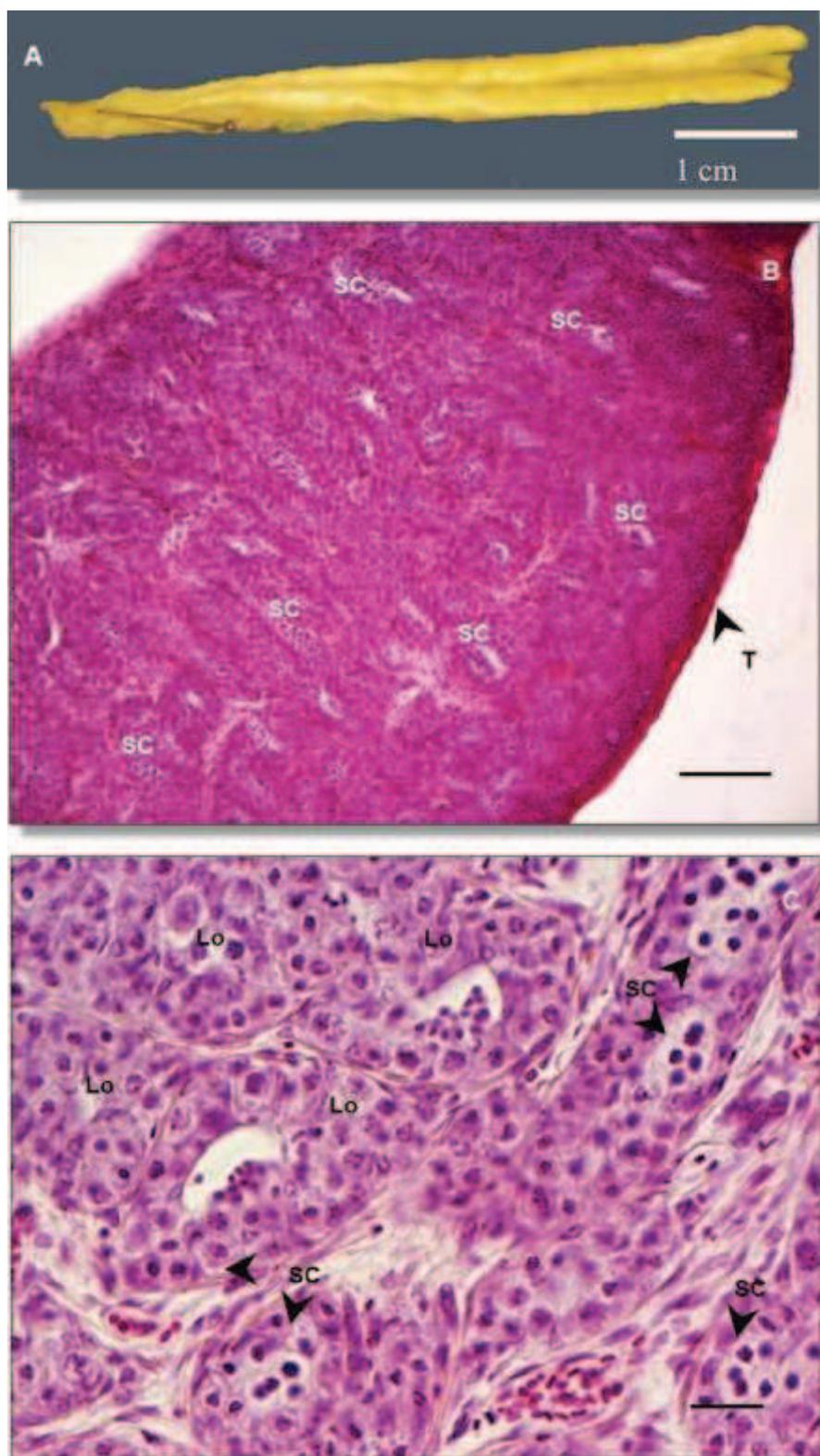


Figura 8. Testículo de *B. marinus* (Bandera) en Fase Epitelio Germinal en Desarrollo Temprano A, B y C. Hematoxilina-eosina. **A.** Apariencia externa. **B.** Panorámica del testículo, túnica albugínea (T), lóbulos (Lo), espermatocitos (SC) 100X. Barra de referencia 50 µm (B). **C.** Lóbulos con Espermatocitos (SC), lumen (L), vasos sanguíneos (VS) y tejido intersticial (TI), 400X. Barra de referencia 10 µm.



#### **4.8.3 FASE 3. Epitelio Germinal en Desarrollo Medio**

Esta fase se presentó de junio hasta agosto, se observa una avanzada diferenciación de la espermatogénesis en los quistes. Se da una importante disminución de quistes y con ello la formación del epitelio germinal discontinuo en los lóbulos proximales a los conductos, alternado con espermatogonias aisladas. Hacia la región distal de los conductos, el epitelio germinal es aún continuo formado por quistes con espermatogonias, espermatocitos y/o espermátidas, dominando la presencia de lóbulos con quistes de espermatocitos y espermátidas. Los lóbulos de las regiones proximales a los conductos únicamente almacenan espermatozoides y el diámetro de sus lúmenes es mayor que en la fase anterior. Los conductos también presentan gran cantidad de espermatozoides. La túnica albugínea es delgada, los vasos sanguíneos son de menor tamaño y el tejido intersticial es delgado. Con una N de 5 ejemplares, esta fase de gran actividad, se ve reflejada en el incremento de las longitudes (77.9mm) y el peso (1.6g) de los testículos coincidiendo con el máximo valor registrado del IGS ( $0.37 \pm 0.09$ ) en el mes de julio y el menor valor del factor de condición K (1.13) (Figuras 9 y 10).



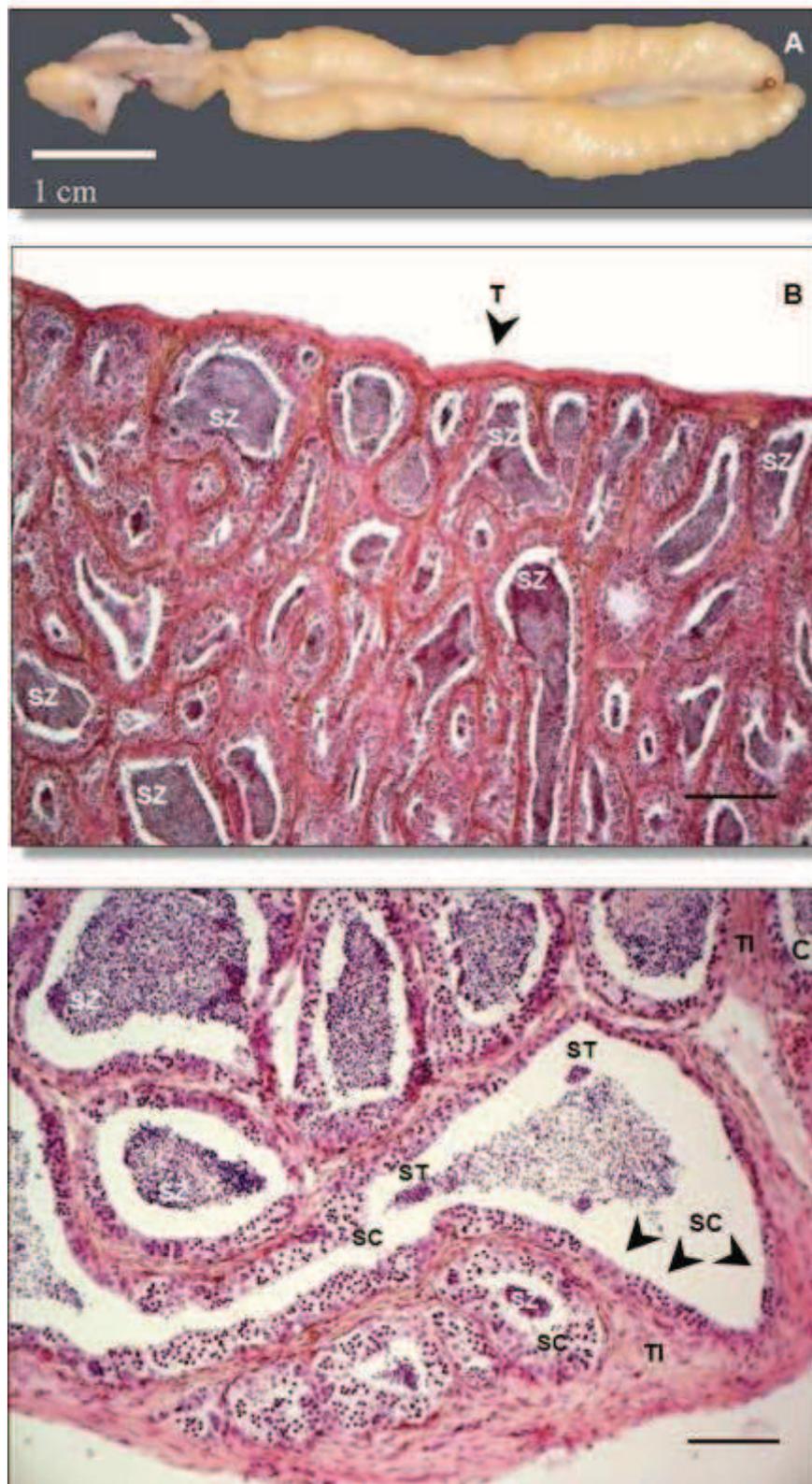


Figura 9. Testículo de *B. marinus* (Bandera) en Fase Epitelio Germinal en Desarrollo Medio A, B y C. Hematoxilina-eosina. **A.** Apariencia externa. **B.** Panorámica de región media del testículo, túnica albugínea (T), espermatozoides (SZ), 50X. Barra de referencia 100 mm. **C.** Lóbulos con espermatoцитos, espermátidas y espermatozoides (SC, ST y SZ), vasos sanguíneos (VS) y tejido intersticial (TI), 400X. Barra de referencia 10 µm.



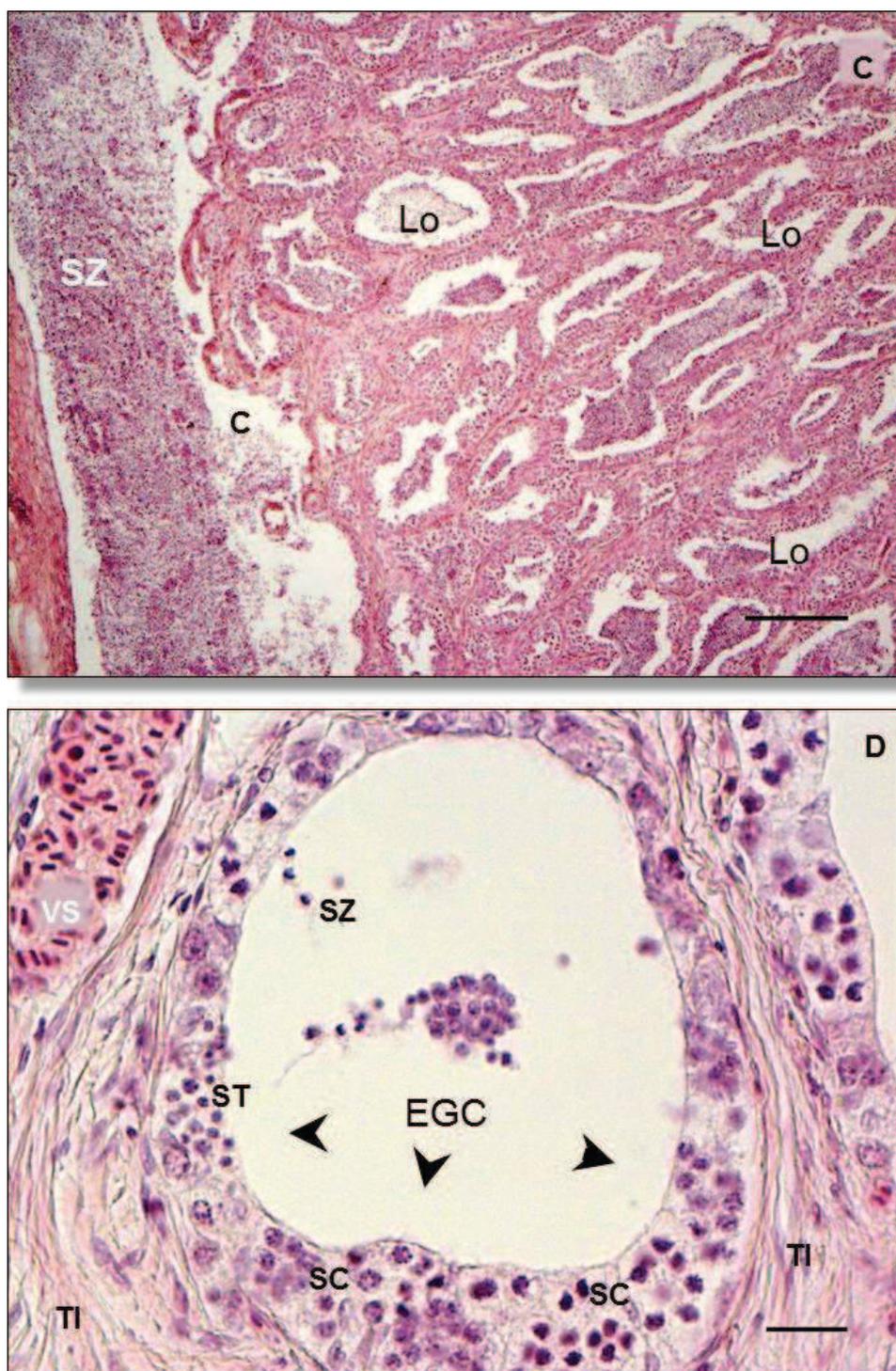


Figura 10. Testículo de *B. marinus* (Bandera) en Fase Epitelio Germinal en Desarrollo Medio C y D. Hematoxilina-eosina. C. conducto (C), espermatozoides (SZ), Lóbulos con espermatozoides en el lumen (Lo) 50X. Barra de referencia 100mm. D. Lóbulo con epitelio germinal continuo (EGC), espermatocitos (SC), espermatidas (ST) y espermatocitos (SZ), vasos sanguíneos (VS) y tejido intersticial (TI), 400X. Barra de referencia 10  $\mu$ m.



#### **4.8.4 FASE 4. Epitelio Germinal en Desarrollo Avanzado**

Esta fase se presentó de septiembre a octubre. Los lóbulos proximales y distales a los conductos presentaron epitelio germinal discontinuo, formado por quistes aislados con espermátidas y espermatozoides en el lumen. En la región distal y en la porción media a los conductos, se observaron lóbulos formados por quistes de espermatocitos y algunas espermatogonias aisladas, el lumen es muy reducido o carecen del mismo. Domina la presencia de lóbulos llenos de espermatozoides, cuyo diámetro del lumen, es mayor que en la fase anterior. El área de almacenamiento de esperma en la gónada aumenta considerablemente y la actividad espermatogénica se reduce. Los conductos están semivacíos de espermatozoides. La túnica albugínea y el tejido intersticial son nuevamente abundantes, con grandes vasos sanguíneos. Con una N de 5 ejemplares, los testículos pesaron en promedio 1.3g y midieron 82.7mm de longitud (Figuras 11 y 12).



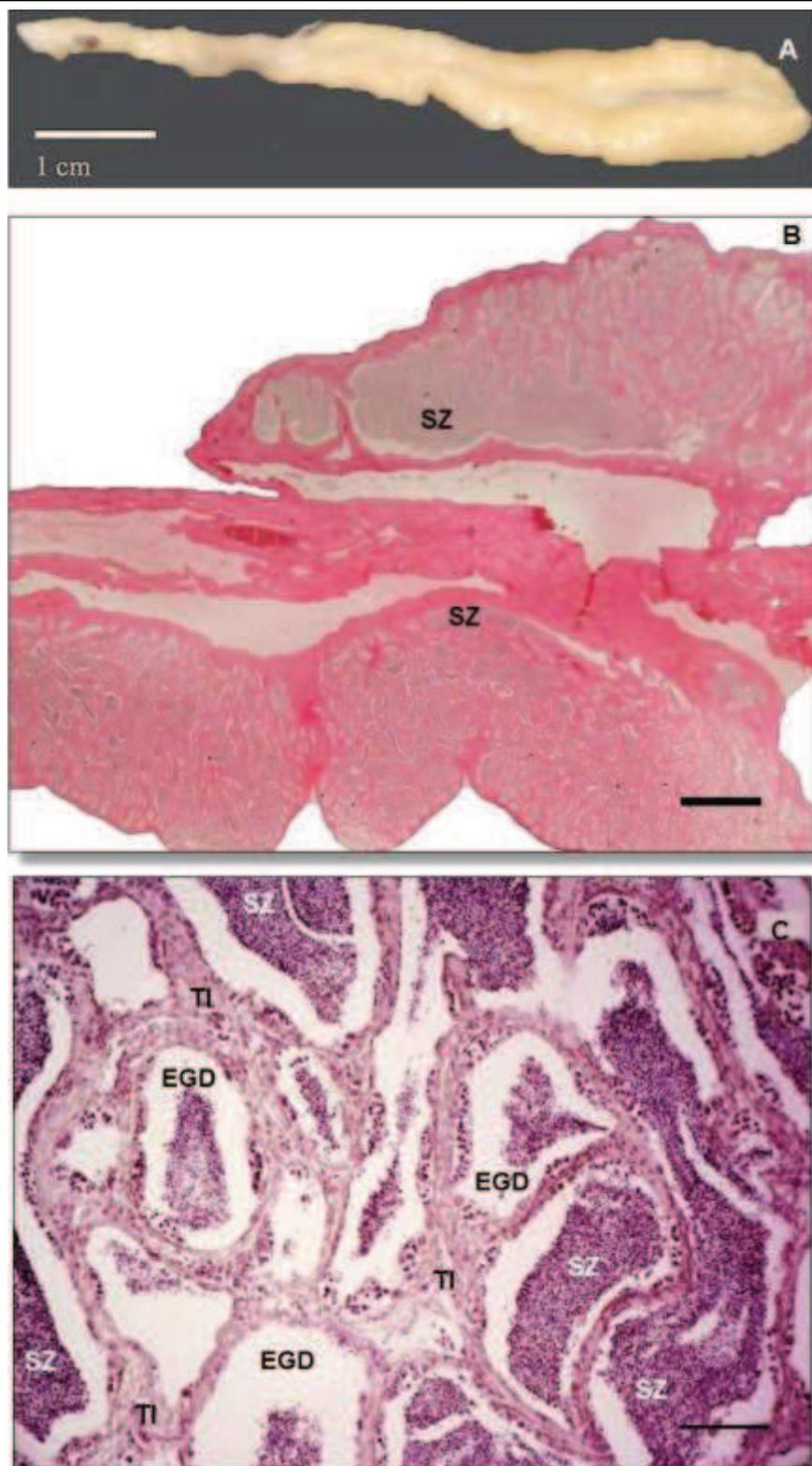


Figura 11. Testículo de *B. marinus* (Bandera) en Fase Epitelio Germinal en Desarrollo Avanzado A, B, C y D. Hematoxilí eosina. **A.** Apariencia externa. **B.** Panorámica de región posterior, espermatozoides (SZ) 80X. Barra de referencia 1 mm. **C.** Lóbulos con Epitelio germinal discontinuo (EGD), quistes aislados (QA) y tejido intersticial (TI), 400X. Barra de referer 10 µm.



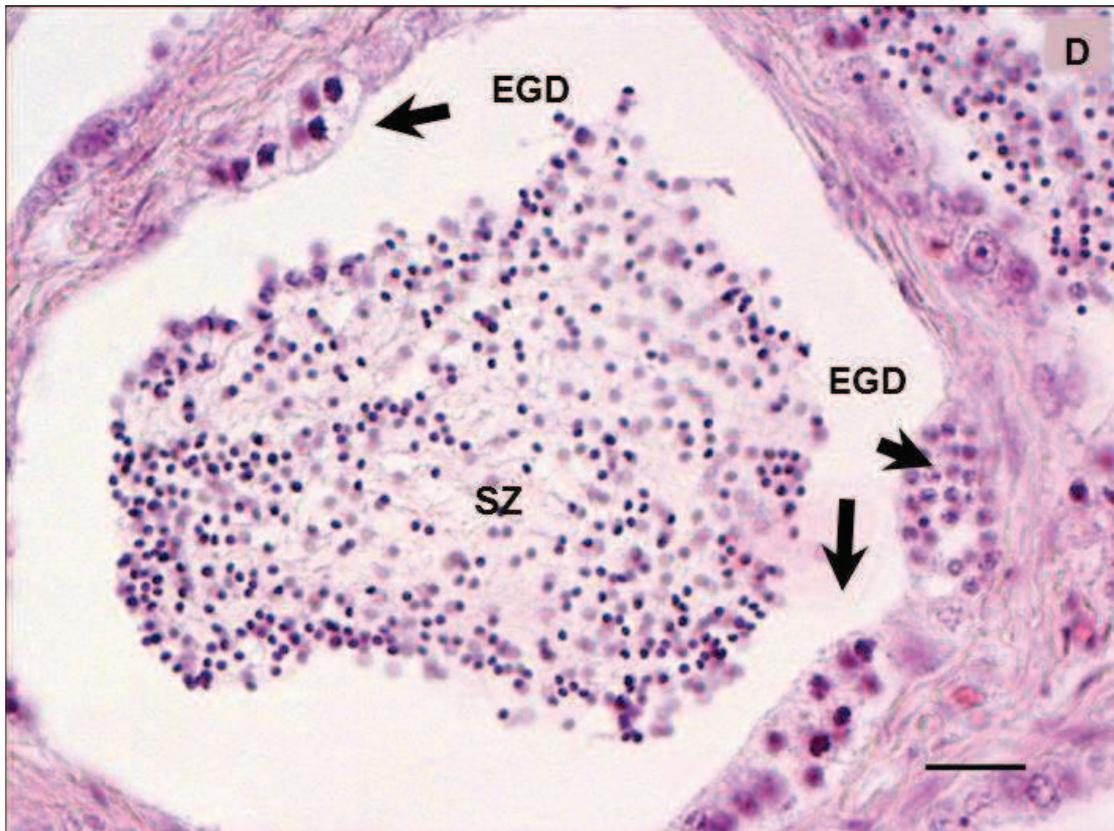


Figura 12. Testículo de *B. marinus* (Bandera) en Fase Epitelio Germinal en Desarrollo Avanzado. D. Lóbulo con Epitelio Germinal Discontinuo (EGD) y espermatozoides en el lumen (SZ), 400X. Barra de referencia 10  $\mu$ m.



#### **4.8.5 FASE 5. Epitelio Germinal en Regresión Temprana**

Esta fase se presentó de septiembre a diciembre. Los lóbulos de las regiones media y proximal a los conductos, presentaron epitelio germinal continuo formado por espermatogonias y células de Sertoli en proliferación mitótica, con lumen muy reducido o carente del mismo. En la región distal a los conductos el epitelio germinal es discontinuo, caracterizado por escasos quistes de espermátidas en las últimas etapas de diferenciación. Domina la presencia de lóbulos con espermatogonias y células de Sertoli en proliferación mitótica. Esperma residual en los conductos. La túnica albugínea, el tejido intersticial y los vasos sanguíneos son más abundantes que en la fase anterior. Con una N de 5 ejemplares, los testículos presentaron en promedio un decremento en su peso (1.0g) y longitud (67.1mm) (Figura 13).



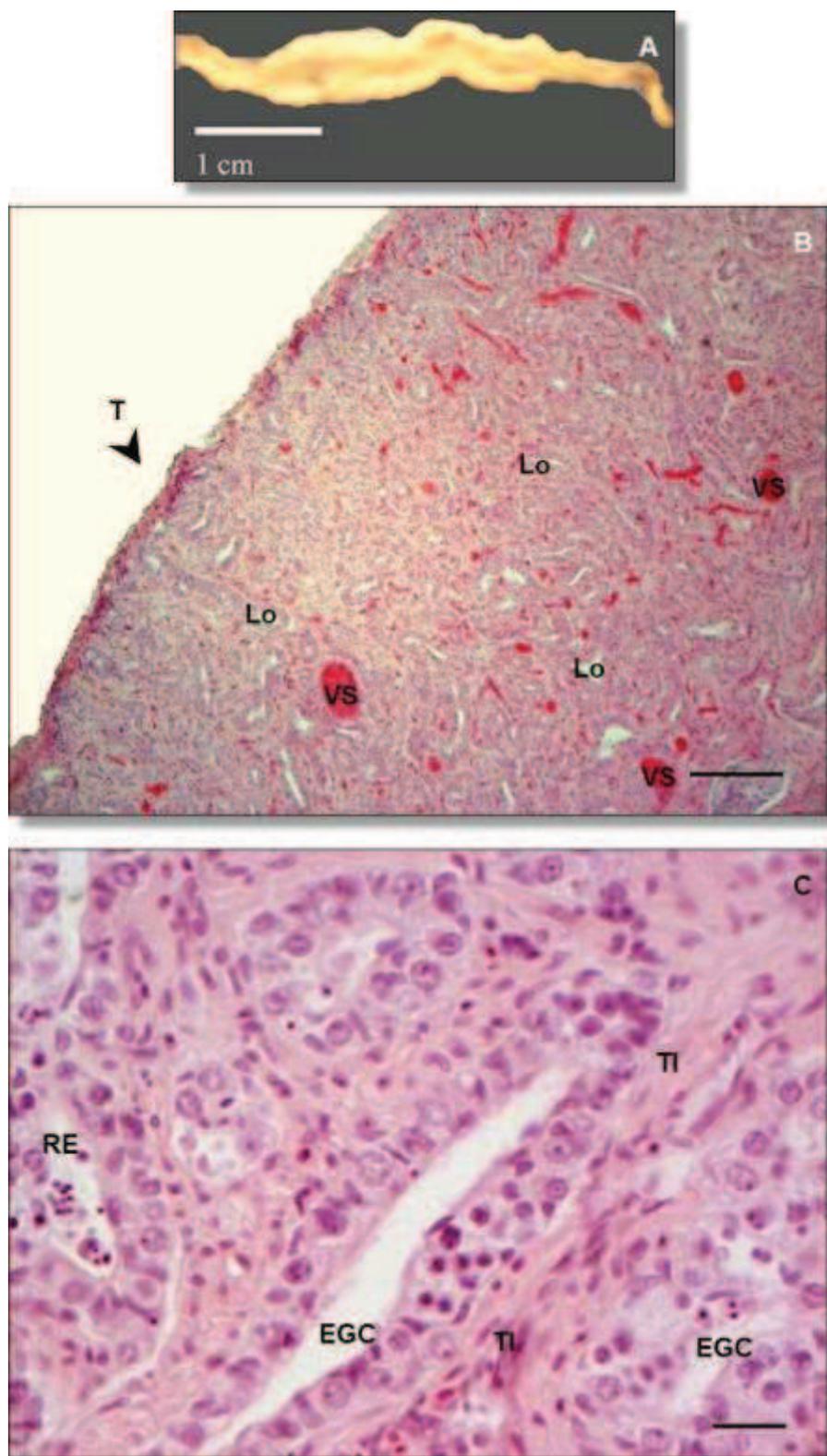
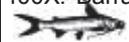


Figura 13. Testículo de *B. marinus* (Bandera) en Fase Epitelio Germinal en Regresión Temprana A, B y C. Hematoxilina-eosina. **A.** Apariencia externa. **B.** Panorámica de la región media del testículo. Túnica albugínea (T), lóbulos (Lo), vasos sanguíneos (VS). **C.** 100X. Barra de referencia 50  $\mu$ m. **C.** Lóbulos con epitelio germinal continuo (EGC), restos de espermatozoides en lumen visiblemente reducido (RE) y tejido intersticial (TI), 400X. Barra de referencia 10  $\mu$ m.



#### 4.9 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS MENSUAL DE LOS ESTADIOS MACROSCÓPICOS

Todos los estadios macroscópicos se registraron a través del año. El estadio I (en maduración) presentó su mayor valor (80%) en el mes de enero y el menor en octubre (9%); el estadio II (*Maduros*) presentó sus mayores valores en febrero y junio con (40%) y el mínimo en enero (8%); finalmente el estadio III (*en recuperación*) se observó del mes de octubre hasta junio, presentando su máximo valor en el mes de octubre (82%) y un mínimo durante el mes de enero (16%). Durante los meses de julio y agosto sólo se pudieron analizar dos individuos y en septiembre tres más (Figura 14).

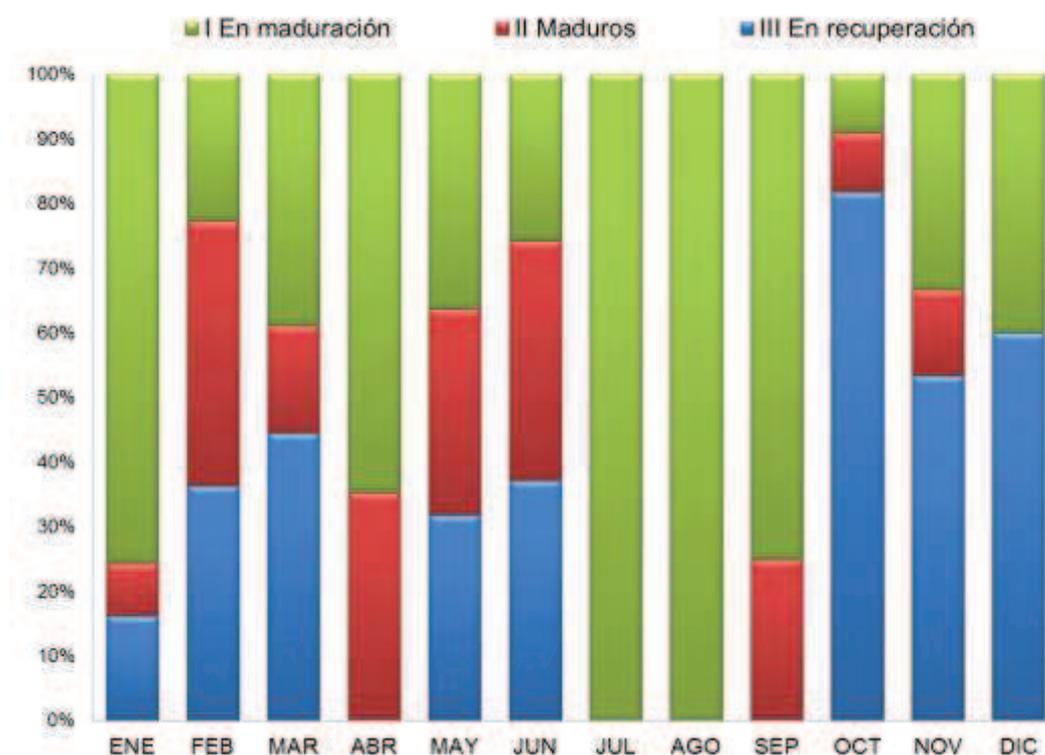


Figura 14. Frecuencias de los estadios macroscópicos del ciclo reproductivo de los machos de *B. marinus*



#### 4.10 DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LAS FASES DEL CICLO REPRODUCTOR

La distribución mensual de las fases del ciclo reproductivo de *B. marinus* presentó una dominancia de la fase Epitelio Germinal en Regresión Avanzada, la cual se presentó a partir del mes de octubre hasta abril con el mayor porcentaje en el mes de enero (24%), seguido a esta se presentó la fase de Epitelio Germinal en Desarrollo Temprano, la cual aparece en febrero y aumenta gradualmente su proporción relativa hasta alcanzar su máximo valor en mayo (50%) para casi desaparecer en junio (10%); la fase Epitelio Germinal en Desarrollo Medio estuvo presente a partir del mes de junio hasta agosto, con dominancia prácticamente en los tres meses que se presentó (35%); la siguiente fase Epitelio Germinal en Desarrollo Avanzado es la más corta y se observó durante los meses de septiembre y octubre; finalmente la fase de Epitelio Germinal en Regresión Temprana se presentó desde el mes de septiembre prolongándose hasta

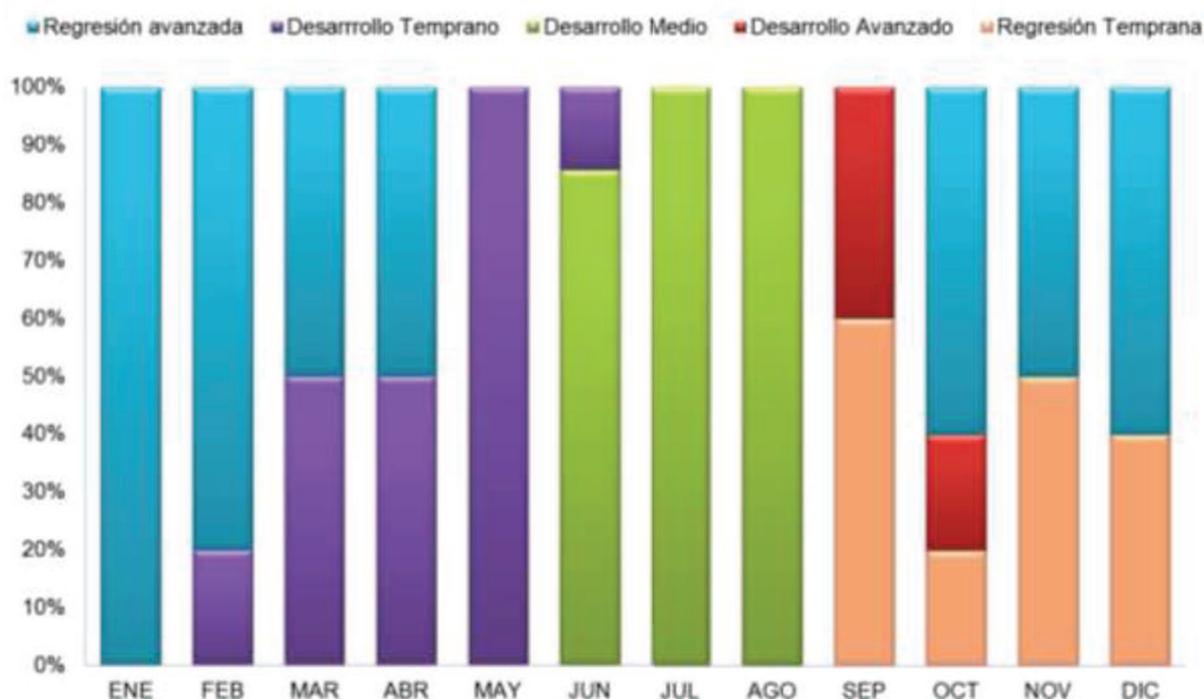


Figura 15. Frecuencias de fases del ciclo reproductivo de los machos de *B. marinus*



el mes de diciembre con máxima presencia en el mes de noviembre (33%) (Figura 15).

#### 4.11 COMPARACIÓN ENTRE LAS CLASIFICACIONES ANATÓMICA E HISTOLÓGICA DEL CICLO TESTICULAR DE *B. marinus*.

Los resultados del análisis histológico revelaron que la clasificación anatómica tiene un bajo nivel de concordancia con lo observado a nivel microscópico. Los porcentajes de frecuencia reflejan más del 50% de error al momento de identificarlas macroscópicamente en campo. Estos errores se presentan en la fase I y II, confundidos con el estadio 1 y 3 macroscópico; en la fase III confundido con el estadio 2 macroscópico; y la fase III, IV y V confundidos con los estadios 2 y 3 de la clasificación macroscópica (Tabla 8).

Tabla 8. Comparación de las clasificaciones macroscópicas y microscópicas del ciclo testicular de *B. marinus*.

CLASIFICACIONES		MACROSCÓPICA N=734		
		1	2	3
MICROSCÓPICA N=60	I	58%		50%
	II	42%	4%	
	III		75%	
	IV		4%	8%
	V		17%	42%



#### 4.12 INCUBACIÓN

Se observó que los cardúmenes de incubadores sólo están compuestos por machos de *B. marinus*. Durante la época de reproducción, la ampliación de la región hioidea fue característico en estos machos (Figura 16).

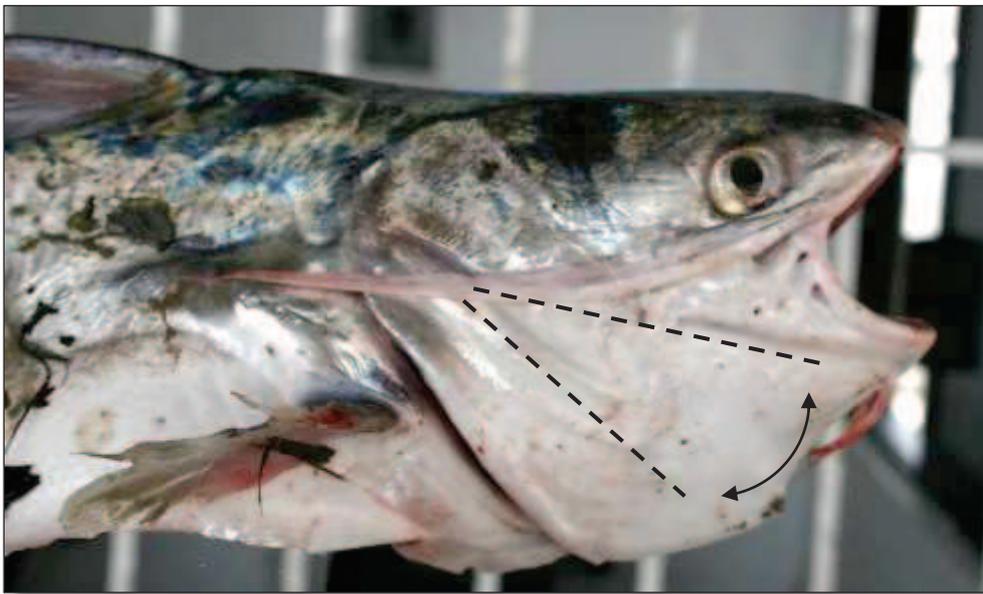


Figura 16. Región hioidea (líneas punteadas) ampliada en macho de *Bagre marinus*.



De los 13 bagres incubadores obtenidos, 10 ejemplares tuvieron huevos en la cavidad orofaríngea, 1 ejemplar tuvo 2 juveniles y 2 más liberaron los huevos en el momento de ser capturados. En promedio los machos incubadores presentaron 329mm LF ( $\pm 25.09$ ), 534gr de peso somático ( $\pm 108.78$ ).

El mayor número de huevos encontrados en las bocas de los machos incubadores fue de 15 huevos, con diámetros que oscilaron entre 14 y 19mm, figura 17. De acuerdo a los valores cuartiles de los diámetros de huevo, los que tienen mayor probabilidad de presentarse en machos durante la etapa de incubación son de  $Q1= 18.3$  y  $Q2=19\text{mm}\varnothing$  con un 50% y 25% de probabilidad respectivamente (Figura 18).

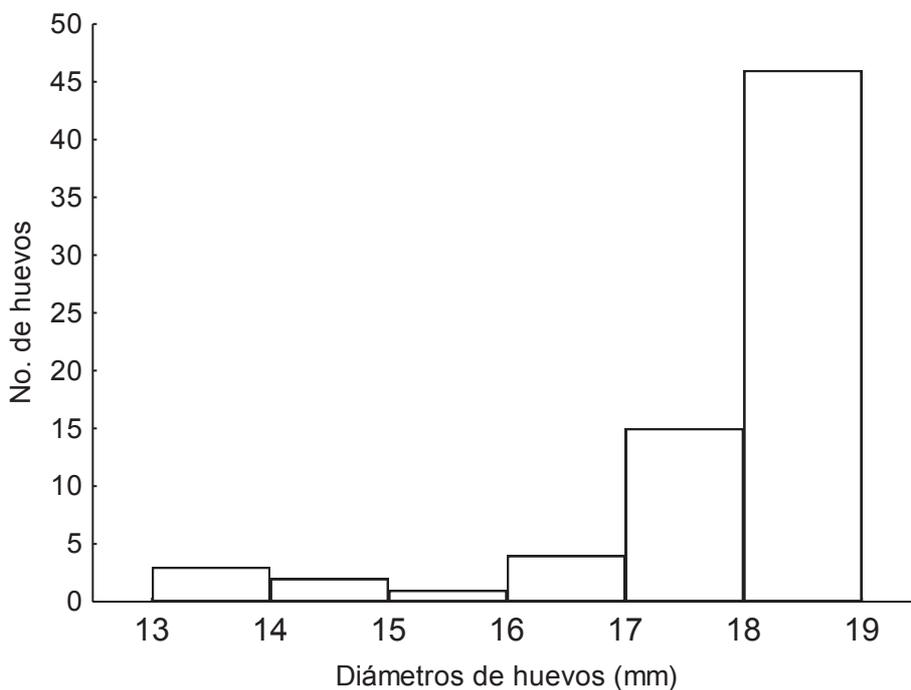


Figura 17. Distribución de frecuencia de los diámetros de huevos de *B. marinus*



El máximo volumen orofaríngeo calculado para los machos incubadores capturados, fue de  $154 \pm 29.01$  ml y el número teórico de huevos calculado que entrarían en este espacio son máximo 43 huevos con un diámetro de 19mm cada uno (Figura 18).

Las ecuaciones generadas para el modelo de regresión lineal fueron cuatro, la primera se obtuvo de la regresión de los valores de volumen orofaríngeo y la longitud furcal de los ejemplares, las siguientes tres de los diferentes valores de diámetro de huevos 14, 18 y 19mm con la longitud furcal (Figura 18).



$Y = 0.9288 (LF) - 203.32$	$r^2 = 0.6452$
3 de huevos de 14mm $Y = 0.6465 (1.44) - 141.51$	$r^2 = 0.6452$
14 de huevos 18mm $Y = 0.3045 (3.21) - 66.661$	$r^2 = 0.6452$
24 de huevos 19mm $Y = 0.2587 (3.59) - 56.634$	$r^2 = 0.6452$

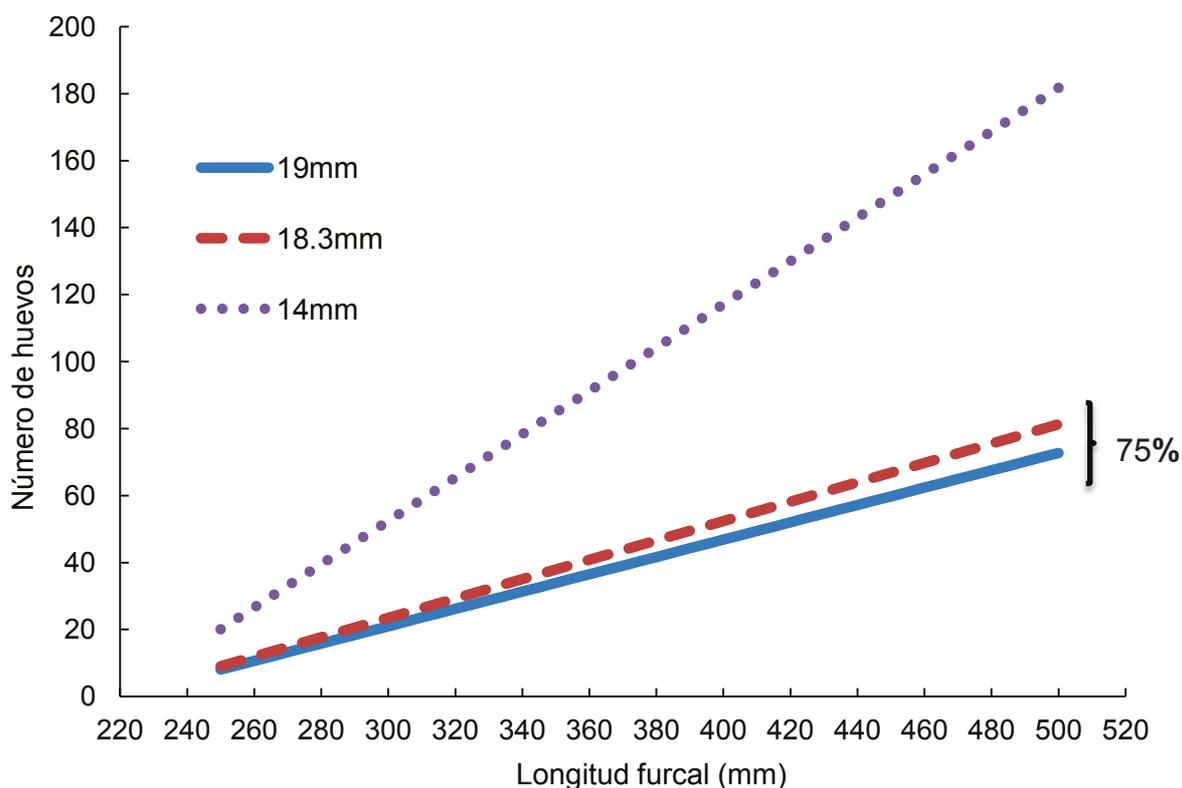


Figura 18. Número de huevos por clases de tallas de machos de *B. marinus*.

La figura 18 muestra el modelo, donde las regresiones lineales son positivas entre el número de huevos y la longitud furcal de los ejemplares, y donde la probabilidad más alta (75%) se concentra en las rectas con los valores de 18.3 y 19mm de diámetro de los huevos.



Con respecto a los parámetros fisicoquímicos, el agua presentó en promedio 4.33 mg/L de oxígeno disuelto, 8.43 de pH, una temperatura 29°C, 48.69 ma/cm de conductividad, 32 ppm de salinidad y 107mm de transparencia.

De un total de 17 permisionarios y pescadores entrevistados coinciden en que las temporadas de avistamientos y su consecuente captura de los cardúmenes inician en el mes de julio y finalizan hasta octubre.



## 5. DISCUSIÓN

Los datos macroscópicos usados para el cálculo de la talla media de primera madurez (L50) en *B. marinus* resultaron inciertos con respecto a la identificación del estado maduro e inmaduro de los testículos. Es decir, varios ejemplares a nivel macroscópico presentaban testículos que lucían inactivos, reducidos en tamaño, de coloración opaca y vacíos. En contraste, el análisis microscópico de estos testículos mostró un nivel de desarrollo; en la cual fisiológicamente la gónada está iniciando el evento de la espermatogénesis.

Aunque ambas clasificaciones fueron complementarias entre sí durante las observaciones y descripciones, la identificación de las diferencias fisiológicas entre estos testículos, su clasificación por etapas del desarrollo espermatogénico y ubicación de la talla mínima de madurez sexual de *B. marinus* pudo establecerse certeramente mediante el análisis histológico, debido al nivel de detalle estructural que permite observar.

La talla mínima de madurez sexual en *B. marinus* presentó diferencias con machos de la misma especie de otras regiones del continente americano. Son tres posibles razones que pueden favorecer estas discrepancias. 1. El nivel de análisis realizado en este estudio, del cual carecen trabajos anteriores, por lo que la subjetividad de sus resultados hace menos factible su comparación. 2. Las condiciones particulares durante la extracción del recurso, como las tallas máximas de captura y las artes de pesca utilizadas en la zona y 3. Finalmente puede ser un reflejo de la activación del mecanismo regulatorio denso-dependiente en el stock o población.

Es un hecho documentado que especies sometidas a una pesca intensiva, sufra alteraciones en su estructura de tallas y el reclutamiento. Este tipo de regulación, es



observado en especies que realizan migraciones para el evento reproductivo, presentan alta fidelidad a sitios de reproducción, o forman asociaciones reproductivas, como el Mero rojo (*Epinephelus morio*), en el banco de Campeche; el mero Nassau (*Epinephelus striatus*) de las Islas Caimán y el prieto seriado o Cherna (*Mycteroperca bonaci*) de la plataforma y bancos del noreste de Brasil (Ferreira, *et al.* 2004.; Caballero-Arango, *et al.*, 2008; Whaylen, *et al.*, 2004).

*Bagre marinus* es una especie que está expuesta a estas alteraciones en su población, pues además de reunir algunas de las características anteriormente mencionadas es una especie con una estrategia de vida que, de acuerdo a la teoría triangular del ciclo de vida, pertenece a los organismos que alcanzan un tamaño intermedio, habitan en ambientes relativamente estables, producen un reducido número de grandes huevos e invierten importante energía en la incubación orofaríngea de sus huevos y juveniles (Winemiller y Rose, 1992). Esta estrategia llamada de equilibrio, favorece a especies que habitan ambientes de recursos limitados y densodependientes; donde la baja fecundidad como estrategia reproductiva es compensada por una alta sobrevivencia, especialmente durante las etapas tempranas de vida (Winemiller y Dailey, 2002). Si *B. marinus* compensa su baja fecundidad asegurando una alta sobrevivencia en las primeras etapas de vida, como lo indica la teoría de la denso-dependencia, esta estrategia puede no ser suficiente ante las prácticas de pesca que actualmente se realizan en Tabasco, ya que durante la temporada reproductiva y de incubación los cardúmenes reproductivos son altamente susceptibles a la pesca predatoria, siendo estos capturados con red de cerco. Esta práctica implica a los bagres de mayores tallas y mayor potencial reproductivo; esto sugiere que, en ausencia de estos grandes ejemplares en el stock se



está generando presión sobre los individuos de menores tallas para que maduren y cubran esta función (Lowerre-Barbieri, *et al.*, 2003).

La utilización de las clasificaciones anatómica e histológica en este trabajo hizo evidente el tipo de errores a los que se expone quien analiza los datos reproductivos de una especie, pues a simple vista no puede concluirse cuál es la talla menor que presenta madurez sexual y tampoco si presenta o no alguna etapa de la espermatogénesis. Actualmente las clasificaciones macroscópicas de algunas especies de la familia Ariidae y otros Silúridos constan de 5, 6 y hasta 7 estadios de acuerdo a los criterios del autor (ver Tabla 5 y 6). Las revisiones en este y otros trabajos citados permiten concordar con West (1990) y Días *et al.* (1998), los cuales consideran la elaboración de clasificaciones particulares para cada especie, debido a que las clasificaciones macroscópicas no tienen en cuenta el tipo de desarrollo de las células sexuales ni las particularidades de su estrategia reproductiva. Al respecto en este estudio se tuvieron algunas consideraciones en el momento de establecer algunos parámetros. Por ejemplo, para calcular la temporada reproductiva en especies dióicas de peces teleósteos, generalmente se considera a las hembras para caracterizar el proceso. De manera contraria, los testículos de estos bagres han sido muy poco estudiados, quizás porque a simple vista no presentan cambios drásticos en sus características externas, pero su procesamiento histológico es práctico y exitoso. Otro rasgo considerado es el hecho de que son los machos los que incuban la progenie, es decir; en los machos es donde reside gran parte del éxito de cada generación, y en función del conocimiento de su fisiología y comportamiento, se aportan nuevos aspectos que permiten entender mejor sus estrategias reproductivas.



Los testículos de *B. marinus* mostraron sincronía durante la actividad testicular máxima en el mes de julio, justo el mes de mayor valor en el IGS y cuando domina la presencia de estadios macroscópicos III (Maduración avanzada) y IV (Maduros) en hembras de *B. marinus* (Ramírez-Mosqueda y Segura-Berttolini, 2007). Esta sincronía ha sido reportada para otras especies de Áridos del Atlántico centro occidental como en *Ariopsis felis*, *Cathorops melanopus*, *Cathorops spixii*, *Galeichthys caerulescens*, *Genidens barbas*, *Genidens genidens*, *Hexanematichthys guatemalensis*, *Pseudoplatystoma fasciatum*, *Sciadeichthys luniscutis*, *Sciades Hertzbergii*, etc. (Lee, 1937; Merriman, 1940; Gunter, 1947; Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 1988; González, 1983; Fávoro, et al., 2005; Yáñez-Arancibia, et al. 1976; Reis, 1986; Barbieri, et al., 1992; Gomes y Araújo, 2004; Burns y Ramírez, 1990; Reyes y Fazlul, 1990; Chacon, et al., 1994).

La preparación del bagre para el evento reproductivo se manifestó durante la temporada de lluvias (junio-septiembre), reflejada en el registro de los altos valores de los índices gonadosomático (IGS) y la disminución del índice de condición (K), los cuales correspondieron a la liberación de esperma y al cese de la espermatocitogénesis (mitosis) respectivamente.

Estos cambios fueron evidentes con la aparición de las “crestas” en los bordes de los testículos y los cambios en su coloración de rosácea a rojiza. Es importante señalar que el comportamiento de estas características se ha mantenido constante a través de los seis años de diferencia transcurridos entre los anteriores estudios -Mendoza-Carranza y Hernández-Franyutti, 2005; Ramírez-Mosqueda y Segura-Berttolini, 2007- y el presente; aún con los fenómenos ambientales que han podido incidir en las costas, la temporalidad de este proceso reproductivo se repite de manera cíclica en el sur del Golfo de México. Esta constancia apoya la teoría de su estrategia de vida de equilibrio. Esto se explica



mejor al ubicar la zona costera donde habita *B. marinus*, pues se encuentra la desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta, donde la descarga fluvial modifica la salinidad y temperatura de la zona, provocando permanentes frentes halinos y termohalinos (Caso, *et al.* 2004).

La observación histológica de los testículos y de los cambios del epitelio germinal testicular indicaron que estos órganos reproductores tienen las características anatómicas comunes entre los Siluriformes (Guimarães y Dos Santos, 2004) y se encuentran formados por los mismos elementos tisulares descritos para otras especies de Teleósteos como en el Robalo común, *Centropomus undecimalis* (Centropomidae), la Cobia *Rachycentron canadum* (Characidae); el Bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* (Pimelodidae) y la trucha marina *Cynoscion nebulosus* (Sciaenidae) (Grier y Taylor, 1998; Brown-Peterson y Warren, 2001; Brown-Peterson, *et al.*, 2002; Batlouni, *et al.*, 2006). También permitió evidenciar que el tejido testicular de *B. marinus*, una vez que los machos maduran, no dejan de diferenciarse aunque alguna fase de diferenciación se prolongue por meses, como sucede con la regresión avanzada que cubre 7 meses del ciclo reproductor.

De acuerdo al análisis histológico, la clasificación macroscópica es útil en la descripción general de las etapas de desarrollo de los testículos de *B. marinus* en campo, pero sólo es complementario a las clasificación histológica y no debe tomarse como definitiva debido al alto porcentaje de error (>50%) que presenta. Además a nivel bibliográfico no existen más elementos que aporten un novedoso y práctico sistema de identificación para las diferentes etapas del ciclo espermatogénico. Si bien la clasificación macroscópica permite ubicar a grandes rasgos los momentos de cambios en el testículo,



no permite precisarlos. La similitud de los rasgos al principio y final del desarrollo del testículo generan mayor subjetividad en las observaciones y cálculos. En el caso de monitoreo intensivo de una especie con características semejantes a las de este bagre, el establecer más de tres estadios podría ayudar para notar ligeras diferencias como las clasificaciones generadas para *Schiadeichthys luniscutis* y *Genidens genidens* en la Bahía de Sepetiba, Brasil; en las cuales el número de clasificaciones macroscópicas y microscópicas son los mismos y permite establecer una relación más directa con respecto a semejanzas y diferencias. (Gomes y Araújo, 2004). En el caso de *B. marinus*, la información macroscópica recopilada no daba para una descripción con mayor número de detalles y diferencias, debido a los ligeros y casi imperceptibles cambios externos de los testículos.

La clasificación microscópica hizo evidente el avance progresivo natural de la actividad espermatogénica, por ello es más confiable, realista y precisa para la determinación del ciclo reproductor de cualquier organismo. Aunado a esto la clasificación propuesta por Grier y Uribe (2009) facilita la organización de estas etapas, permitiendo la sistematización de la información que se recoge en campo y la que se analiza en el laboratorio.

Los datos histológicos y morfométricos generados en este estudio indican que el testículo de *B. marinus* es una especie de ciclo reproductivo estacional y sincrónico, con máxima actividad durante la temporada de lluvias, tal como lo reportaron Kaiola (1981) y Palazón *et al.* (1994) para especies tropicales y áridas en el Atlántico centro occidental.

Durante la temporada reproductiva, en la familia Ariidae varios autores -ver Tabla 5 y 6- han registrado la presencia de estos bagres en áreas con altas temperaturas, transparencia, bajas salinidades y profundidades; a diferencia de estos registros, en las



visitas a las zonas de formación de cardúmenes de machos incubadores del presente estudio se obtuvieron parámetros físico-químicos con mayores salinidades y profundidades que sugieren una amplia tolerancia de los alevines de *B. marinus*.

Se pudo corroborar que los cardúmenes de incubadores de *B. marinus* están compuestos únicamente de machos, esta característica también ha sido observada en Áridos como *Ariopsis bonillai*, en Colombia y *Genidens genidens* en Brasil (Pérez, 2004; Barbieri, *et al.*, 1992; García, *et al.* 2006) y otros Áridos de las costas brasileñas (Gomes y Araújo, 2004).

La literatura hasta ahora generada en especies de Áridos como en *Genidens genidens*, aporta datos que apoyan la relación positiva entre la longitud de los machos incubadores con el número de huevos a los que pueden incubar, de tal forma que los ejemplares de mayores tallas incuban mayor número de huevos (Coates, 1988; Barbieri, *et al.*, 1992). Esto permitiría proponer un sistema de pesca, en el que junto con los pescadores se establezca un tamaño de luz de malla que permita que una talla promedio de individuos vuelva a integrarse al stock después de la temporada de incubación.

Basados en los valores de los trece individuos obtenidos, los valores máximos calculados mediante el modelo de regresión lineal indican que un macho de 385 mm LF podría incubar hasta 43 huevos con un diámetro de 19mm de diámetro cada uno, en un espacio orofaríngeo de 154 ml. Evidencias en otros trabajos realizados con esta especie en la costa este de Estados Unidos (Gudger, 1919) Luisiana (Lee, 1937) y Texas (Gunter (1947), muestran que es posible que machos con una longitud de 266 mm LT incuben de 40 hasta 48 huevos, con el mismo diámetro de huevos (19-20mm) encontrados en los machos incubadores. Se ha calculado que la puesta de una hembra de *B. marinus*, es de 34 huevos (18±44 huevos) (Ramírez-Mosqueda y Segura-Berttolini, 2007), en teoría aquí



se demuestra que la puesta de una hembra puede ser incubada en su totalidad por un macho; y considerando que aún necesitarán espacio una vez que se conviertan en alevines en la cavidad orofaríngea, resulta conveniente el volumen disponible, que en la mayoría de los casos de este estudio, supera la mitad del volumen que ocupan los huevos encontrados en los incubadores. Por ejemplo, el macho con longitud de 360 mm LF incubando 15 huevos, tuvo un volumen orofaríngeo de 105ml y los huevos ocuparían entonces un volumen de 54ml. Estos resultados coinciden con los cálculos realizados por Gudger (1919), donde muestra esta disponibilidad del volumen oral en la incubación de los alevines, independientemente de las diferencias de tallas de los ejemplares y los lugares capturados.

Un aspecto importante dentro de estas comparaciones, es al ubicar los grupos de tallas de los machos incubadores capturados en la temporada reproductora 2009 sobrepuestos en la distribución de frecuencias de tallas de ejemplares muestreados durante todo el año 2004. Se puede notar que los ejemplares capturados habitualmente por los pescadores del sureste del Golfo de México son los individuos que asegurarían la permanencia del stock e incluso de la especie durante cada ciclo anual en esta región (Figura 19).



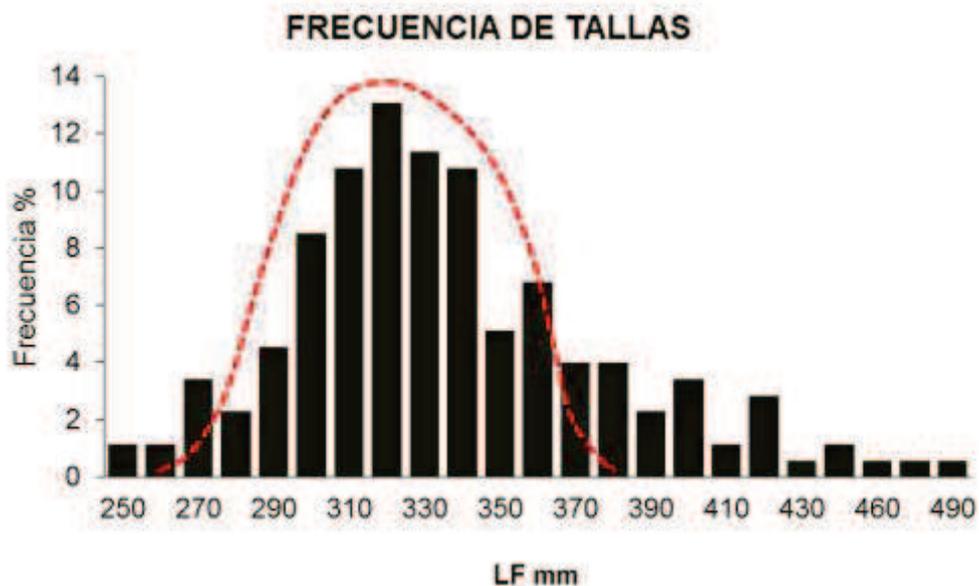


Figura 19. Comparación de distribución de tallas de machos *B. marinus*. Las barras representan clases de tallas de un ciclo anual de captura (año 2004), línea punteada tallas de machos incubadores (año 2009).



## 6. CONCLUSIONES

*Bagre marinus* se reproduce anualmente en el sureste del Golfo de México coincidiendo con los meses de lluvias de la región (junio-septiembre). El proceso de espermatogénesis da inicio en mayo y se prolonga hasta agosto. Durante julio los testículos alcanzan su mayor grado de desarrollo, identificándose histológicamente por presentar la fase de epitelio germinal en desarrollo medio y anatómicamente por presentar una serie de crestas en los bordes del mismo con una coloración rosácea opaca, indicando así el máximo valor de actividad reproductiva. Los machos se caracterizan por ser incubadores orales con tallas que van desde 245mmLF hasta los 490mmLF. Estos se agregan en cardúmenes y son observados en la desembocadura del río Grijalva de junio hasta octubre. La capacidad de acarreo de huevos por parte de los machos incubadores está positivamente correlacionada con la talla del organismo. Todos estos atributos demuestran la alta importancia que tienen los machos en el proceso reproductivo de esta especie, pues no sólo contribuyen en la fecundación, sino que también participan directamente en el cuidado y protección de su prole.

La estrategia reproductiva de *B. marinus*, en especial la táctica de incubación oral, ha sido exitosa durante largo periodo de tiempo, reflejado en sus altas capturas anuales, que hasta la fecha se presentan en esta región. Sin embargo esta misma táctica lo hace vulnerable a la pesca con redes de cerco, pues se realiza durante la etapa de incubación, teniendo así un efecto negativo al incidir sobre una de las partes más importantes de su ciclo de vida.



## 7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Acero PA. 2003. Siluriformes: Catfishes. Pp. 351-367. En: Hutchins M., D.A. Thoney, P.V. Loiselle y N. Schlager. Eds. Grzimek's Animal Life Encyclopedia, 2da. Edición. Vol. 4, Fishes I. Gale Group, Farmington Hills, EE. UU.
- Acero PA, Betacour RR, Polanco AF y Chaparro N. 2005. Diferenciación temprana a nivel óseo en dos géneros de bagres marinos (Pisces: Ariidae) del Caribe. Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales, 163: 37-43.
- Aguilar MM, Coutiño BB, y Salinas PR. 1996. Manual general de técnicas histológicas y citoquímicas, Editorial Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, Pp. 130.
- Armstrong MP, Murphy MD, Muller RG, Harshany DP y Crabtree RE. 1996. A Stock assessment of hardhead catfish, *Arius felis*, and gafftopsail catfish, *Bagre marinus*, in Florida waters. Florida Department of Environment Protection. Marine Research Institute. San Petersburgo. Pp. 12.
- Araújo FG, Duarte S, Goldberg RS y Fichberg, I. 2000. Ciclo reproductivo de *Parauchenipterus striatulus* (Pisces - Auchenipteridae) na represa de Ribeirão das Lajes - RJ. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 52: 3, 276-284.



- Barbieri RL, Dos Santos PR y Andreatta VJ. 1992. Reproductive biology of the marine catfish, *Genidens genidens* (Siluriformes, Ariidae) in the Jacarepaguá Lagoon system, Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*. 35: 23-35.
- Batlouni SR, Romagosa E y Borella MI. 2006. The reproductive cycle of male catfish *Pseudoplatystoma fasciatum* (Teleostei, Pimelodidae) revealed by changes of the germinal epithelium An approach addressed to aquaculture. *Animal Reproduction Science* 96: 116-132.
- Brown-Peterson NJ y Warren JW. 2001. The reproductive biology of spotted seatrout, *Cynoscion nebulosus*, along the Mississippi Gulf coast. *Gulf of Mexico Science*, 61–73.
- Brown-Peterson NJ, Grier HJ y Overstreet RM. 2002. Annual changes in germinal epithelium determine male reproductive classes of the cobia. *Journal of Fish Biology*. 60:178-202.
- Burns RJ y Ramírez AM. 1990. Annual pattern of reproduction of the bagre, *Arius guatemalensis* (Pisces: Ariidae), in El Salvador. *Revista de Biología Tropical*. 38 (2B): 487-490.
- Caballero-Arango C, Brulé T, Montero-Muñoz JI y Colás-Marrufo T. 2008. Análisis Preliminar sobre la Variación de Algunos Parámetros Reproductivos del Mero Rojo del Banco de Campeche en el Periodo 1989-2004.



- Castro-Aguirre JL. 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos Zoogeográficos y Ecológicos. Edición Departamento de Pesca. Serie Científica. No. 19. México. Pp.298.
- Caso M, Pisanty I y Ezcurra E. 2004. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México, Vol. I. Editorial Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México. Pp. 626.
- Cavalcanti DG. 1994. Reprodução do cascudo cinza *Liposarcus anisitsi* (Holmberg, 1893) (Loricariidae, Siluriformes): Histologia de Gônadas e Factores Abióticos. Disertación de Mestria. CAUNESP-UNESP, Jaboticabal, Brasil, 124 pp.
- Chacon JO, Alves MIM y de Mesquita MSC. 1994. Alguns aspectos da reprodução do bagre branco, *Selenopsis herzbergii* (Bloch 1794), Pisces: Ostariophysi, Siluriformes, Ariidae. Boletim Tecnico. DNOCS 47: 43-78.
- Cifuentes-Lemus JL, Torres-Garcia P y Frias MM. 1995. La Pesca en México En: Cifuentes-Lemus JL, Torres-Garcia P y Frias MM. Editores. La Pesca, El Océano y sus Recursos IX. Ciencias del Mar: Oceanografía Biológica, Pp.184.
- Coates D. 1988. Length-depend changes in egg size in fecundity in females, and brooded embryo size in males of fork-tailed catfishes (Pisces: Ariidae) from the Sepik River, Papua New Guinea with some implications for stock assessments. *Journal of Fishes Biology*. 33: 455-464.



Cooke R. 1993. The past and present distribution of sea catfishes (Ariidae) in a small estuarine embayment in Panama: relevance to pre Columbian fishing practices. *Arqueología Contemporánea*. 4: 57-74.

Cooke R y Ranere AJ. 1999. Precolumbian fishing on the Pacific coast of Panama. Pp. 103-122. En: M. Blake, Eds. *Pacific Latin America in Prehistory: The Evolution of Archaic and Formative Cultures*. Washington State University Press, Pullman.

Dmitrenko MY. 1970. Reproduction of the sea catfish (*Arius thalassinus*) (Rûpp.) in the Arabian Sea. *Journal of Ichthyology*. 10: 634-641.

Enciclopedia de las Ciencias y la Tecnología en México (EMC). Consultada en Febrero 2011. Edición electrónica:  
[www.bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/html/biologia.html](http://www.bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/html/biologia.html)

Estrada FE y Uribe AM del C. 2002. Atlas de Histología de vertebrados. IX Aparato reproductor masculino. 1a. edición. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. Ciudad Universitaria. México, DF. Pp.199.

Fávaro FL, Frehse de AF, De Oliveira NR y Swuarz RJr. 2005. Reprodução do bagre amarelo, *Cathorops spixii* (Agassiz) (Siluriformes, Ariidae), da Baía Pinheiros, região estuarina do litoral do Paraná, Brasil. *Revista brasileira de Zoologia*. 22: 1022-1029.



Ferreira TS, Padovani FB y Pereira PII. 2004. Aspects of fishing and reproduction of the black grouper *Mycteroperca bonaci* (Poey, 1860) (Serranidae: Epinephelinae) in the Northeastern Brazil Neotropical Ichthyology, 2(1):19-30.

Garcia AM, Vieira JP y Burns MDM. 2006, *Genidens genidens* (Cuvier) (Pisces, Ariidae), oral incubation of eggs. Pan-American Journal of Aquatic Sciences 1 (2): I.

García Díaz MM. 2000. Aplicación de técnicas histológicas para la determinación de parámetros reproductores en tres teleósteos marinos (*Serranidae, Sarranus*). Departamento de Biología animal. Tesis de Doctorado, Universidad de la Laguna, España. 215p.

Grier HJ y Taylor RG. 1998. Testicular maturation and regression in the common snook. Journal of Fish Biology. 53: 521-542.

Grier HJ. 2002. The Germinal Epithelium: Its Dual Role in Establishing Male Reproductive Classes and Understanding the Basis for Indeterminate Egg Production in Female Fishes. 53<sup>rd</sup> Gulf and Caribbean Fisheries Institute. 537-552p.

Grier HJ y Uribe A Ma del C. 2009. The Testis and Spermatogenesis in Teleosts. Pp.119-142. Ed. Jamieson, B.G.M. In Agnathans and Bony Fishes, Volume 8A of series: Reproductive Biology and Phylogeny of Fishes.



Gomes ID, Araújo FG, Azevedo MC de C y Pessanha, ALM. 1999. Biología reproductiva dos bagres marinhos *Genidens genidens* (Valenciennes) e *Cathorops spixii* (Agassiz) (Siluriformes, Ariidae), na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 16 (Supl. 2): 171-180.

Gomes ID y Araújo FG. 2004. Influences of the reproductive cycle on condition of marine catfishes (Siluriformes, Ariidae) in a coastal area at southeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes* 71: 341-351.

González Schaff AE. 1983. Histología de las gónadas durante el ciclo biológico de *Arius melanopus* Günther (Siluriformes: Ariidae) y *Bardiella ronchus* Cuvier y Valenciennes (Perciformes: Sciaenidae) del Canal y Laguna de Tampamachoco, Veracruz. Tesis de Licenciatura. UNAM, México, D. F. 45p.

Gudger EW. 1919. The ovary of *Felichtys felis*, the gaff-topsail catfish: its structure and function. Department of Marine Biology. Carnegie Institution of Washington. 13: 111-128.

Gunter G. 1947. Observations on Breeding of the Marine Catfish, *Galeichthys felis* (Linnaeus). *Copeia*, 4:217-223.

Guimarães CRJ y Dos Santos JE. 2004. Testicular structure of three species of neotropical freshwater pimelodids (Pisces, Pimelodidae). *Revista Brasileira de Zoologia* 21(2): 267-271.



Hernández Lazo CC. 2009. Aspectos de la pesquería artesanal de tiburones en el puerto de San Pedro, Centla, Tabasco, México. Tesis de Licenciatura. UJAT, Tabasco. 76p.

Humason GL. 1979. Animal Tissue Techniques. 3a. edición. Freeman, WH y Co. Estados Unidos. Pp. 661.

Kailola PJ. 1981. A review of the Australian and New Guinean catfish of the family Ariidae. Abstract of International Conference, Systematics and Evolution of Indo-Pacific Fishes, Australian Museum. 7-11p.

Kamler E. 2006. Parent-egg-progeny relationships in teleost fishes: an energetics perspective. Reviews in fish biology and fisheries. 15: 399-421.

Lara-Domínguez AL, Yáñez-Arancibia A y Amezcua-Linares F. 1981. Biología y Ecología del Bagre *Arius melanopus* Günther en la Laguna de Términos, Sur del Golfo de México (Pisces: Ariidae). Anales del Instituto de Ciencias Del Mar y Limnología. 8(1): 267-304.

Lara-Lara JR, Arenas FV, Bazán GC, Díaz CV, Escobar BE, García AM de la C, Gaxiola CG, Robles JG, Sosa AR, Soto GLA, Tapia GM y Valdez-Holguín JE. 2008. Los Ecosistemas marinos. Pp. 135-159. En: Capital Natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Editor, CONABIO. México.



Lee G. 1937. Oral gestation in the marine six-whiskered catfish *Galeichthys felis*. Anatomical Records. Copeia. 1: 49-56.

Luengo JA. 1973. Apuntes sobre la reproducción de algunos bagres marinos. Bulletin of the Zoological Museum of the University Amsterdam. 3: 47-51.

Loir M, Sourdain P, Mendis-Handagama SMLC, Je ´gou B. 1995. Cell-cell interactions in the testis of teleosts and elasmobranchs. Microscopy Research and Technique. 32:533–552.

Loir M. 1999. Spermatogonia of Rainbow Trout: I Morphological Characterization, Mitotic Activity, and Survival in Primary Cultures of Testicular Cells. Wiley-Liss. INC. Molecular Reproduction and Development 53:422-433.

Lowerre-Barbieri SK, Vose FE y Whittington JA. 2003. Catch-and release fishing on a spawning aggregation of common snook: does it affect reproductive output. Transactions of the American Fisheries Society. 132:940-952.

Mazzoldi C, Lorenzi V y Rasotto MB. 2007. Variation of male reproductive apparatus in relation to fertilization modalities in the catfish families Auchenipteridae and Callichthyidae (Teleostei: Siluriformes). Journal of Fish Biology 70:243-256.



- McDowall RM. 1981. The relationships of Australian freshwater fishes. En: Ecological Biogeography of Australia. Pp. 1252-1273. Keast A. Ed. The Hague, Boston, London.
- Méndez Marín O. 2008. Estudio morfológico de los ciclos ovárico y testicular del pejelagarto, *Atractosteus tropicus*, en el estado de Tabasco, México. Tesis de Licenciatura. UJAT, Tabasco. 99p.
- Mendoza-Carranza M. 2003. The feeding habits of gafftopsail catfish *Bagre marinus* (Ariidae) in Paraiso Coast, Tabasco, México. Hidrobiológica. 13(2): 119-126.
- Mendoza-Carranza M y Hernández-Franyutti A. 2005. Annual reproductive cycle of gafftopsail catfish, *Bagre marinus* (Ariidae) in a tropical coastal environment in the Gulf of Mexico. Hidrobiológica. 15(3): 275-282.
- Merriman D. 1940. Morphological and embryological studies on two species of marine catfish, *Bagre marinus* and *Galeichthys felis*. Zoologica. 25(13): 221-28.
- Murua H y Saborido-Rey. 2003. Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science. 33: 23-31.
- Muncy RJ y Wingo WM. 1983. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Gulf of Mexico): sea catfish and gafftopsail catfish. FWS/OBS-82/11.5 TR EL-82-4.



- Palazón FJL, León RJ, Gómez FE y Bolaños J. 1994. Reproducción del bagre Cacumo, *Bagre marinus* (Mitchil, 1815) (Pices: Ariidae) de la costa sur de Margarita, Venezuela. Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela. 33 (1 & 2): 19-27.
- Perera-García MA, Mendoza-Carranza M y Páramo-Delgadillo S. 2008. Dinámica Reproductiva y Poblacional del Robalo *Centropomus undecimalis* (Perciformes: Centropomidae) en Barra san Pedro, Centla, México. Universidad y Ciencia. 24 (1): 49-59.
- Pérez I. 2004. Evaluación del periodo de levante de alevines y juveniles del bagre estuarino *Ariopsis bonillai* (Miles, 1945) en jaulas fijas, en una laguna costera. (CGSM). Tesis en Ingeniería Pesquera, Universidad de Magdalena, Colombia. 73 p.
- Pérez Moreno M. 1999. Biología Pesquera y Aspectos Ecológicos de la Ictiofauna más Importante de la Cuenca de Laguna de Perlas en la Región Autónoma del Atlántico Sur (R.A.A.S.) de Nicaragua. Nicaragua. Pp. 142.
- Pinheiro P, Broadhurst KM, Hazin VHF, Becerra T y Hamilton S. 2005. Reproduction in *Bagre marinus* (Ariidae) off Pernambuco, northeastern Brazil. Journal of Applied Ichthyology. 22: 189-192.



- Pudney J. 1995. Spermatogenesis in Nonmammalian Vertebrates. *Microscopy Research and Technique* 32:459-497.
- Reis EG. 1986. Reproduction and feeding habits of the marine catfish *Netuma barba* (Siluriformes, Ariidae) in the estuary of Lagoa dos Patos, Brazil. *Atlântica, Rio Grande* 8:35-55.
- Ramírez-Mosqueda E. y Segura-Bertolini EC. 2007. Aspectos reproductivos el Bagre bandera *Bagre marinus* (Pisces: Ariidae) en la costa de Centla y Paraíso Tabasco, México. Tesis de Licenciatura. UJAT, Tabasco. 81 p.
- Reyes AO y Fazlul MH. 1990. Algunos aspectos reproductivos del bagre rayado, *Pseudoplatystoma fasciatum* Linnaeus, 1776 (Pisces: Pimelodidae) en la Laguna Grande, Maturin, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*. 29:133-140.
- Rimmer MA y Merrick JR. 1982 (1983). A Review of reproduction and development in the fork-tailed catfishes (Ariidae). *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*. 107(1): 41-50.
- Romero Rodriguez A. 2006. La dieta de bandera (*Bagre marinus* Mitchill, 1815) proveniente de la pesca artesanal en la costa de Tabasco, México. Tesis de Maestría, ECOSUR, Villahermosa. 26 p.



- Rojas RJ, Castro MV y Pizarro FJ. 1994. Época de desove, fecundidad y morfología en cinco especies ícticas (Pises: Ariidae) de manglar en Costa Rica. *Revista Biología Tropical*. 42(3): 751-754.
- Sadovy Y. 1994. Grouper stocks of the western central Atlantic: The need for management and management needs. *Proceedings of the Gulf Caribbean Fisheries Institute* 43: 43-64.
- Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia A. 1997. Grupos ecológicos funcionales y recursos pesqueros tropicales. En: Flores D, Sánchez-Gil P, Seijo y Arreguín F (eds.) *Análisis y Diagnóstico de los Recursos Pesqueros Críticos del Golfo de México*. Epomex, Serie Científica 7, Universidad Autónoma de Campeche, México. 496p.
- Schulz RW de França LR, Jean-Jacques L, LeGac F, Chiarini-García H, Nobrega RH y Miura T. 2010. Spermatogenesis in fish. *General and Comparative Endocrinology*. 165: 390-411.
- SAGARPA-CONAPESCA. 2010. Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Mazatlán. 285 p. También disponible en la página web: <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx>
- Sherman K. 1994. Sustainability, biomass yields, and health of coastal ecosystems: An ecological perspective. *Mar. Ecol. Progr.* 112:277–301.



Simone FT, Padovani FB y Pereira PI. 2004. Aspects of fishing and reproduction of the black grouper *Mycteroperca bonaci* (Poey, 1860) (Serranidae: Epinephelinae) in the Northeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*. 2(1):19-30.

Trippel EA. 2003. Estimation of male reproductive success of marine fishes. *Journal of Northwest Atlantic Science*. 33: 81-113.

Vazzoler AEA de M. 1996. *Biologia de reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. EDUEM. São Paulo. SBI. Pp.169.

Whaylen L, Pattengill-Semmens CV, Semmens BX, Bush PG y Boardman MR. 2004. Observations of a Nassau grouper, *Epinephelus striatus* spawning aggregation site in Little Cayman, Cayman Islands, including multi-species spawning information. *Environmental Biology of Fishes* 70: 305–313.

Winemiller KO y Rose KA. 1992. Patterns of life –history diversification in North American Fishes: implications for population regulation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 49(10): 2196-2218.

Wootton RJ. 1990. *Ecology of teleost fishes*. London-New York, Chapman and Hall. Pp. 404.



Yáñez-Arancibia A, Curiel-Gómez J y De Yáñez VL. 1976. Prospección Biológica y Ecológica del Bagre Marino *Galeichthys caerulescens* (Günther) en el sistema lagunas de Guerrero, México (PISCES: Ariidae). Anales del Instituto de Ciencias Del Mar y Limnología. 3 (1): 125-180.

Yáñez-Arancibia A y Lara-Domínguez AL. 1988. Ecology of three sea catfishes (Ariidae) in a tropical coastal ecosystem-Southern Gulf of Mexico. Marine Ecology Progress Series. 49: 215-230.



Los machos de *Bagre marinus* (Pisces: Ariidae) en el proceso reproductivo y su interacción con la pesca.

*Bagre marinus* (Pisces: Ariidae) males in the reproductive process and their interaction with its fishery.

Titulo resumido: Importancia reproductiva de machos de *Bagre marinus*

Autores:

Segura-Bertolini E. C. & M. Mendoza-Carranza.

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Villahermosa. Sistemas de Producción Alternativos: Pesquerías Artesanales. Km 15.5 carretera a Reforma A. Guineo 2ª sección, s/n, 86280. Villahermosa, Tabasco, México.

Autor para correspondencia: [mcarranza@ecosur.mx](mailto:mcarranza@ecosur.mx)

## Resumen

Fueron obtenidas muestras de machos de *Bagre marinus* provenientes de la flota palangrera de pequeña escala del puerto de San Pedro, Tabasco, México, en muestreos mensuales durante doce meses y en muestreos puntuales en la pesca con redes de cerco sobre cardúmenes reproductivos en la desembocadura del río Grijalva. Se analizó la interacción de la pesca con el proceso reproductivo de esta especie. Fueron identificadas tres etapas de desarrollo testicular: en maduración, maduros y en recuperación. La mayor frecuencia de individuos maduros (40%) fue en febrero y junio. El valor máximo del índice gonadosomático fue en julio ( $0.37 \pm 0.09$ ). La talla mínima de madurez sexual fue 22 cm de longitud furcal. Debido al carácter ilegal de la pesca con redes cerco solamente pudieron ser colectados 13 machos de *B. marinus* en proceso de incubación. El volumen promedio de cavidad orofaríngea fue de  $106 \pm 29.01$  ml, pudiendo albergar  $30 \pm 7.6$  huevos (19 mm de diámetro). Se observó que la actividad testicular de los machos incubadores no difirió de los que no participaban en el proceso capturados por la flota palangrera. La táctica reproductiva de incubación oral en esta especie le ha permitido una adaptación al medio marino-estuarino. Sin embargo, esta misma táctica ha puesto a la especie en una severa fragilidad ante la pesca con redes de cerco, al ser intervenida una de las fases más importantes de su ciclo de vida, produciendo una elevada mortalidad de machos incubadores y la consecuente pérdida de huevos y juveniles recién eclosionados.

**Palabras clave:** estrategia reproductiva, incubación oral, estuario.

## **Abstract**

The objective of this paper is to analyze the importance of males in the reproductive strategy of gafftopsail catfish *Bagre marinus* based in the mouthbrooder tactic displayed by males and their interaction with illegal fishery. Monthly samples (12 months) of *Bagre marinus* males were obtained from bottom long-line small-scale fleet of San Pedro Port in Tabasco, Mexico; additional, male samples were obtained from the fishery performed over shoals of *B. marinus* mouthbrooder males in the Grijalva River mouth. Based on the macroscopic characteristics of male gonads it was possible to determine three maturation stages: immature (I), mature (II) and recovering (III). Immature males were observed all year round, highest monthly proportions of mature males were observed during February, May and June (20%>) and stage III was frequent (80%) during October. The maximum value of gonosomatic index was during July ( $0.37\pm 0.09$ ). Minimum size at maturity was determined in 22 cm of fork length. The average volume of male oropharyngeal cavity was  $106\pm 29.01$  ml; this volume can support  $30\pm 7.6$  eggs of 19 mm diameter. Mouthbrooder tactic has allowed to *B. marinus* a good adaptation to marine-estuarine environment, however this same tactic has a sever risk since mouthbrooder males form shoals easily traceable by fishermen that catch it with purse seine. This type of fishery produce a high mortality of mouthbrooder males and consequently a very high lost of eggs and embryos.

**Key words:** reproductive strategy, mouthbrooder, estuary.

## Introducción

Las costas mexicanas del Golfo de México albergan lagunas costeras, estuarios y hábitats asociados de gran importancia, tanto por su diversidad biológica como por los recursos socioeconómicos que proveen a la población. Múltiples especies de peces teleósteos de importancia ecológica y comercial utilizan y dependen de estas zonas para completar su ciclo de vida (Caso, *et al.* 2004, Lara-Lara, *et al.*, 2008). En la zona estuarina de la costa de Tabasco, principalmente en Centla y Paraíso, se ha desarrollado la pesquería del bagre Bandera *Bagre marinus* (Mitchill, 1815). Esta importante pesquería es multiespecífica y accesible a la pesca de pequeña escala, aportando un 44% a la producción total nacional, sosteniendo la actividad económica de la región (SAGARPA-CONAPESCA, 2010, Mendoza-Carranza & Hernández-Franyutti, 2005; Ramírez-Mosqueda & Segura-Bertolini, 2007).

Desde el punto de vista la conformación de estrategias de conservación y explotación de las especies, la gran mayoría de estudios se centran principalmente en las hembras, debido a que usualmente son estas las que tienen el papel preponderante en el proceso reproductivo, siendo que los machos participan fundamentalmente solo en el proceso de fecundación (Murua & Saborido-Rey, 2003). Sin embargo los bagres machos de la familia Ariidae se encargan del cuidado de huevos y crías a través de la incubación oral, por lo cual juegan un papel fundamental y de gran importancia dentro del proceso reproductivo (Acero, 2003; Trippel, 2003, Gomes & Araújo, 2004; Mendoza-Carranza & Hernández-Franyutti, 2005; Kamler, 2006), Por tanto resulta de gran importancia incluirlos dentro de los estudios acerca del potencial reproductivo de la especie así como dentro de los esquemas de conservación, como un grupo diferenciado y de especial importancia.

Diversas publicaciones de *B. marinus* aportan evidencias de huevos incubados únicamente por machos, afirmando que este bagre probablemente, incube la puesta completa de una

hembra (Gudger, 1919; Lee, 1937; Gunther, 1947 y Palazón, *et al.*, 1994). Una vez fecundados los huevos, estos son llevados durante seis semanas después de la eclosión del embrión hasta la absorción completa del saco vitelino (Luengo, 1973; Palazón *et al.*, 1994).

Durante los meses de junio a septiembre aproximadamente individuos de *B. marinus* forman cardúmenes en las inmediaciones y dentro de desembocaduras de los ríos del sur del Golfo mexicano. Este fenómeno corresponde al periodo de incubación orofaríngea de la especie (Palazón *et al.* 1994; Mendoza-Carranza, 2003; Acero *et al.*, 2005; Romero, 2006). En esta etapa los machos de *B. marinus* se encuentran en un mayor grado de vulnerabilidad, debido a que estos se desplazan en cardúmenes en la parte superficial de la columna de agua hacia las bocas de los ríos y zonas estuarinas. Este comportamiento es aprovechado por los pescadores rivereños para capturarlos con redes, interfiriendo en una las partes más críticas del ciclo de vida de esta especie. La pérdida es considerablemente alta ya que la puesta de una hembra se pierde completamente con cada macho que es capturado.

A pesar de la alta importancia de este proceso biológico y del negativo efecto que puede ejercer la pesca sobre este proceso, no hay estudios específicos que hayan analizado tal interacción y el único instrumento de legislación que se tiene a la fecha para evitar este tipo de pesca es la Carta Nacional Pesquera (SAGARPA, 2010) en la que se propone una veda para esta especie que va de junio a agosto. El objetivo de este trabajo es describir la interacción entre pesca clandestina y los cardúmenes incubadores de *Bagre marinus*, analizando los posibles perjuicios de esta práctica sobre la población en relación a la estrategia reproductiva de la especie, haciendo énfasis en el papel que juegan los machos a través de la táctica de incubación oral dentro del proceso reproductivo de esta especie.

## **Materiales y Métodos**

Se analizaron los datos biológicos y morfométricos de 734 individuos obtenidos mensualmente de enero a diciembre del 2004 en visitas a diferentes cooperativas pesqueras y permisionarios que se dedican a la pesca artesanal del bagre Bandera en San Pedro, Centla, Tabasco (18° 40' LN y 93° 39' de LW). Para cada individuo fue determinado el sexo, peso total, peso somático en gramos, longitud furcal (LF) en cm. Las etapas de madurez gonádica macroscópica de los testículos de *B. marinus* se basaron en la modificación de la clasificación para desovantes totales (Vazzoler, 1996) y fueron identificadas a partir de las siguientes características: color, longitud, peso, grado de translucidez, turgencia, vascularización, zonas hemorrágicas, porcentaje de ocupación en relación a la cavidad abdominal, presencia de crestas en la periferia y líquido seminal siendo generada una tabla para identificación macroscópica de los estadios de madurez sexual en machos. Para obtener la talla mínima de madurez sexual, se consideró la menor longitud entre los ejemplares clasificados como maduros.

Fue analizada la distribución de frecuencias de tallas (LF) de los machos de *B. marinus* capturados por la flota palangrera. Para la comparación y análisis mensual de distribución de frecuencias de tallas de los estadios macroscópicos de madurez testicular se utilizó la fórmula  $FRM = (Est_m / Total\ del\ Est_m) \times 100$ , donde FRE es la frecuencia relativa mensual,  $Est_m$  es el número de estadio mensual y  $Total\ de\ Est_a$  es el total de estadios mensual.

Se calculó el índice gonadosomático (IGS) mensual con la fórmula  $IGS = PG/PT * 100$ , donde PG es el peso del testículo y PT es el del peso total del ejemplar.

Se calculó el factor de condición (K) mensual con la fórmula  $K = W/LT^b$  donde W es el peso total, LT longitud total y b es el coeficiente de regresión entre W/LT.

Para el cálculo de la capacidad oral, se obtuvieron de un arrastre clandestino 13 ejemplares machos incubadores en septiembre del 2007 en Barra Bosque de la desembocadura del río

Grijalva. Se realizó el conteo directo del total de huevos de la cavidad oral de cada macho incubador, diámetro de cada huevo (mm), datos morfométricos y dimensiones orales de cada organismo colectado (alto, ancho y profundidad), etapa de madurez gonádica. La profundidad, transparencia, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad y pH fueron obtenidos en los sitios donde se hicieron los avistamientos y la captura.

El volumen de la cavidad orofaríngea (VCO) de los ejemplares capturados, se calculó por una aproximación del volumen de una elipse  $V=4/3 \pi abc$ , donde  $V$  es el volumen del elipse,  $a$  la abertura oral horizontal,  $b$  la abertura oral vertical,  $c$  la profundidad de la cavidad oral.

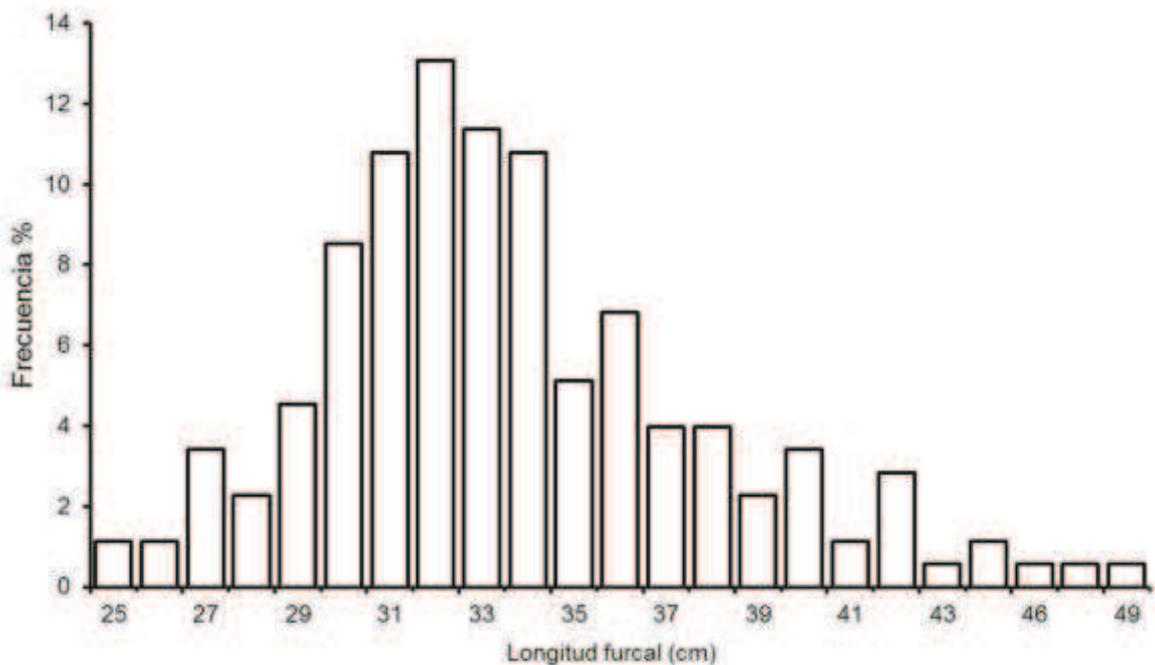
El volumen de los huevos por individuo se calculó con la fórmula:

$V=4/3 \pi R^3$ , donde  $V$  es el volumen del huevo y  $R^3$  el valor del radio al cubo.

Para expresar la relación entre la LF de los machos incubadores y el número de huevos que pueden acarrear, primeramente se determinó la relación matemática entre la LF y el VCO a través de una regresión lineal entre estas dos medidas. A partir de estas dos relaciones (VCO-número de huevos y LF-VCO) se generó la relación entre la LF y el número teórico de huevos que un macho podría incubar. Esta relación fue calculada con base en la distribución de frecuencias de diámetros de huevos observados en los machos colectados; siendo también estimado el número más probable de huevos que podrían ser incubados por los machos de acuerdo al diámetro ( $\emptyset$ ) de huevos más frecuente. El intervalo de LF empleado para esta relación fue de 250 a 330mm LF, relativo a la distribución de frecuencias de tallas más numerosa en la población muestreada y maduros sexualmente. Para determinar la temporada de avistamiento de cardúmenes de machos incubadores de *B. marinus* se realizó una encuesta informal a permisionarios y pescadores.

## Resultados

La longitud mínima registrada fue de 24.5 cm LF y la máxima 49 cm LF, el intervalo de tallas con la mayor frecuencia fue de los 30 a los 34 cm (62%) (Figura 1).



**Figura 1. Distribución frecuencia de tallas de machos de *B. marinus*, provenientes de la flota palangrera del puerto de San Pedro, Centla, Tabasco, México.**

Macroscópicamente los testículos de *B. marinus* son órganos pareados de forma elíptica compacta, suspendidos de la pared dorsal de la cavidad celómica por un mesorquio, consiste en dos conductos testiculares, cada uno se extiende a lo largo del testículo y se fusiona en un conducto espermático común antes de alcanzar la abertura urogenital. Su coloración oscila entre un rosa traslúcido, blanco opaco a rojo hemorrágico brillante. Cuando están inmaduros son simétricos en longitud, a medida que avanza el desarrollo, se vuelven ligeramente asimétricos. En los bordes de toda la estructura testicular se evidencian pequeñas hendiduras llamadas “crestas”, las cuales son comunes en la etapa

de mayores valores del IGS, estos presentaron cambios de tamaño, peso y color a lo largo del año, El cambio fue más notorios en los meses de junio a septiembre, durante los cuales la longitud promedio fue de 70.52 mm, el peso promedio de 1.19 gr y la coloración blanquecina, con crestas en la periferia. En los otros meses los testículos fueron filiformes, considerablemente menos pesados (0.47 a 0.57 gr en promedio) y de coloración rosácea y/o rojiza.

Con base a los datos morfológicos y morfométricos los testículos del bagre bandera se clasificaron en tres estadios que identifican las fases actividad testicular desde los individuos inmaduros o en proceso de maduración (<22 cm LF, talla mínima de madurez) a individuos maduros y en reposo caracterizados por un desarrollo pleno de los testículos caracterizados por la presencia de crestas, coloración rosácea a rojiza y aparición de líquido seminal a una ligera presión. (Tabla 1).

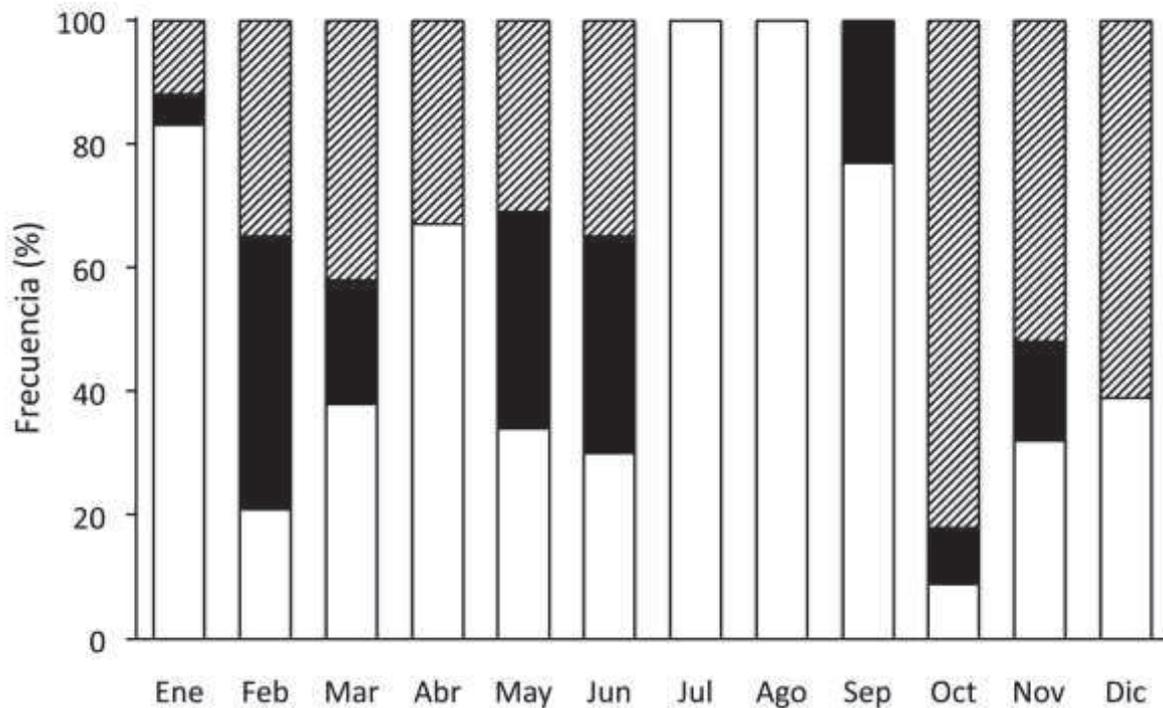
**Tabla 1. Clasificación macroscópica de los testículos de *Bagre marinus*.**

Estadio de madurez	Descripción de la gónada
Inmaduro	Los testículos son filiformes de coloración rosácea blanquecina, translúcidos, se distribuyen desde enero hasta el mes de diciembre, con longitudes que van de 48 a 92mm de longitud gonádica y pesos de 0.1 a 2.7g n= 90 (80%).
Maduros	Los testículos son delgados, de coloración blanquecina y con crestas en su periferia, se observan llenos de una sustancia de

	consistencia y color lechoso (semen) a una ligera presión. Se presentan con mayor frecuencia de febrero a septiembre, con una longitud gonádica de 29 a 98mm y pesos de 0.1 a 3.4g.
Recuperación	Los testículos se observan reducidos a dos filamentos, han desaparecido las crestas y su vascularización es abundante dándole una coloración roja intensa característica. Se observa de octubre a enero, con longitudes que van 34 a 88mm de longitud gonádica y pesos de 0.1 a 1.5g.

El estadio I (en maduración) fue el más frecuente a lo largo del año, alcanzando sus mayores ocurrencias (100%) durante Julio, Agosto y (80%) Septiembre. El estadio II (maduro) se presentó con mayores frecuencias (35%) durante los meses de febrero, abril, mayo y junio, sin embargo fue registrado con bajas frecuencias (<10%) también durante los meses de enero, marzo, septiembre, octubre y noviembre. Finalmente el estadio III (en recuperación) fue observado con mayor frecuencia durante los meses de octubre a diciembre con frecuencias entre 56 a 80%, también fue registrado durante enero a marzo, mayo y junio con frecuencias menores a 40% (Figura 2).

El índice gonadosomático (IGS) mensual tuvo un valor máximo en julio ( $0.32 \pm 0.09$ ) y el mínimo en enero y febrero ( $0.26 \pm 0.01$ ). El factor de condición alcanzó su máximo en marzo ( $1.70 \pm 0.24$ ) y su mínimo en julio ( $0.73 \pm 0.75$ ) coincidiendo con el máximo de IGS (Figura 3).



**Figura 2. Variación mensual de los estadios macroscópicos mensuales de los machos de *Bagre marinus* capturados por la flota palangrera del puerto de San Pedro, Centla, Tabasco, México.**

Durante los meses de incubación de *B. marinus* (junio-agosto), esta especie se pesca clandestinamente en la desembocadura del río Grijalva en las inmediaciones de la llamada Barra Bosque (18°36'45" LN y 92°41'49" LW) ubicada a 10 km de la ciudad de Frontera, Centla, Tabasco. En esta zona los cardúmenes que nadan superficialmente siendo estos muy visibles y por tanto altamente susceptibles a la pesca con redes de cerco. Durante el proceso de captura de los cardúmenes, actúan al menos dos lanchas con tres pescadores cada una, ambas lanchas van rodeando el cardumen con redes agalleras con luz de malla de 3.5 cm (malla extendida), las redes tienen aproximadamente dos metros de caída con

una longitud variable que va de los 100 a los 200 m. Las redes se van tendiendo en círculos concéntricos alrededor del cardumen, siendo posteriormente levantada del agua. Debido a la gran cantidad de individuos que son pescados de *B. marinus*, las redes se rompen con los bordes aserrados de las espinas dorsal y pectorales, quedando frecuentemente inservibles para ser empleadas nuevamente, esto da una idea del alto valor económico que tiene para los pescadores este tipo de pesca.

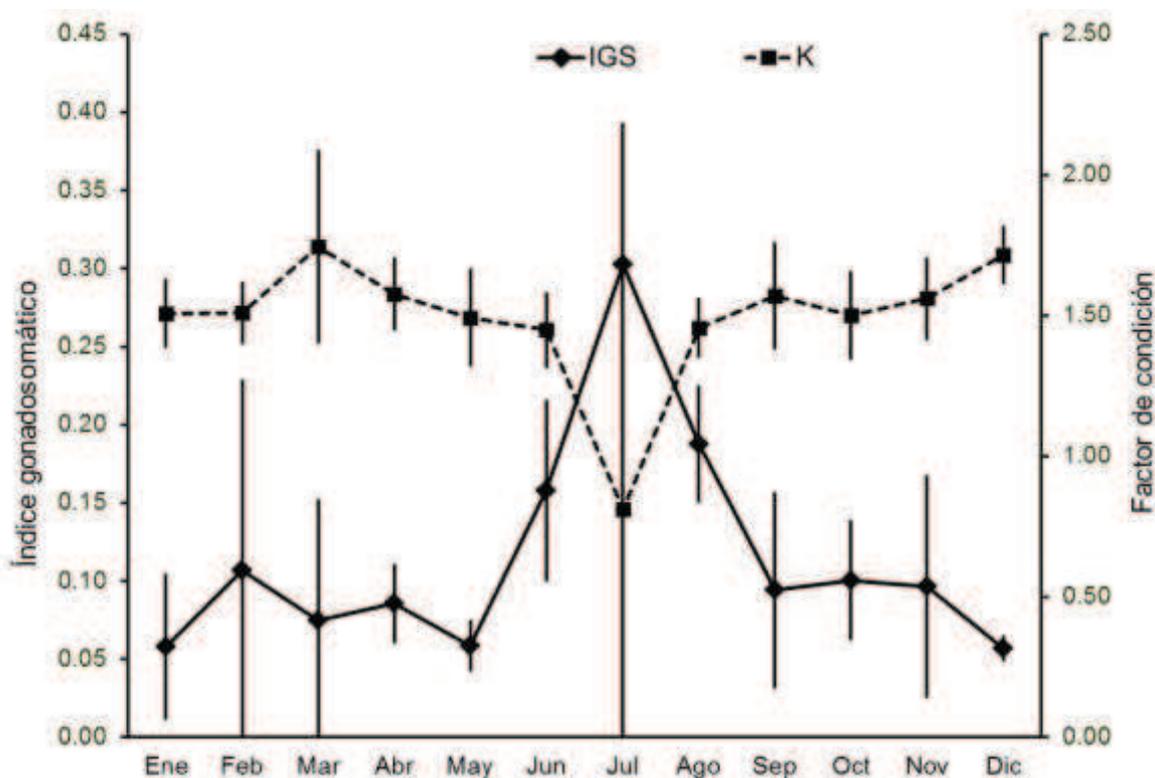
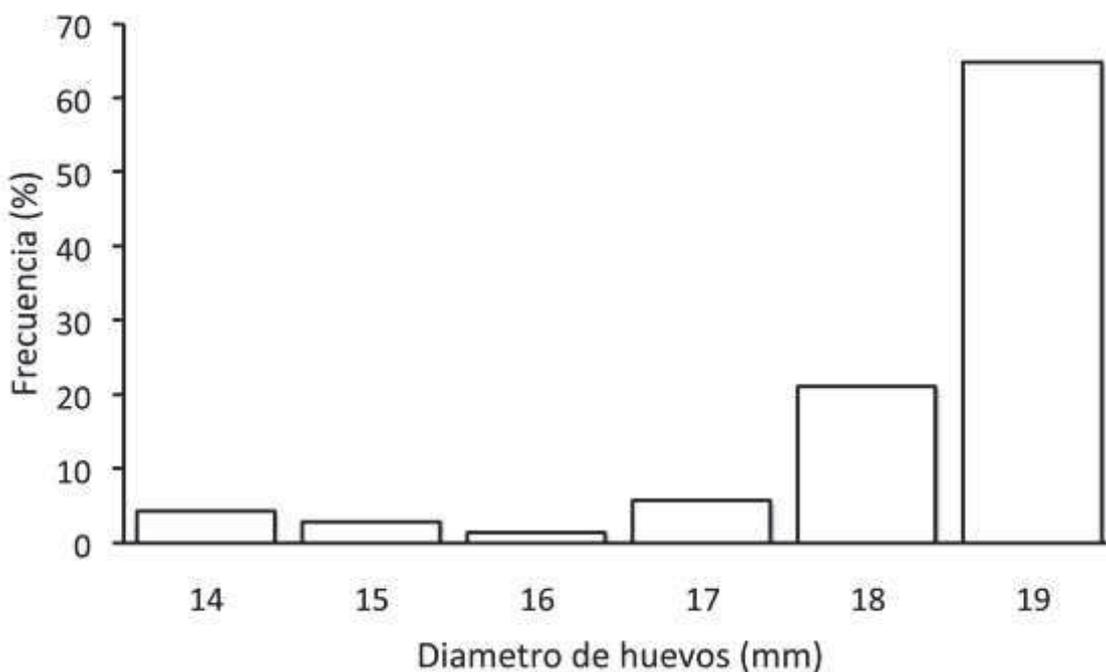


Figura 3. Índice gonadosomático (IGS) y factor de condición (K) mensual de los machos de *Bagre marinus* capturados por la flota palangrera de San Pedro, Centla, Tabasco, México.

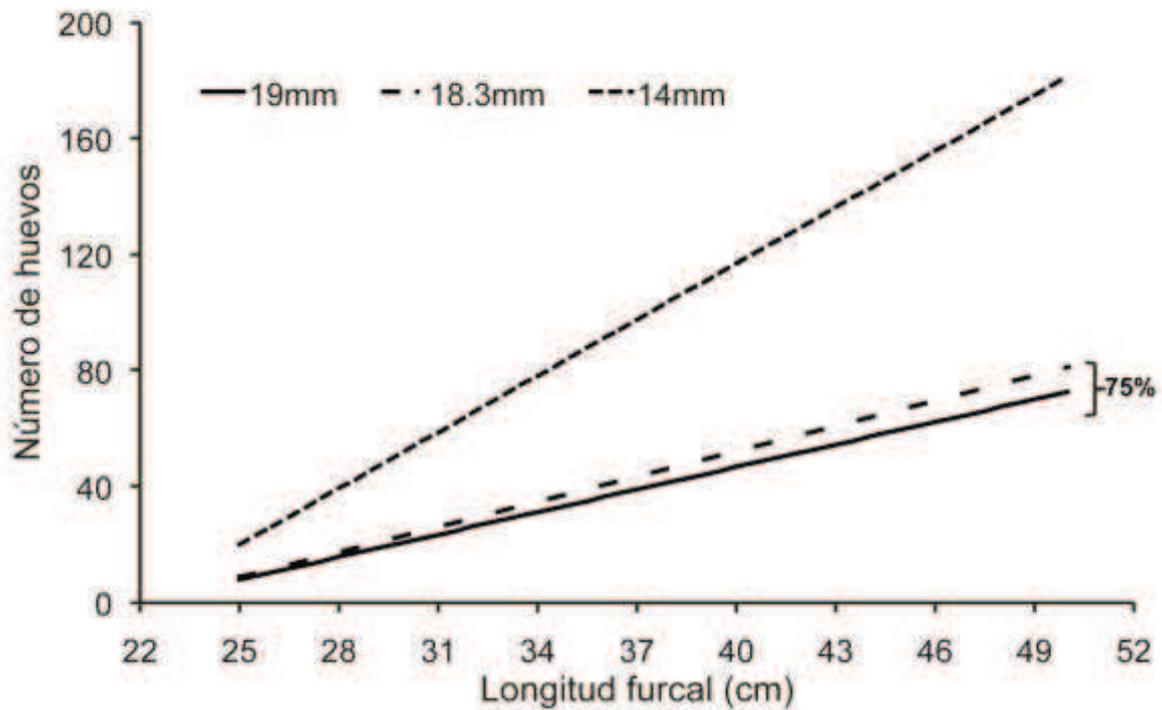
Debido al carácter clandestino de esta actividad solo fue posible obtener 13 bagres machos, de los cuales 10 ejemplares tuvieron huevos en la cavidad oral, 1 ejemplar con 2 pequeños juveniles de 67 y 66 mm de LF y 2 más liberaron los huevos debido al estrés durante la captura. El intervalo de las tallas de los machos incubadores muestreados fue de 28 a 37 cm LF, con un promedio de  $32 \pm 25.09$  cm LF. El mayor número de huevos encontrados en la cavidad orofaríngea de un individuo de 36 cm LF fue de 15. De acuerdo con el comportamiento de esta especie, se espera que el IGS de los machos incubadores decaiga durante este proceso, sin embargo este se mantuvo similar ( $0.23 \pm 0.42$ , en estadio de madurez II) al de individuos que no participaban en el proceso de incubación capturados por la flota palangrera. El diámetro de los huevos que estaban siendo incubados al momento de la captura osciló entre 14 a 19 mm. El diámetro más frecuente fue de 19mm (64.8 % del total) seguidos de los de 18mm  $\varnothing$  (21.1%) (Figura 4).



**Figura 4. Distribución de frecuencia de los diámetros de huevos encontrados en machos (13) incubadores de *Bagre marinus* capturados en la desembocadura del río Grijalva, Tabasco, México.**

El promedio de VCO calculado para los machos incubadores capturados, fue de  $106 \pm 29.01$  ml, pudiendo acarrear en este espacio  $30 \pm 7.6$  huevos de 19 mm  $\emptyset$  (volumen= 3.59 ml). El valor máximo de VCO observado fue de 154.19 ml en un individuo de 36 cm LF, pudiendo acarrear hasta 43 huevos de 19 cm  $\emptyset$ ; el VCO mínimo fue de 48.3 correspondiendo a un individuo de 28 cm LF, pudiendo acarrear hasta 14 huevos de 19 mm  $\emptyset$ .

La ecuación que explica la relación entre LF y VCO fue:  $LF = 0.6947 \text{ VCO} + 257.96$ ,  $r^2 = 0.6452$ ,  $P < 0.05$ . Con base en los diámetros más frecuentes (18.3 y 19mm  $\emptyset$ ) y el menor (14 mm  $\emptyset$ ) y sustituyendo el VCO por el número de huevos que pueden ocupar un determinado VCO pudieron ser generadas las rectas del modelo que explican la relación entre la LF y el número de huevos que un macho puede acarrear. Estas ecuaciones son: Número de huevos<sub>(19mm)</sub> =  $0.2587 \text{ LF} - 56.64$ ; Número de huevos<sub>(18mm)</sub> =  $0.5727 \text{ LF} - 125.38$  y Número de huevos<sub>(14 mm)</sub> =  $0.6465 \text{ LF} - 141.51$ , dado que en estas ecuaciones lo único que cambia es el diámetro de los huevos su coeficiente de correlación ( $r^2$ ) es el mismo que para la ecuación LF-VCO (Figura 5). Con base en la distribución de frecuencia de los tamaños de huevos la mayor probabilidad (75%) del número de huevos que puede acarrear un macho se encuentra entre las regresiones correspondientes a huevos de 18.3 a 19mm  $\emptyset$  (Figura 5).



**Figura 5. Relación entre el número de huevos que un macho de determinado tamaño (longitud furcal) de *Bagre marinus* puede acarrear.**

Con respecto a los parámetros fisicoquímicos, el agua presentó en promedio 4.33 D°mg/L de oxígeno disuelto, 8.43 de pH, a una temperatura 29°C, 48.69 ma/cm de conductividad, 32 ppm de salinidad y 107mm de transparencia.

De un total de 17 permisionarios y pescadores entrevistados coinciden en que las temporadas de avistamientos de los cardúmenes inician en el mes de julio y finalizan hasta octubre, siendo esto constante al menos desde el año 1995.

## Discusión

Uno de los principales hechos que se muestra en este estudio es la sincronía de los meses de los avistamientos de los cardúmenes de machos incubadores de *B. marinus* con sus valores máximos de IGS (junio-agosto) y cuando domina la presencia de estadios macroscópicos III (Maduración avanzada) y IV (Maduros) en hembras de *B. marinus* (Ramírez-Mosqueda & Segura-Bertolini, 2007). Esta sincronía ha sido reportada para las pesquerías de otras especies de Áridos del Atlántico centro occidental como en *Ariopsis felis* (Linnaeus, 1766), *Cathorops melanopus* (Günther, 1864), *Cathorops spixii* (Agassiz, 1829), *Ariopsis guatemalensis* (Günther, 1864), *Genidens barbatus* (Lacepède, 1803), *Genidens genidens* (Cuvier, 1829), *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766), *Aspitor luniscutis* (Valenciennes 1840), *Sciades Herzbergii* (Bloch, 1794) y en general la época de reproducción de casi todas las especies de bagres marinos coinciden con periodos de altas temperaturas y salinidades extendiéndose por periodos de dos hasta seis meses (Lee, 1937; Merriman, 1940; Gunter, 1947; Burns & Ramírez, 1990; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1976; González, 1983; Reis, 1986; Yáñez-Arancibia & Lara-Dominguez, 1988; Reyes & Fazlul, 1990; Burns & Ramirez, 1990; Gomes *et al.*, 1999; Barbieri *et al.*, 1992; Araújo, 2004; Fávaro, *et al.*, 2005; Mendoza-Carranza & Hernández-Franyutti, 2005; Chacón *et al.*, 1994).

Una vez fecundados los huevos, los embriones son llevados durante varias semanas después del nacimiento hasta la absorción completa del saco vitelino (Luengo, 1973; Palazón, *et al.*, 1994). En algunas especies el periodo de incubación puede durar de dos a tres meses (Mendoza-Carranza & Hernández-Franyutti, 2005). Durante el periodo de incubación los huevos llenan casi totalmente la cavidad bucal de los machos, razón por lo que no se alimentan y su estómago se encoge significativamente; conteniendo sólo una pequeña cantidad de mucus (Palazón *et al.* 1994; Mendoza-Carranza, 2003; Romero, 2006). Un rasgo observado para *B. marinus* en los meses próximos a la época de desove,

es la acumulación de grandes cantidades de grasa en los mesenterios, la cual, junto con los ovocitos no viables, les proporcionan reservas alimenticias necesarias para sobrevivir durante este periodo (Palazón *et al.* 1994).

Una importante diferencia a señalar es la talla mínima de madurez sexual de *B. marinus* observada en este estudio (22 cm de LF) la cual difiere ampliamente con machos de la misma especie distribuidos en las costas de Venezuela donde la talla mínima de madurez es determinada en 61cm y en el Caribe 60 cm LF (Cervigón, 1966, Palazón *et al.* 1994, Pérez, 1999). Dos posibles razones de esta discrepancia son que las condiciones particulares durante la extracción del recurso (distancia y profundidad) y diferencias en las artes de pesca utilizadas en la zona y la segunda y más probable es que estas diferencias pueden ser un reflejo de la activación del mecanismo regulatorio denso-dependiente en el stock o población en respuesta al incremento de la mortalidad debido a la presión de pesca a la que actualmente está sometida esta especie en las costas de Tabasco (Ricker, 1969; Winemiller & Rose, 1992, Rose, *et al.* 2001). Este tipo de regulación, es observado en especies que realizan migraciones para el evento reproductivo, presentan alta fidelidad a sitios de reproducción o forman asociaciones reproductivas, como en algunas familias de cíclidos y peces escorpión (Cottidae), muchos góbidos (Gobidae), algunos salmónidos (Rose, *et al.* 2001).

*Bagre marinus* es una especie con una estrategia de vida que tiende al equilibrio; la cual y de acuerdo a la teoría triangular del ciclo de vida se caracterizan por ser organismos que alcanzan un tamaño intermedio, producen un reducido número de grandes huevos e invierten importante cantidad de energía en la incubación oral de sus huevos y juveniles con un alta sobrevivencia de estos últimos (Winemiller & Rose, 1992; Mendoza-Carranza & Hernández-Franyutti 2005). Cabe mencionar el papel indispensable de los machos en el proceso de incubación ha sido documentado en otras especies de Áridos como *Notarius*

*bonillai* (Miles, 1945), en Colombia y *Genidens genidens* en Brasil (Barbieri, *et al.* 1992; Garcia, *et al.* 2006). Sin embargo, no han sido tomados en cuenta dentro de los modelos reproductivos de estas especies y menos en planes de manejo pesquero específicos para su protección durante el proceso reproductivo.

El cuidado parental aparentemente es más desarrollado en los trópicos tanto en peces de agua dulce (p.ej. cíclidos) y en zonas marinas costeras como en signatidos, góbidos todas estas, especies de porte pequeño que representan el estándar de este tipo de táctica (Winemiller, 1989; Winemiller & Dailey, 2002; Ortega-Salas & Reyes-Bustamante, 2006). Sin embargo, *B. marinus* por su talla corporal, así como por el tamaño de sus huevos representa una forma extrema de esta táctica (Winemiller & Rose, 1992) y de hecho, junto *Ariopsis felis* son las únicas dos especies marino-estuarinas de talla media que emplean esta táctica en la zona costera de Tabasco. Esta táctica ha permitido que estas especies aprovechen de forma exitosa los cambios estacionales que se dan en la zona estuarina, la cual es fuertemente influida por la cuenca más importante del país la Grijalva-Usumacinta (Mendoza-Carranza & Hernández-Franyutti, 2005).

A pesar de las ventajas de esta táctica para *B. marinus* reflejada en sus altos volúmenes de captura por la pesca marina costera de pequeña escala de Tabasco durante al menos las últimas dos décadas (SAGARPA-CONAPESCA, 2010) A mediano y largo plazo es posible que esta táctica no pueda ser suficiente para compensar la alta mortalidad poblacional producto específicamente de la pesca que año tras año se ha venido realizando sobre los cardúmenes de machos incubadores. Esta práctica actúa sobre los individuos machos de mayores tallas y mayor potencial reproductivo (Coates, 1988; Barbieri, *et al.* 1992); lo cual a su vez y como se explica más arriba activa los mecanismos denso-dependientes generando presión sobre individuos de menores tallas para que maduren y cubran esta función (Venturelli, *et al.*, 2009). Concomitantemente con la pérdida de machos reproductores, se

pierden también grandes cantidades de huevos ya fertilizados incubados por estos mismos, lo cual representa una enorme pérdida de nuevos reclutas a las poblaciones adultas (Chaves, 1994; Lowerre-Barbieri, 2003; García *et al.* 2006;).

Dentro de las medidas de manejo para regular la pesca de *B. marinus*, la Carta Nacional Pesquera (SAGARPA, 2010) basada en la vulnerabilidad durante su periodo de reproducción y disminución progresiva de los volúmenes de captura de esta especie propone un periodo de veda (junio-agosto) pero no precisa sobre qué tipo de pesca (palangre o cerco). Para dimensionar el efecto de la pesca con red cerco, se puede afirmar que por cada tonelada capturada de *B. marinus* (cantidad reportada por entrevistas para un lance con red cerco) están siendo extraídos aproximadamente 3330 individuos machos (LF promedio de 33.5cm con un peso total promedio de 0.30 Kg.) de los cuales cada uno en promedio incuba de 30-40 huevos, lo que da una pérdida total de huevos de entre 100,000 y 133,300, esto sin contar que este tipo de pesca predatoria se extiende durante toda la época de migración de estos cardúmenes hacia el interior del río Grijalva y sin contar que muchos de los machos que logran escapar del cerco probablemente liberen los huevos por causa del estrés.

Como conclusión general *B. marinus* presenta una táctica específicamente beneficiosa para incrementar la sobrevivencia de sus crías, teniendo una participación activa y fundamental de los machos protegiendo a huevos y crías a través del proceso de incubación oral. El éxito de su estrategia reproductiva ha permitido que a lo largo del tiempo esta especie sea la más abundante en las capturas de la flota palangrera marina costera de pequeña escala de la costa de Tabasco. Sin embargo esa misma estrategia ha tornado que esta especie sea altamente susceptible a la depredación de los cardúmenes de machos incubadores, lo cual a lo largo del tiempo es probable que haya incidido en las actuales caídas de sus tasas de captura (Mendoza-Carranza *et al.*, en prensa). Por lo anterior son urgentes las medidas

de manejo y especialmente la prohibición absoluta de la pesca de cerco sobre los cardúmenes de machos incubadores.

## **Agradecimientos**

Agradecemos a Juan Juárez y a los pescadores de San Pedro y la Barra Bosque, Centla, Tabasco por su apoyo en la obtención de las muestras y experiencias compartidas. Al CONACYT por la beca otorgada y al Gobierno del Estado de Tabasco a través de la SEDAFOP por el apoyo financiero para la realización del proyecto.

## **Referencias**

Acero, P. A. 2003. Siluriformes: Catfishes In: M. Hutchins, D. A. Thoney, P. V. Loiselle & N. Schlager (Eds.). *Grzimek's Animal Life Encyclopedia*. Vol. 4, Fishes I. Gale Group, Farmington Hills, EE. UU, 351-367 p.

Acero, P. A., R. R. Betancur, A. F., Polanco & N. Chaparro. 2005. Diferenciación temprana a nivel óseo en dos géneros de bagres marinos (Pisces: Ariidae) del Caribe. Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales 163: 37-43.

Barbieri, R. L., P. R. Dos Santos & V. J. Andreatta. 1992. Reproductive biology of the marine catfish, *Genidens genidens* (Siluriformes, Ariidae) in the Jacarepaguá Lagoon system, Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Biology of Fishes* 35: 23-35.

Burns, R. J. & A. M. Ramírez. 1990. Annual pattern of reproduction of the bagre, *Arius guatemalensis* (Pisces: Ariidae), in El Salvador. *Revista de Biología Tropical*. 38 (2): 487-490.

Caso, I., M. Pisanty & E. Ezcurra. 2004. *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*, Vol. I. Instituto Nacional de Ecología. INE-SEMARNAT (Eds.) México. 626 p.

Cervigón, F. 1966. *Los peces marinos de Venezuela*. Estación de Investigaciones Marinas de Margarita. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Tomo II. (Eds.) Sucre Caracas, Venezuela. 949 p.

- Chacon, J.O., M.I.M. Alves & M.S.C. de Mesquita. 1994. Alguns aspectos da reprodução do bagre branco, *Selenapsis herzbergii* (Bloch 1794), Pisces: Ostariophysi, Siluriformes, Ariidae. *Boletim Técnico. DNOCS* 47: 43-78.
- Chaves, P. de T. C. 1994. A incubação de ovos e larvas em *Genidens genidens* (Valenciennes) (Siluriformes, Ariidae) da baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. *Revista brasileira de Zoologia* 11 (4): 641-648.
- Coates, D. 1988. Length-depend changes in egg size in fecundity in females, and brooded embryo size in males of fork-tailed catfishes (Pisces: Ariidae) from the Sepik River, Papua New Guinea with some implications for stock assessments. *Journal of Fishes Biology* 33: 455-464.
- Fávaro, F. L., A. F. Frehse, N. R. De Oliveira & R. Jr. Swuarz. 2005. Reprodução do bagre amarelo, *Cathorops spixii* (Agassiz) (Siluriformes, Ariidae), da Baía Pinheiros, região estuarina do litoral do Paraná, Brasil. *Revista brasileira de Zoologia* 22: 1022-1029.
- Garcia, A. M., J. P. Vieira & M. D. M. Burns. 2006, *Genidens genidens* (Cuvier) (Pisces, Ariidae), oral incubation of eggs. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 1 (2): 1.
- Gomes, I. D., F. G. Araújo, M. C. de C. Azevedo & A. L. M. Pessanha, 1999. Biologia reproductiva dos bagres marinhos *Genidens genidens* (Valenciennes) e *Cathorops spixii* (Agassiz) (Siluriformes, Ariidae), na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 16: 171-180.
- Gomes, I. D. & F. G. Araújo. 2004. Reproductive biology of two marine catfishes (Siluriformes, Ariidae) in the Sepetiba Bay, Brazil. *Revista de Biología Tropical* 52 (1): 143-156.
- Gudger, E. W. 1919. The ovary of *Felichthys felis*, the gaff-topsail catfish: its structure and function. Department of Marine Biology. Carnegie Institution of Washington. 13: 111-128.

- Gunter, G. 1947. Observations on Breeding of the Marine Catfish, *Galeichthys felis* (Linnaeus). *Copeia* 4:217-223.
- Kamler, E. 2006. Parent-egg-progeny relationships in teleost fishes: an energetics perspective. *Reviews in fish biology and fisheries* 15: 399-421.
- Lara-Lara, J. R., F. V. Arenas, G. C. Bazán, C. V. Díaz, B. E. Escobar, A. M. de la C. García, C. G. Gaxiola, J. G. Robles, A. R. Sosa, G. L. A. Soto & G. M. Tapia, J. E. Valdez-Holguín. 2008. Los Ecosistemas marinos. In "*Capital Natural de México*", Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO (Eds.). México, 135-159 p.
- Lee, G. 1937. Oral gestation in the marine six-whiskered catfish *Galeichthys felis*. *Anatomical Records. Copeia* 1:49-56.
- Lowerre-Barbieri, S. K., F.E. Vose, & J. A. Whittington. 2003. Catch-and release fishing on a spawning aggregation of common snook: does it affect reproductive output. *Transactions of the America Fisheries Society* 132:940-952.
- Luengo, J. A. 1973. Apuntes sobre la reproducción de algunos bagres marinos. *Bulletin Zoologisch Museum Universiteit van Amsterdam* 3(8):47-51.
- Mendoza-Carranza, M. Romero-Rodríguez, A. Segura-Bertolini, E., Ramírez-Mosqueda, E. & Arévalo-Frías, W. (en prensa). El bagre bandera *Bagre marinus* como especie clave de la pesca marina de pequeña escala en la costa de Tabasco. En: Recursos acuáticos costeros del sureste: Tendencias actuales in investigación y estado del arte.
- Mendoza-Carranza, M. & A. Hernández-Franyutti. 2005. Annual reproductive cycle of gafftopsail catfish, *Bagre marinus* (Ariidae) in a tropical coastal environment in the Gulf of Mexico. *Hidrobiológica* 15(3): 275-282.
- Mendoza-Carranza, M. 2003. The feeding habits of gafftopsail catfish *Bagre marinus* (Ariidae) in Paraiso Coast, Tabasco, México. *Hidrobiológica* 13 (2): 119-126.

- Merriman, D. 1940. Morphological and embryological studies on two species of marine catfish, *Bagre marinus* and *Galeichthys felis*. *Zoologica* 25 (13): 221-28.
- Ortega-Salas, A. A. & H. Reyes-Bustamante. 2006. Fecundity, Survival, and Growth of the Seahorse *Hippocampus ingens* (Pisces: Syngathidae) Under Semi-controlled Conditions. *Revista de Biología Tropical* 54 (4): 1099-1102.
- Murua, H. & Saborido-Rey. 2003. Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 33: 23-31.
- Palazón, F. J. L., R. J. León, F. E. Gómez & J. Bolaños. 1994. Reproducción del bagre Cacumo, *Bagre marinus* (Mitchil, 1815) (Pices: Ariidae) de la costa sur de Margarita, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente* 33 (1 & 2): 19-27.
- Pérez, M. M. 1999. Biología Pesquera y Aspectos Ecológicos de la Ictiofauna más Importante de la Cuenca de Laguna de Perlas en la Región Autónoma del Atlántico Sur (R.A.A.S.) de Nicaragua. Nicaragua. 142 pp.
- Ramírez-Mosqueda, E. & E. C. Segura-Bertolini. 2007. Aspectos reproductivos el Bagre bandera *Bagre marinus* (Pisces: Ariidae) en la costa de Centla y Paraíso Tabasco, México. Tesis de Licenciatura. División Académica de Ciencias Biológicas. UJAT. 81p.
- Reis, E. G. 1986. Reproduction and feeding habits of the marine catfish *Netuma barba* (Siluriformes, Ariidae) in the estuary of Lagoa dos Patos, Brazil. *Atlântica, Rio Grande* 8, 35-55.
- Reyes, A. O. & M. H. Fazlul. 1990. Algunos aspectos reproductivos del bagre rayado, *Pseudoplatystoma fasciatum* Linnaeus, 1776 (Pisces: Pimelodidae) en la Laguna Grande, Maturin, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente* 29:133-140.

Ricker, W. E. 1969. Effects of size-selective mortality and sampling bias on estimates of growth, mortality, production, and yield. *Journal Fisheries Research Board Canadian* 26: 479-541.

Romero, R. A. 2006. La dieta la bandera (*Bagre marinus* Mitchill, 1815) proveniente de la pesca artesanal en la costa de Tabasco, México. Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural. Unidad Villahermosa, ECOSUR. Villahermosa, Tabasco, México. 26 p.

Rose, K. A., J. H. Cowan Jr., K. O. Winemiller, R. A. Myers & R. Hilborn. 2001. Compensatory density in fish populations: importance, controversy, understanding and prognosis. *Fish and Fisheries* 2: 293-327.

SAGARPA-CONAPESCA. 2010. Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Mazatlán. 285 p. También disponible en la página web: <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx>

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGARPA), Carta Nacional Pesquera, 2010, disponible en línea en: [http://conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona\\_carta\\_nacional\\_pesquera\\_](http://conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_carta_nacional_pesquera_) (consultado el 28 de agosto 2011)

Trippel, E. A. 2003. Estimation of male reproductive success of marine fishes. *Journal of Northwest Atlantic Science* 33: 81-113.

Vazzoler, A. E. A. de M. 1996. *Biología de reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. EDUEM. São Paulo. SBI. 169 p.

Venturelli, Paul. A., A. M. Cheryl, B. J. Shuter, T. A. Johnston, P. J. V. C. de Groot, P. T. Boag, J. M. Casselman, R. Montgomerie, M. D. Wiegand, & W. C. Leggett. 2009. Maternal influences on population dynamics: evidence from an exploited freshwater fish. *Maternal*

influences on population dynamics: evidence from an exploited freshwater fish. *Ecology* 91:2003–2012.

Winemiller, K. O. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia* 81:225-241.

Winemiller, K. O., & W.H. Dailey. 2002. Life history strategies and population regulation: theory predicts consequences for supplemental stocking of tarpon. *Contributions Marine Sciences* 35:81–94.

Winemiller, K. O. & K. A. Rose. 1992. Patterns of life –history diversification in North American Fishes: implications for population regulation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49 (10): 2196-2218 p.

Yáñez-Arancibia, A. & A. L. Lara-Domínguez. 1988. Ecology of three sea catfishes (Ariidae) in a tropical coastal ecosystem-Southern Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series* 49: 215-230.

Yáñez-Arancibia, A.; J. Curiel-Gómez & V. L. De Yáñez. 1976. Prospección Biológica y Ecológica del Bagre Marino *Galeichthys caerulescens* (Gunther) en el sistema lagunas de Guerrero, México (PISCES: Ariidae). *Anales del Instituto de Ciencias Del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México* 3 (1): 125-180.