



Universidad Veracruzana

# UNIVERSIDAD VERACRUZANA

---

---

## INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS Y PESQUERÍAS

### MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS

Ciclo reproductivo de *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) en el suroeste del Golfo de México.

#### TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

**Maestro en ecología y pesquerías**

PRESENTA:

**Biólogo. Roberto Martín Cruz Castán**

COMITÉ TUTORAL:

Director de tesis

Dr. César Gabriel Meiners Mandujano

Co-Director de tesis

Dr. Sergio Curiel Ramírez Gutiérrez

Asesores

Dra. Patricia Arceo Briseño

Dr. Virgilio Arenas Fuentes

M.C. Elizabeth Romero Hernández



Universidad Veracruzana  
Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías  
Posgrado en Ecología y Pesquerías

**C. BIOL. ROBERTO MARTIN CRUZ CASTÁN**  
**ESTUDIANTE DE LA MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS**  
**UNIVERSIDAD VERACRUZANA**  
**P R E S E N T E**

Calle Independencia  
No. 30 (antes 38)  
Piso 1 y 2  
Colonia Centro,  
CP 94290,  
Boca del Río,  
Veracruz,  
México

**Teléfono**  
(229) 202 28 28

Habiendo sido debidamente revisado y aceptado el trabajo escrito de su tesis denominada "Ciclo reproductivo de *Euthynnus alletteratus* en el suroeste del Golfo de México" por los integrantes de su comité tutorial y estando todos ellos de acuerdo que tanto el contenido como el formato de este trabajo es satisfactorio como prueba escrita para sustentar su examen final de posgrado de la MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS se le autoriza a usted proceda a su impresión.

Sin otro particular, me es grato reiterarle la seguridad de mi más distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"LIS DE VERACRUZ: ARTE, CIENCIA, LUZ"  
Boca del Río, Ver. Agosto 23 del 2013

  
**Dra. María de Lourdes Jiménez Badillo**  
Directora

## **DEDICATORIA.**

Este logro va dedicado totalmente y con mucho cariño a mi familia (mi madre Mercedes, mi padre Martín y mi carnalito Arturo), quienes me han enseñado que a pesar de las tempestades hay que salir siempre a tirar la red, gracias por todo su apoyo, por enseñarme a no darme por vencido, por enseñarme que valor no es igual a precio, que hay que trabajar duro y siempre por el camino de la rectitud, que las grandes recompensas implican grandes sacrificios y mucho trabajo, que los errores son solo oportunidades para mejorar y lo más importante que la grandeza de un hombre se mide siempre en su calidad humana.



Y por supuesto también con mucho cariño a mi prometida Ana, por subir y acompañarme en este viaje, en este barco, en el momento donde más necesitaba una gran compañera de aventuras, donde necesitaba alguien con quien contar en los buenos y malos momentos, con quien compartir logros y fracasos, gracias por ser ese pilar de soporte cuando todo se veía complicado, por confiar en mí y alentarme siempre a seguir mis sueños y mi camino a pesar de las dificultades que se presenten, gracias por ser mi equipo!

**Este logro va dedicado a ustedes!**

## **AGRADECIMIENTOS.**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca nacional otorgada para poder dedicarme de tiempo completo a mi preparación y la beca mixta para poder realizar una estancia de investigación en el extranjero.

Al Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías (ICIMAP) de la Universidad Veracruzana (UV), por haberme dado todos los apoyos necesarios en mi formación, gracias a esta maravillosa casa de estudios por haberme permitido ser parte de su programa de maestría.

A mis directores, a mi director el Dr. Cesar Gabriel Meiners Mandujano y a mi Co-director el Dr. Sergio Curiel Ramírez Gutiérrez por sus grandes enseñanzas, por sus asesorías constantes y paciencia, muchísimas gracias docs!

Al resto de mi comité, Dra. Patricia Arceo Briseño, Dr. Virgilio Arenas Fuentes y M.C. Elizabeth Romero Hernández, por sus valiosas aportaciones, sugerencias y críticas constructivas que permitieron afinar este trabajo.

Agradezco también al Dr. Jesús Montoya por sus valiosas aportaciones y por enseñarme a redactar, muchísimas gracias, sus enseñanzas fueron fundamentales.

A toda la comunidad del ICIMAP, gracias por hacer esta estancia agradable. Agradecimiento especial al B.M Otilio Avendaño Álvarez y a la Biol. Mayra Vázquez Luna, fue un honor compartir mi aprendizaje dentro y fuera del aula a su lado, gracias por su amistad.

Al Instituto Tecnológico de Boca del Rio, por permitirme utilizar su laboratorio de histología y a Magnolia técnico encargada, quien me capacito en el uso de los equipos de laboratorio.

Al Instituto Español de Oceanografía (IEO) – Centro Oceanográfico de Málaga (COM), por aceptarme en la estancia de investigación, en especial gracias al equipo de tñidos, que desde el primer día me brindaron su confianza y amistad, gracias Dr. David, gracias Maco, Salva, Josexiu, Enrique, Adrian, José Carlos, Juan, personal administrativo y de intendencia gracias por su amabilidad y atenciones en esos días por Fuengirola.

## **Resumen.**

La presente investigación se realizó para conocer y describir el ciclo reproductivo de *Euthynnus alletteratus* que se captura en el suroeste del Golfo de México. El conocimiento de los aspectos biológicos básicos permitirá establecer criterios que contribuyan a mejorar el aprovechamiento de los recursos pesqueros. Para esta investigación se realizaron colectas a mensuales a pie de playa en la comunidad de Antón Lizardo, municipio de Alvarado, Veracruz. Se colectaron y muestrearon biológicamente un total de 931 organismos de *Euthynnus alletteratus* entre diciembre del 2009 y noviembre del 2012. Se determinó la estructura de tallas y el sex ratio. Paralelamente se procesaron histológicamente las gónadas obtenidas de diciembre 2011 a noviembre 2012 para analizar la variación temporal de los gametos maduros utilizando la técnica de estereología cuantitativa. Al mismo tiempo se analizó la variación temporal de los principales índices corporales: el índice gonadosomático (IGS), hepatosomático (IHSS) y nutricional (IN) y, todo esto se relacionó con la temperatura superficial del mar (TSM), para determinar la ventana térmica óptima de reproducción. Así mismo se estimó la edad y talla de primera madurez sexual. El intervalo de tallas estuvo fuertemente sesgado hacia los organismos de 36 cm a 40 cm de LF, posiblemente debido al arte de pesca utilizado principalmente (red agallera), mientras que el análisis de sex ratio mostró una proporción sexual 1:1, lo que sugiere una población con buen potencial reproductivo. El análisis estereológico mostró que los gametos en maduración y maduros se encuentran de manera predominante de abril hasta septiembre, lo que sugiere que es el periodo reproductivo, al cotejarlo con la variación del IGS se pudo observar que en el periodo reproductivo existe un desove prolongado de mayo a junio y otro en septiembre, también se pudo ver que el IN y el IHSS llevan la misma tendencia, lo cual indica que para llevar a cabo los desoves *E. alletteratus* relocaliza energía hacia las gónadas, sin embargo se reponen rápidamente para continuar la reproducción. Al relacionar la variación temporal del IGS y los gametos maduros con TSM se determinó una ventana térmica óptima de 24°C a 28°C. La talla de primera madurez a nivel poblacional se estimó en 34.42 cm longitud furcal (LF) que corresponde a una edad de dos años.

**Palabras clave:** *E. alletteratus*, reproducción, índice hepatosomático, índice gonadosomático, índice nutricional, estereología.

**Abstract.**

In order to study and describe the reproductive cycle of *Euthynnus alletteratus* caught in the southwest Gulf of Mexico, we performed monthly biological samplings to the *E. alletteratus* landings at community of Antón Lizardo, Veracruz (Mexico). A total of 931 individuals were collected between December 2009 and November 2012. The size structure and the sex ratio were determined. The gonads of both sexes were processed under protocol for histological staining with hematoxylin-eosin. The gonads from December 2011 to November 2012 were used to analyze the temporal variation of the sexual cells using stereology. As well as analyzing the temporal variation of the gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HI) and nutritional index (NI) in terms of the sea surface temperature (SST), to elucidate the Optimal Thermal Window (OTW) for reproductive process. The age and the size to the first sexual maturation were determined. The size structure was biased toward 36 cm to 40 cm fork length (LF) and the sex ratio 1:1, suggesting that is a population with an adequate reproductive potential. The stereological analysis showed that mature sexual cells were found in abundant number from April to September, suggesting that this is the reproductive timing. According to the GSI there are two spawning peaks, one from May to June, and the other in September. The NI and the HSI showed the same pattern, which means that *E. alletteratus* uses the energy of the gonads. From the OTW for the reproduction of *E. alletteratus* was 24°C to 28°C. The length at first sexual maturity was 34.42 cm LF, when the organisms are two years old.

**Key words:** *E. alletteratus*, reproduction, hepatosomatic index, gonadosomatic index, nutritional index, stereology.

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN. ....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. HIPÓTESIS.....	6
4. OBJETIVOS. ....	7
4.1 OBJETIVO GENERAL. ....	7
4.2 OBJETIVOS PARTICULARES.....	7
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	8
5.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	8
5.2 MUESTREO. ....	9
5.3 TOMA Y ANÁLISIS DE DATOS MORFOMÉTRICOS. ....	10
5.4 ESTRUCTURA DE TALLAS.....	10
5.5 ANÁLISIS DE ÍNDICES SOMÁTICOS. ....	10
5.6 TALLA Y EDAD DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL. ....	11
5.7 PROCESO HISTOLÓGICO.....	14
5.8 ANÁLISIS DE ESTEREOLOGÍA. ....	15
5.9 DATOS Y ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR. ....	18
5.10 ANÁLISIS DE TEMPERATURA vs ÍNDICES CORPORALES Y ANÁLISIS ESTEREOLÓGICOS.....	19
6. RESULTADOS.....	20
6.1 ESTRUCTURA DE TALLAS.....	21
6.2 ÍNDICES CORPORALES.....	25
6.3 TALLA Y EDAD DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL. ....	28
6.4 ANÁLISIS DE ESTEREOLOGÍA. ....	30
6.5 ASOCIACIÓN ENTRE LOS ÍNDICES CORPORALES Y LOS CAMBIOS EN EL TEJIDO GONÁDICO. ....	34
6.6 ASOCIACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR CON EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE <i>E. alletteratus</i> . ....	36
7. DISCUSIÓN. ....	39
8. CONCLUSIONES. ....	48

9. REFERENCIAS.....	49
10. ANEXOS FOTOGRÁFICOS. ....	63



## 1. INTRODUCCIÓN.

Se conoce con el nombre de atunes y especies afines a los organismos que pertenecen al suborden Scombroidei (Klawe, 1977; Collette y Nauen, 1983; Nakamura, 1985). Los atunes se dividen en 5 géneros los cuales son: *Thunnus*, *Euthynnus*, *Katsuwonus*, *Auxis* y *Allothunnus*, que a su vez se subdividen en 15 especies; las principales especies comerciales son el atún blanco (*T. alalunga*), el patudo (*T. obesus*), el atún rojo del Atlántico (*T. thynnus*), el atún aleta azul del Pacífico (*T. orientalis*), el atún rojo del sur (*T. maccoyii*) y el rabil (*T. albacares*). Los atunes no incluidos entre las principales especies comerciales son más neríticos (viven en masas de agua situadas por encima de la plataforma continental). Entre ellos se encuentran el atún aleta negra (*T. atlanticus*), el barrilete negro (*E. lineatus*), la bacoreta oriental (*E. affinis*), la bacoreta o bonito (*E. alletteratus*), la melvera (*A. rochei*) y la melva (*A. thazard*). (Majkowski, 2005).

Morfológicamente se distinguen por su cuerpo fusiforme el cual se va estrechando hacia la aleta caudal, además por poseer una serie de pequeñas aletas situadas detrás de la segunda aleta dorsal. Características distintivas de estas especies corresponden a sus hábitos migratorios además, de su distribución pelágica en zonas tropicales y subtropicales (Martínez *et al.*, 2007).

Particularmente el género *Euthynnus* alberga tres especies que son: *E. lineatus*, *E. affinis* y *E. alletteratus* (Goujon, 2103). *E. alletteratus*, es conocida en diferentes países como bacoreta, thonine o Little tunny (Cervigón *et al.*, 1992), y en la costa del Golfo de México, incluyendo el litoral veracruzano es conocida como bonito (Shook, 2008), y es esta especie sobre la cual se desarrolló el presente trabajo de investigación.

El bonito se distribuye en ambos lados del Océano Atlántico, inclusive Mar Mediterráneo, Golfo de México y Mar Caribe (Valeiras, 2006). Es un pez epipelágico y nerítico, es el más costero de los túnidos, es más abundante en donde la temperatura oscila entre los 24°C y 30°C del Atlántico Tropical (Chur, 1973).

Por otro lado la pesquería del bonito en México se encuentra soslayada por las pesquerías de atunes con mayor importancia comercial, como es el atún aleta amarilla, que constituye entre el

75 % y 90 % de la captura anual y el restante corresponde en conjunto a los atunes aleta azul, albacora, patudo y bonito (INAPESCA, 2006).

Es importante mencionar, que para establecer criterios que contribuyan a mejorar el aprovechamiento sustentable de los recursos pesqueros, es fundamental conocer aspectos biológicos básicos, tal es el caso de época de reproducción y la talla de primera madurez sexual, los cuales son imprescindibles para establecer esquemas y estrategias de manejo adecuados de los recursos, ya que estas investigaciones permiten regular las épocas de veda, tallas de captura e incluso determinar el tamaño de malla de redes (IIAP, 2010).

Por estas razones, la reproducción en peces es un proceso de gran interés, este proceso fisiológico marcado fuertemente por la estacionalidad, es el resultado de la información ambiental integrada por los peces y transmitida por hormonas a lo largo del eje pineal-cerebro-hipófisis-gónada, cuyo objetivo es que la reproducción se lleve a cabo en el momento más favorable y así, asegurar la supervivencia de la progenie (Muñoz, 2009).

Sin embargo, a pesar de que *Euthynnus. alletteratus* es una especie presente en la pesquería artesanal a lo largo de todo el año y con mayores capturas en verano, no se cuenta con investigaciones científicas sobre su biología reproductiva, inclusive a nivel histológico en el Golfo de México. A pesar de que su pesquería actualmente no es significativa, en un futuro podría constituirse como una pesquería emergente y con mayor importancia. Por lo anterior, nuestra pregunta de investigación sobre el comportamiento reproductivo del bonito bajo aspectos histológicos del tejido gonádico, nos permitirá contribuir en estos aspectos y establecer las bases biológicas necesarias para realizar un manejo sustentable del recurso.

## 2. ANTECEDENTES.

La mayoría de las investigaciones sobre *Euthynnus alletteratus* se han realizado en el Mar Mediterráneo y en su mayoría en costas Españolas. Debido a que en Europa y África este organismo es más apreciado para el consumo, existen mayor número de investigaciones biológicas básicas. Algunas de estas investigaciones dan cuenta del estudio de los aspectos biológicos (Macías *et al.*, 2006; Ghailen *et al.*, 2010), paralelamente se han realizado estudios sobre los hábitos alimenticios y ecología trófica (Manooch *et al.*, 1985; Campo, 2006; Bahou *et al.*, 2010), se encuentran también investigaciones sobre relación longitud-peso y de edad y crecimiento (Ghailen *et al.*, 2010; Valeiras *et al.*, 2008), así como estudios sobre su maduración sexual (Kahraman *et al.*, 2008).

En cuanto a las pesquerías, se cuenta con investigaciones sobre su distribución y abundancia (Hare *et al.*, 2001), investigaciones preliminares sobre los métodos de pesca y tallas (Kahraman, 2005), observaciones sobre índices de presencia en las capturas (Neves Dos Santos y García, 2006), variaciones ambientales, procesos biológicos y actividades humanas que afectan el reclutamiento (Fromentin y Restrepo, 2001; Boyce *et al.*, 2008) y más recientemente estudios sobre manejo sustentable para la pesquería de este recurso (Leolono *et al.*, 2012).

Por otra parte, en el Golfo de México existen estudios que abordan el crecimiento desde un punto de vista comparativo y relacionado con las espinas dorsales y vertebras (Johnson, 1983), mientras que otros estudios más recientes estudian la valoración de este recurso para un futuro aprovechamiento (Brooks, 2002). Es importante mencionar que debido a que el Golfo de México cuenta con un número importante de plataformas petroleras, y gran número de industrias, más recientemente se han realizado investigaciones sobre bioacumulación y distribución de larvas de esta especie en relación a plataformas petroleras (Adams, 2004; Lindquist *et al.*, 2004; Cai *et al.*, 2007).

Particularmente en las costas Mexicanas, son escasos los estudios sobre el bonito, destacando Cabrera *et al.* (2005), quienes señalaron aspectos pesqueros. Alcaraz-García (2012) abordó aspectos de edad, crecimiento y mortalidad, en tanto Bouchot-Alegria (2013) describió que el

bonito es un depredador especialista, cuya dieta principal se basa en la *Anchoa hepsetus*, además reportó que en abril se encuentra el mayor número de ítems en los estómagos, caso contrario para el mes de junio donde casi no se observan ítems dentro de los estómagos. En cuanto a la reproducción Meiners *et al.* (2010) señalaron, que con base en el análisis del índice gonadosomático, que el desove ocurre parcialmente a finales de abril hasta principios de septiembre y que hay una ventana térmica óptima de 24°C a 26°C, de igual manera encontraron que la talla de primera madurez sexual es a los 36.1cm LF.

De manera general, en cuanto a análisis histológicos en gónadas de atunes, se han realizado estudios sobre las características de la ovogénesis, la maduración y desove en *Katsuwonus pelamis* en la parte occidental de la zona ecuatorial del Océano Índico (Timohina y Romanov, 1996).

Ratty *et al.* (1990) realizaron estudios sobre el atún blanco (*Thunnus alalunga*) en el sur del océano pacífico, para determinar mediante análisis microscópicos la talla de primera madurez, así como una descripción detallada a nivel celular. Por otra parte Ortiz de Zárate *et al.* (2004) relacionaron los índices corporales, particularmente el índice gonadosomático con los cambios histológicos.

Por otra parte, para el atún aleta azul (*Thunnus thynnus*) destacan los trabajos de Corriero *et al.* (2003) realizados en el Mediterráneo en el que determinaron el ciclo ovárico para asociarlo a la época de desove. Paralelamente Santamaría *et al.* (2003) determinaron la época de desove analizando los cambios histológicos en los testículos.

Para el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), que es el túnido con mayor número de investigaciones debido a su importancia comercial. Itano (2000) encontró que la puesta en el centro y occidente del pacífico ocurre a los 26°C, mientras que en el oriente ocurre a los 22°C. Por otra parte, Schaefer (1998) reportó un pico máximo de desove a los 25°C. De igual manera se han realizado estudios sobre su fecundidad destacando el de Arocha *et al.* (2001) y sobre su desarrollo primario en cautiverio descrito por Margulies *et al.* (2007).

Particularmente para el género *Euthynnus*, Schaefer (1987) analizó para *E. lineatus* la relación entre, el índice gonadosomático y los cambios a nivel celular. En cuanto a *E. alletteratus* se conoce que el periodo de puesta ocurre de mayo a septiembre para el noreste del mar Mediterráneo, estimado con base en análisis del índice gonadosomático y del desarrollo de los ovocitos, en otras palabras, en condiciones templadas el comportamiento gonádico de maduración y puesta de células reproductivas de *E. alletteratus* ocurre en primavera y verano (Kahraman *et al.*, 2008).

Particularmente, en condiciones tropicales se desconoce el comportamiento reproductivo de esta especie, específicamente en el Golfo de México. Se sabe que la temperatura del mar juega un papel importante en la reproducción, por tal razón resultan relevantes nuestras preguntas de investigación sobre el comportamiento reproductivo del bonito en el litoral veracruzano en comparación de latitudes templadas acerca del ciclo reproductivo de *Euthynnus. alletteratus*, ¿En qué época del año ocurre el ciclo de diferenciación celular de los gametos y desove?, ¿Cuál es la talla de primera madurez sexual?, ¿Se presentarán cambios en el ciclo reproductivo asociados a la temperatura superficial que permitan señalar la ventana térmica óptima?, y ¿Se presentará asociación entre el comportamiento de índices somáticos y las etapas de desove y reposo en esta especie?

### **3. HIPÓTESIS.**

Si el comportamiento de los principales índices corporales, tejido gonádico y desove de *Euthynnus. alletteratus* están estrechamente relacionados con los cambios en la temperatura, entonces observaremos cambios tisulares en el desarrollo de las gónadas para las temporadas de secas y lluvias que marcarán el ciclo reproductivo.

## **4. OBJETIVOS.**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL.**

Determinar el ciclo reproductivo de *Euthynnus alletteratus* en el litoral veracruzano, Suroeste del Golfo de México.

### **4.2 OBJETIVOS PARTICULARES.**

1. Determinar la estructura de tallas de la población.
2. Definir la época reproductiva utilizando los principales índices corporales como el índice gonadosomático, índice hepatosomático e índice nutricional.
3. Señalar la talla de primera madurez sexual de *E. alletteratus*.
4. Señalar la edad de primera madurez sexual de *E. alletteratus*.
5. Analizar los cambios celulares en el tejido gonádico a lo largo del año con base a la técnica de estereología de componentes principales.
6. Asociar el índice gonadosomático con los cambios en el tejido gonádico.
7. Asociar la temperatura superficial del mar con el comportamiento reproductivo de *E. alletteratus*.

## **5. MATERIAL Y MÉTODOS.**

### **5.1 ÁREA DE ESTUDIO.**

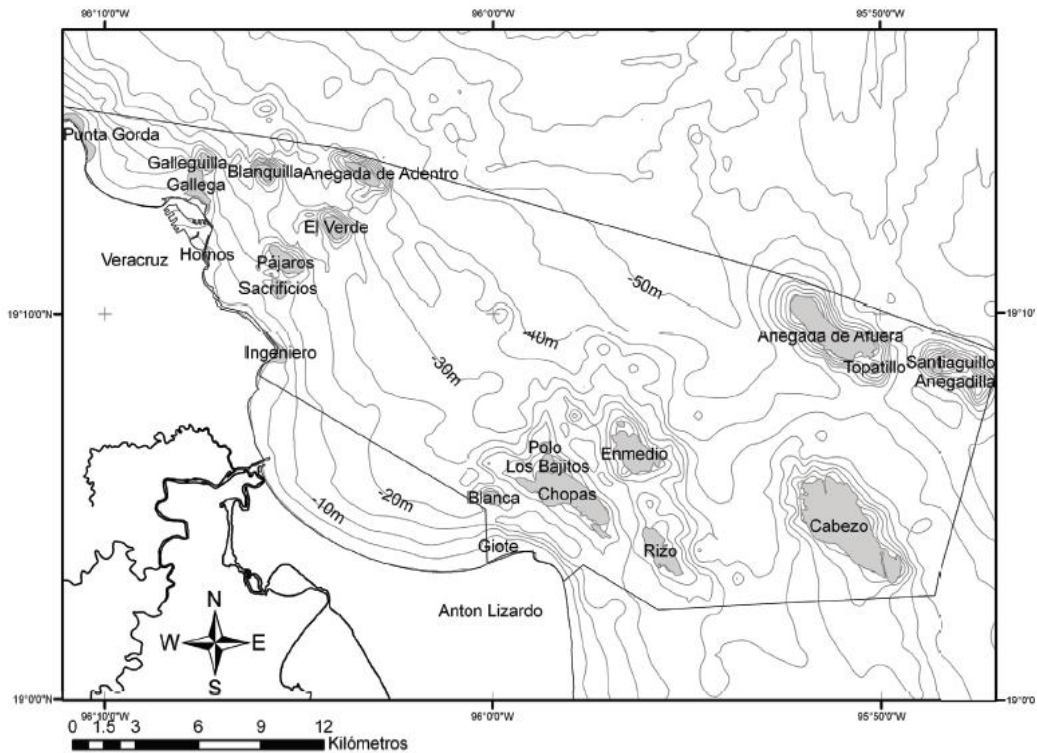
*Euthynnus alletteratus* fue capturado frente a las costas de la localidad de Antón Lizardo, perteneciente al municipio de Alvarado, en el estado de Veracruz, dentro del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) y áreas adyacentes (Imagen 1), en el suroeste del Golfo de México.

Una de las características importantes del PNSAV, es que se encuentra dividido de manera natural por el río Jamapa en dos grandes áreas arrecifales, una frente al puerto de Veracruz y la otra frente a la localidad de Antón Lizardo (Chávez, 2009).

El PNSAV representa uno de los esfuerzos más importantes para el manejo y conservación sustentable de los ecosistemas marinos en el Golfo de México (CONANP, 2011). Las 23 formaciones arrecifales que conforman esta área natural protegida (ANP) poseen importancia ecológica relevante, ya que funcionan como reservorio, puente y punto de diseminación de un gran número de especies de flora y fauna entre las zonas arrecifales del Mar Caribe y Florida (CONANP, 2011).

El PNSAV es un ecosistema sumamente frágil. La zona costera en la que se localiza cuenta con un importante desarrollo urbano y económico, sumado a esto destaca su población de más de 552, 156 habitantes (INEGI, 2010) quienes evidentemente ejercen fuertes presiones ambientales. Los problemas ambientales de mayor importancia de esta zona son: la destrucción del hábitat, la presencia de basura, descargas de aguas residuales sin tratamiento, la pesca, el turismo y las actividades portuarias (Ortiz-Lozano et al., 2005).





**Imagen 1.** Localización del área de estudio y polígono del PNSAV (tomado de Ortiz *et al.*, 2007).

## 5.2 MUESTREO.

Se colectaron organismos de *Euthynnus alletteratus* entre diciembre del 2009 a noviembre del 2012, las colectas se realizaron mensualmente. Los peces procedieron de las capturas que realizan los pescadores de Antón Lizardo, quienes utilizan diversos artes de pesca para su captura, como red agallera, líneas de mano o palangre, etc. Los organismos colectados fueron transportados en contenedores de plástico con hielo a las instalaciones del Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías (ICIMAP) de la Universidad Veracruzana (UV).

### **5.3 TOMA Y ANÁLISIS DE DATOS MORFOMÉTRICOS.**

A cada uno de los organismos se tomaron los principales datos morfométricos (longitud furcal y peso), con la ayuda de un ictiómetro convencional se obtuvo la longitud furcal y con un dinamómetro digital se registró el peso de los organismos, tanto entero como eviscerado.

Se registró para cada organismo el peso del hígado con cuerpos grasos y el peso de las gónadas con la ayuda de una balanza granataria digital.

### **5.4 ESTRUCTURA DE TALLAS.**

Para obtener la estructura de tallas los datos se agruparon en clases de tallas por intervalos de 5cm, esto de acuerdo a la longitud furcal. A partir de los datos agrupados se calculó el porcentaje de hembras total, por clase de talla y sus coeficientes de variación mediante bootstrap no paramétrico, para esto se considera el sexratio como el porcentaje de hembras sobre el total de machos y hembras.

Los análisis se realizaron con el software R, utilizando inbio 1.2 el cual es el software para la estimación de incertidumbre de parámetros biológicos que utiliza el Instituto Español de Oceanografía (Sampedro *et al.*, 2005).

### **5.5 ANÁLISIS DE ÍNDICES SOMÁTICOS.**

Se determinó el índice gonadosomático (IGS) y el índice hepatosomático (IHSS) de acuerdo a la relación del peso de la gónada y del hígado respecto al peso total de cada organismo, siguiendo los procedimientos propuestos Introzzi y De Introzzi (1986).

$$\text{IGS} = \frac{\text{Peso de la gónada}}{\text{Peso total} - \text{Peso de la gónada}} \times 100$$

$$\text{IHSS} = \frac{\text{Peso del hígado}}{\text{Peso total} - \text{Peso del hígado}} \times 100$$

También se determinó el índice de nutrición (IN), que fue obtenido por medio de una modificación al factor de condición o índice de Fulton (K), esta modificación propuesta por Nikolski, quien recomienda utilizar el peso eviscerado en lugar del peso total, con lo cual se evita el efecto del estado reproductivo de los organismos (Granado, 1996).

$$IN = \frac{\text{Peso eviscerado}}{\text{Longitud furcal}^3} \times 100$$

Los datos obtenidos fueron registrados para cada muestreo para tener un promedio mensual.

## **5.6 TALLA Y EDAD DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL.**

Se analizó la talla de primera madurez sexual (L 50) y edad de primera madurez sexual (E50) que corresponde a la proporción donde el 50% de los organismos se encuentran sexualmente maduros. Para establecerla se agruparon a los individuos maduros por clases de tallas, posteriormente los datos observados fueron ajustados a un modelo logístico (Sparre y Venema, 1997).

$$P = \frac{1}{1 + e^{a-b*Lt}}$$

Donde P es el porcentaje de individuos sexualmente maduros, *a* y *b* son constantes, Lt es la marca de clase del intervalo de la longitud total. Esta fórmula se describe mediante una transformación logarítmica de la siguiente manera:

$$\ln = (1/P - 1) = a - b * Lt$$

De forma que la talla en la que el 50% de los organismos se encuentran sexualmente maduros (L<sub>0.5</sub>) se obtiene de la siguiente manera:

$$L_{0.5} = a/b$$

Para establecer los estadios de madurez sexual, se observaron macroscópicamente las gónadas y utilizando la escala de madurez propuesta por Nikolsky 1963, citado por Gutiérrez (2012), se establecieron cuatro estadios (I: inmaduros, II: maduración incipiente y recuperación, III: madurando y IV: maduros), sin embargo para esta investigación se utilizaron cinco estadios adaptados a partir de Nikolsky, los cuales son: I: juvenil, II: maduración, III: maduración total, IV: post evacuado y V: reposo, para realizar estas escalas se utilizaron criterios cualitativos, basados principalmente en la forma, tamaño y color de las gónadas, en la tabla 1 se describen detalladamente las características particulares utilizadas para machos como para hembras en correspondencia a los estadios señalados por Nikolsky.

Este análisis se realizó también con el software R utilizando inbio 1.2, el cual calcula la talla y edad de primera madurez aplicando un Modelo General Lineal (GLM) con errores binomiales (regresión logística). Mediante bootstrap no paramétrico estima los coeficientes de variación de los parámetros de las funciones, de la talla y edad a la que el 50% de los organismos son maduros. Este análisis se realizó para machos y hembras de forma separada para obtener la L50 y E50 por sexos, de igual forma se realizó de forma combinada para saber la L50 y E50 poblacional.

**Tabla 1.** Características de los estadios de desarrollo o grado de madurez por inspección macroscópica.

<b>Nikolsky (1963)</b>	<b>Criterios en el presente estudio.</b>	<b>Machos</b>	<b>Hembras</b>
I: Inmaduros	I: Juvenil	Testículos filiformes	Ovario de reducido tamaño y translucido
II: Maduración incipiente / recuperación	II: Maduración*  *Organismo sexualmente maduro.	Testículos blanquecinos sin esperma que fluyera al tacto	Ovarios amarillos con ovocitos vitelados
III: Madurando			
IV: Maduros	III: Maduración total*  *Organismo sexualmente maduro.	Testículos blancos con abundante esperma	Ovarios con ovocitos vitelados hidratados (translúcidos)
	IV: Post evacuado*  *Organismo sexualmente maduro.	Testículos amarillentos con esperma residual	Ovarios amarillentos o rojizos con ovocitos residuales
	V: Reposo*  *Organismo sexualmente maduro.	Testículo de poco volumen, amarillentos sin esperma	Ovarios grisáceos con la túnica albugínea engrosada

## 5.7 PROCESO HISTOLÓGICO.

Se procesaron histológicamente solo las gónadas obtenidas de diciembre 2011 a noviembre 2012 y así establecer el comportamiento tisular de la gónada para el ciclo anual, y los datos obtenidos se agruparon por fecha de captura y así se calculó el promedio mensual.

Las gónadas fueron fijadas en la solución Davidson por espacio de 24 horas, siguiendo los criterios de la OIE (2006), la cual recomienda que las muestras no permanezcan más tiempo en el fijador, debido a que el ácido acético elimina los detalles del núcleo celular. El fijador permite que el tejido se endurezca lo suficiente para permitir una resistencia a las manipulaciones siguientes sin que se deforme (Estrada *et al.*, 1982). Después de las 24 horas en fijador, los tejidos fueron cambiados a conservante Davidson, el cual se encuentra libre de ácido acético, lo cual permite conservar el tejido por largos periodos de tiempo.

Posteriormente se obtuvieron fracciones de cada gónada, las cuales fueron colocadas en “histocassettes”, para llevar a cabo la deshidratación del tejido en el “histoquinete” donde las muestras pasarán dos veces por alcohol al 70%, dos veces por alcohol al 96%, 3 veces por alcohol al 100%, 3 veces por xileno y finalmente por parafina, en cada una de estas soluciones la muestra permanecerá una hora.

Una vez terminada la deshidratación, se procedió a la inclusión en parafina, donde la parafina ya penetró hasta los más interno de las estructuras celulares del tejido, de modo que para obtener bloques fáciles de manejar se utilizó parafina similar a la utilizada en el último paso del “histoquinete”, lo que permite orientar los tejidos para el corte de forma adecuada y así obtener cortes del plano que se requiera (Aguilar *et. al.*, 1996.).

Después de obtener los bloques de parafina, se realizaron cortes de 5  $\mu\text{m}$  de espesor, los cuales fueron teñidos con hematoxilina-eosina. La tinción se hizo a partir del tren de tinción del laboratorio de histología, Posgrado del Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA). Se estandarizó el tren de tinción para obtener el óptimo y así observar las estructuras celulares de los cortes histológicos de este túnido, esto debido a que el tren de tinción original no brindaba una tinción adecuada para esta especie. En la tabla 2 se señala el tren de tinción de H-E.

**Tabla 2.** Tren de tinción para la técnica de Hematoxilina-Eosina tomado del ITBOCA.

<b>Tren de tinción.</b>	<b>Tiempos originales del tren de tinción del ITBOCA.</b>	<b>Tiempos de tinción modificados.</b>
Xilol	3 minutos	3 minutos
Xilol	3 minutos	3 minutos
Xilol	3 minutos	3 minutos
OH 100	1 minuto	1 minuto
OH 100	1 minuto	1 minuto
OH 96	1 minuto	1 minuto
OH 10	1 minuto	1 minuto
H <sub>2</sub> O	3 segundos	3 segundos
Hematoxilina*	8 minutos	6 minutos
H <sub>2</sub> O	3 minutos	3 minutos
OH acido*	15 segundos	3 segundos
H <sub>2</sub> O*	3 minutos	3 segundos
H <sub>2</sub> O Destilada*	10 inmersiones	3 segundos
NH <sub>4</sub> OH*	2 minutos	3 segundos
H <sub>2</sub> O*	2 minutos	3 segundos
H <sub>2</sub> O Destilada	3 segundos	3 segundos
OH 96	1 minuto	1 minuto
Eosina alcohólica*	1 minuto	2 minutos
OH 96	1 minuto	1 minuto
OH 96	1 minuto	1 minuto
OH 100	1 minuto	1 minuto
OH 100	1 minuto	1 minuto
OH 100-Xilol	5 minutos	5 minutos
Xilol	5 minutos	5 minutos
Xilol	5 minutos	5 minutos

## 5.8 ANÁLISIS DE ESTEREOLOGÍA.

Para el análisis del tejido gonádico se empleó la técnica de estereología, que consiste en describir las principales estructuras del tejido gonádico y la proporción que ocupa cada tejido y entre sí (Figueras, 2007).

La técnica de estereología está basada en el principio de Delesse (1847), el cual establece que en una fracción de volumen o sección bidimensional particularmente de una roca o inclusive cualquier otro sólido compuesto (en este caso el tejido gonádico), la distribución de cada componente está relacionado de manera cuantitativa con su naturaleza tridimensional y su distribución en la estructura total (Briarty 1975). La fracción de volumen ( $V_V$ ) de los diversos componentes “i”, se puede estimar midiendo sobre secciones aleatorias las áreas relativas de sus perfiles, la expresión matemática para esto es  $A_{Ai}=V_{Vi}$ , la fracción del volumen del componente i ( $V_{Vi}$ ) se define como el volumen del componente i en la unidad de volumen del espacio de referencia, esto se estima mediante una retícula, la cual contiene una serie de puntos que pasan sobre los perfiles de los componentes i, es necesario para esto delimitar el espacio de observación y sus componentes, para esto se emplea la retícula de Weibele *et al.* (1966). En consecuencia la fracción de volumen de los componentes gonádicos que estudiamos los representamos como  $V_{GM}$ = fracción de volumen ocupada por los gametos maduros,  $V_{GI}$ = fracción de volumen ocupada por los gametos inmaduros,  $V_{TC}$ = fracción de volumen ocupada por tejido conectivo y finalmente  $V_{EIL}$  y  $V_{EIT}$ = fracción de volumen desocupada dentro de las lamelas y túbulos seminíferos respectivamente.

La diferenciación de las estructuras del tejido gonádico en hembras se realizó mediante la comparación entre gametos inmaduros y en maduración y/o maduros de acuerdo a su localización dentro de la lamela. En la lamela se lleva a cabo el desarrollo de los ovocitos (González *et al.*, 1979). Los gametos en estadios inmaduros fueron considerados como todos los que se encontraban en crecimiento primario, es decir pegados a la pared o cubierta lamelar, que además se encontraban en fases nucléolo-cromatina y estado peri-nuclear, mientras que los gametos en maduración y/o maduros fueron aquellos separados de dicha pared, además que se encontraban en las fases de alveolos corticales, vitelogénesis, núcleo migratorio y atresia, este criterio se tomó en base a las observaciones que se hicieron. Se decidió también incluir en los análisis a los espacios intralamelares, los cuales, fueron considerados como los espacios que hay dentro de las lamelas, finalmente la última estructura de tejido a considerar para análisis estereológicos fue el tejido conectivo, que es el tejido soporte donde se encuentran todas las demás estructuras, es decir es todo el tejido que se encuentra fuera de las lamelas.



Por otra parte para las gónadas de machos, se consideraron gametos inmaduros a las espermatogonias y espermtocitos que se encontraban en túbulos seminíferos en formación o desarrollo, y como gametos en maduración y maduros a las espermátidas y espermatozoides los cuales se distinguen fácilmente por su forma, tamaño y ubicación dentro del túbulo seminífero, además que estos se encuentran más cercanos al lumen. Los espacios intratubulares fueron los espacios que hay dentro de los túbulos seminíferos y para la distinción del tejido conectivo se utilizó el mismo criterio que para las hembras.

Para analogar el desarrollo de los tejidos entre hembras y machos se presenta la tabla no. 3

**Tabla 3.** Principales componentes de las gónadas de *E. alletteratus*.

<b>Hembras.</b>	<b>Machos.</b>
Gametos en maduración y maduros (GM).	Gametos en maduración y maduros (GM).
Gametos inmaduros (GI).	Gametos inmaduros (GI).
Espacios intralamelares (EIL).	Espacios intratubulares (EIT).
Tejido Conectivo (TC).	Tejido Conectivo (TC).

Con ayuda del microscopio compuesto de una retícula de weibel dentro de uno de sus oculares y bajo el objetivo de 40X, se identificaron y contaron los componentes de las gónadas que quedaron bajo los extremos de cada uno de los 21 segmentos con los que cuenta la retícula de weibel, teniendo un total de 42 puntos de muestreo. Este procedimiento se repitió 5 veces (En total 210 puntos de muestreo) de manera aleatoria en cada corte histológico de gónada de cada organismo, por último se suman las apariciones de cada uno de los componentes de la gónada y se expresan la proporción como fracción de volumen ( $V_v$ ) del posible total (%), de la siguiente forma:

$$\%V_v = \frac{\sum Xi}{210} (100)$$

Una representación muy clara del ciclo gonádico y del tejido de reserva, se obtiene mediante los índices gonádico (IG) y somático (IS) (Ferrán, 1991), que no son más que la suma de las fracciones de volumen ocupadas por gametos maduros y en desarrollo en el primer caso y por las células vesiculares del tejido conectivo en el segundo caso, en ambos casos el total se expresa en porcentaje:

$$IG = V_{GM} + V_{GD}$$

$$IS = V_{TC}$$

Independiente de que la representación gráfica de la fluctuación de las fracciones del volumen de los componentes de la gónada permiten inferir la ocurrencia de la gametogénesis, la emisión de gametos y los procesos de acumulación de reserva, un aumento en el índice gonádico denota la ocurrencia de la gametogénesis y un aumento en el índice somático denota la acumulación de energía de reserva.

Con los datos obtenidos se procedió a calcular el valor mensual que corresponde a la media mensual.

## **5.9 DATOS Y ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR.**

Los datos de la temperatura superficial del mar (TSM) provinieron de mediciones de satélite, para esto se utilizó la interfaz para la visualización y análisis de datos de percepción remota llamada Giovanni, esta interfaz está a cargo del centro de servicios Goddard, que brinda información y datos relacionados con las ciencias de la tierra, todo esto se encuentra a cargo de la NASA.

Se construyó una serie temporal mensual del promedio de la TSM de diciembre del 2009 a noviembre del 2012, calculado en un polígono que abarcó el PNSAV y áreas adyacentes.

## **5.10 ANÁLISIS DE TEMPERATURA vs ÍNDICES CORPORALES Y ANÁLISIS ESTEREOLÓGICOS.**

Los datos de la variación mensual de la temperatura, los índices corporales y los resultados de estereología cuantitativa, fueron analizados gráficamente para ver su variación temporal y mensual.

Primero se cotejó la variación temporal de los índices corporales, la temperatura y el análisis estereológico. Posteriormente se realizaron gráficos de dispersión para ver la relación entre los índices corporales. Se prosiguió a realizar gráficos sobre los datos obtenidos mediante el análisis de estereología, con el fin de ver los cambios en el tejido gonádico a través del tiempo. A todo esto se le relacionó con la temperatura superficial del mar para poder determinar la ventana térmica óptima, la cual es la temperatura ideal que dará origen a la activación hormonal necesaria para comenzar el desarrollo de los ovocitos.

## 6. RESULTADOS.

Se colectaron un total de 961 organismos a pie de playa en las cooperativas pesqueras de Antón Lizardo, municipio de Alvarado, Veracruz, con una longitud furcal (LF) promedio de 41.68 cm  $\pm$  7.52 cm y un peso promedio de 1196.48 g  $\pm$  861.37 g.

El total de machos fue de 455 organismos, presentando una longitud furcal promedio de 41.48 cm  $\pm$  7.98 cm, pesando en promedio 1209.09 g  $\pm$  996.57 g. El organismo de menor longitud presento 28.5 cm LF con un peso de 360g. Por el contrario el organismo de mayor tamaño presento 80.7 cm LF con un peso de 8560 g.

En cuanto a las hembras se colectaron un total de 480, las cuales en promedio cuentan con una longitud furcal de 41.96 cm  $\pm$  7.05 cm, presentando un peso promedio de 1195.02 g  $\pm$  730.56 g. Dentro del grupo de las hembras, el organismo más pequeño midió 28.2 cm LF con un peso de 340 g, mientras que la más grande midió 68.1cm LF y peso 4330 g.

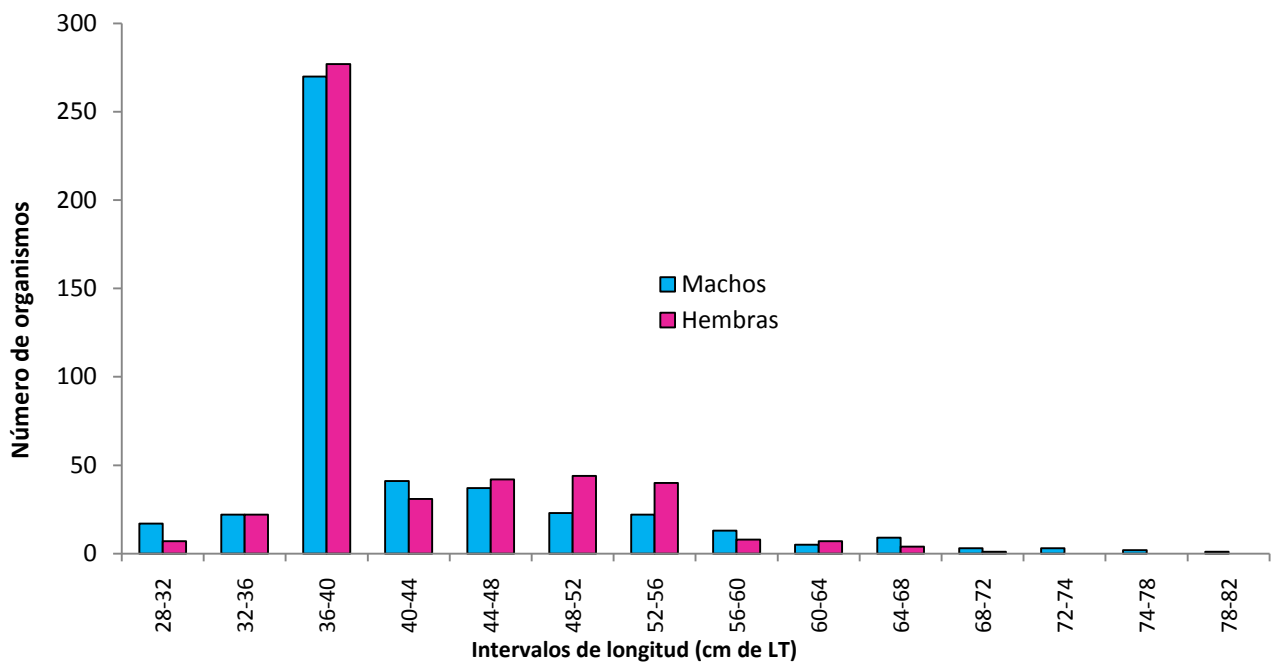
Por otra parte se colectaron 26 organismos a los que no fue posible determinar su sexo, presentando una longitud furcal promedio de 40.02 cm  $\pm$  7.87 cm, con un peso promedio de 1003.07 g  $\pm$  435.68 g. De este grupo, el organismo más pequeño midió 28.9 cm LF con un peso de 350 g, mientras que el registró del más grande fue de 52.0 cm pesando 1840 g.

Para análisis histológicos se procesaron en total 176 gónadas, de las cuales se analizaron bajo microscopio 164, que corresponden al periodo de diciembre del 2011 a noviembre del 2012, de los cuales fueron 57 machos, 95 hembras y 12 organismos indeterminados. Se observaron las proporciones entre las estructuras internas de ovarios y testículos, las cuales se describen más adelante.

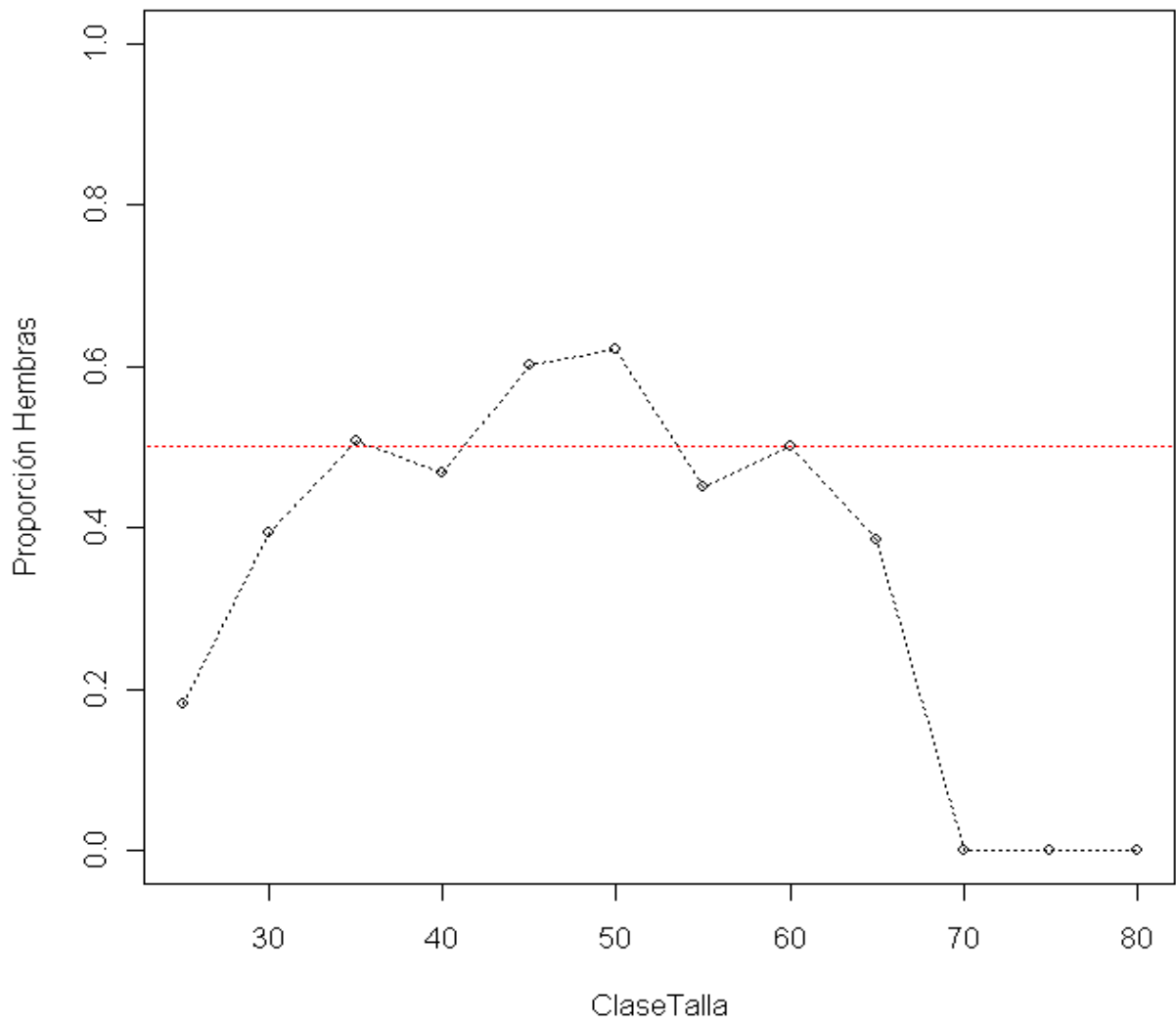
## 6.1 ESTRUCTURA DE TALLAS.

La distribución de frecuencia de tallas estuvo fuertemente sesgada hacia el intervalo de longitud de 36 cm a 40 cm LF, con un total de 270 machos y 277 hembras (Fig. 1). Por otra parte, en promedio el número de organismos se mantiene estable de los 40 cm a los 56 cm LF de longitud. También se observa que a partir de los 56 cm LF esta estabilidad se rompe, ya que el número de organismos empieza a disminuir notablemente a medida que aumenta la longitud.

Existe mayor proporción de machos con tallas de 28 cm a 30 cm LT y que en las clases de tallas de 35 a 40 cm LT y de 55 cm a 60 cm LT existe básicamente una relación 1:1 entre hembras y machos, también se observa que existe mayor proporción de hembras en las tallas comprendidas entre los 45 cm y 50 cm, sin embargo se puede notar que a partir de los 70 cm existe una predominancia de machos (Fig. 2). También se nota que en esta predominancia de machos existen pocos organismos, habiendo una n con un valor de un solo organismo (Tabla 4). Además el análisis de proporción sexual arrojó un porcentaje de 50.8% de hembras sobre machos, es decir, básicamente una relación 1:1 (Tabla 5).



**Figura 1.** Estructura de tallas y proporción sexual de *E. alletertus*.



**Figura 2.** Proporción sexual de *E. allettus*.

**Tabla 4.** Proporción sexual por talla de *E. alletteratus*.

Talla (cm)	%original	% boot	CV-boot	n
28	20	20	0.90	5
29	16.7	16.7	0.92	6
30	50	50	0.52	4
31	37.5	37.5	0.46	8
32	50	50	0.50	4
33	33.3	33.3	0.58	6
34	36.4	36.4	0.39	11
35	58.8	58.8	0.20	17
36	55.1	55.1	0.09	78
37	51.4	51.4	0.06	210
38	53.9	53.9	0.07	180
39	35.1	35.1	0.15	77
40	53.6	53.6	0.17	28
41	33.3	33.3	0.29	21
42	42.1	42.1	0.26	19
43	50	50	0.27	12
44	57.1	57.1	0.23	14
45	60	60	0.21	15
46	36.8	36.8	0.29	19
47	54.2	54.2	0.18	24
48	76.2	76.2	0.12	21
49	73.7	73.7	0.13	19
50	41.7	41.7	0.34	12
51	71.4	71.4	0.16	14
52	69.2	69.2	0.13	26
53	71.4	71.4	0.17	14
54	52.4	52.4	0.21	21

55	42.9	42.9	0.44	7
56	57.1	57.1	0.32	7
57	40	40	0.55	5
58	50	50	0.36	8
59	25	25	0.89	4
60	0	0	0.00	1
61	0	0	0.00	2
62	66.67	66.67	0.40	3
63	83.3	83.3	0.18	6
64	0	0	0.00	2
65	50	50	0.69	2
66	37.5	37.5	0.45	8
67	0	0	0.00	1
68	100	100	0.00	1
69	0	0	0.00	1
71	0	0	0.00	2
72	0	0	0.00	1
73	0	0	0.00	1
74	0	0	0.00	1
75	0	0	0.00	1
76	0	0	0.00	1
80	0	0	0.00	1

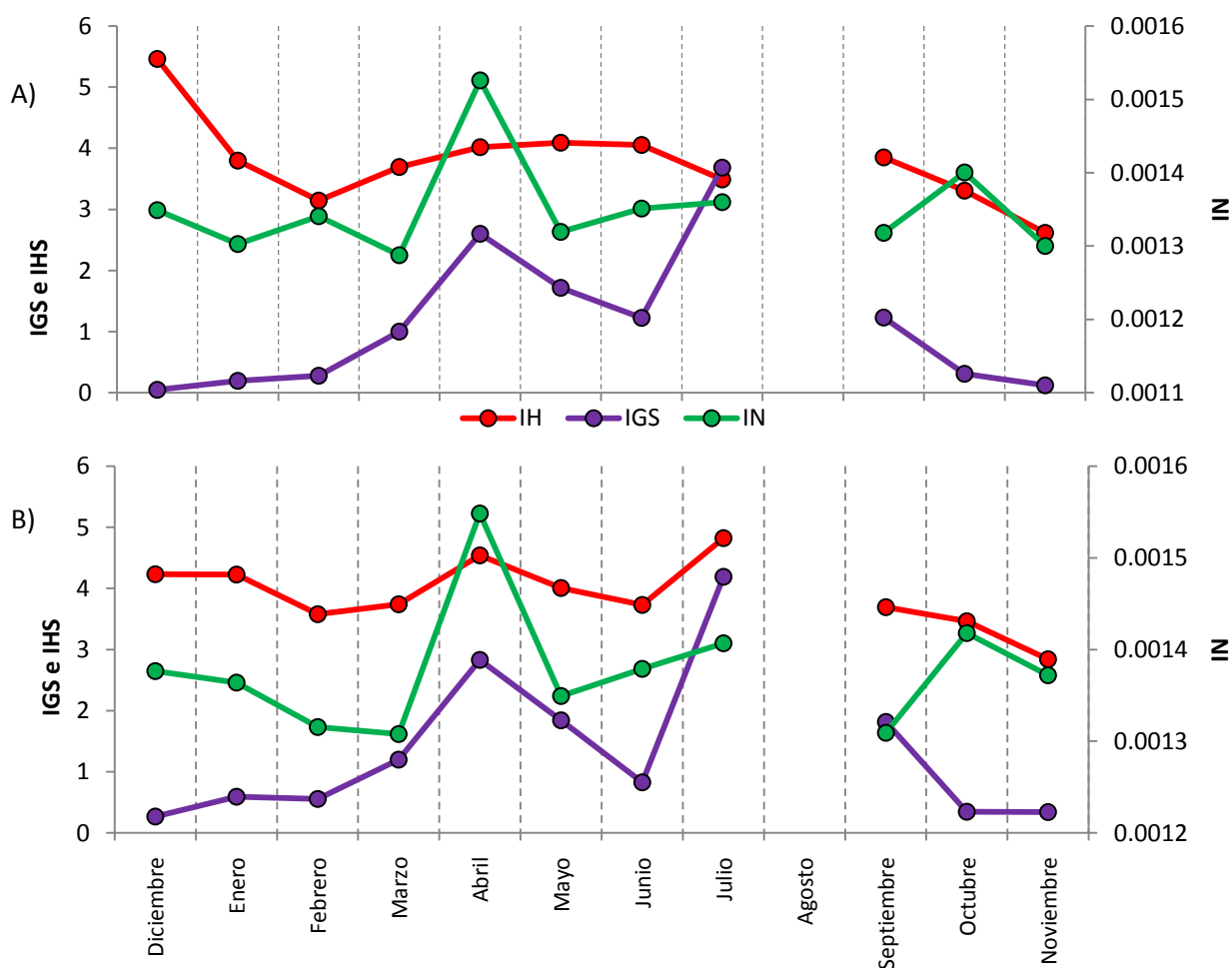
**Tabla 5.** Proporción sexual total.

% Original.	% boot.	CV-boot.	n
<b>50.8</b>	50.7	0.032	951



## 6.2 ÍNDICES CORPORALES.

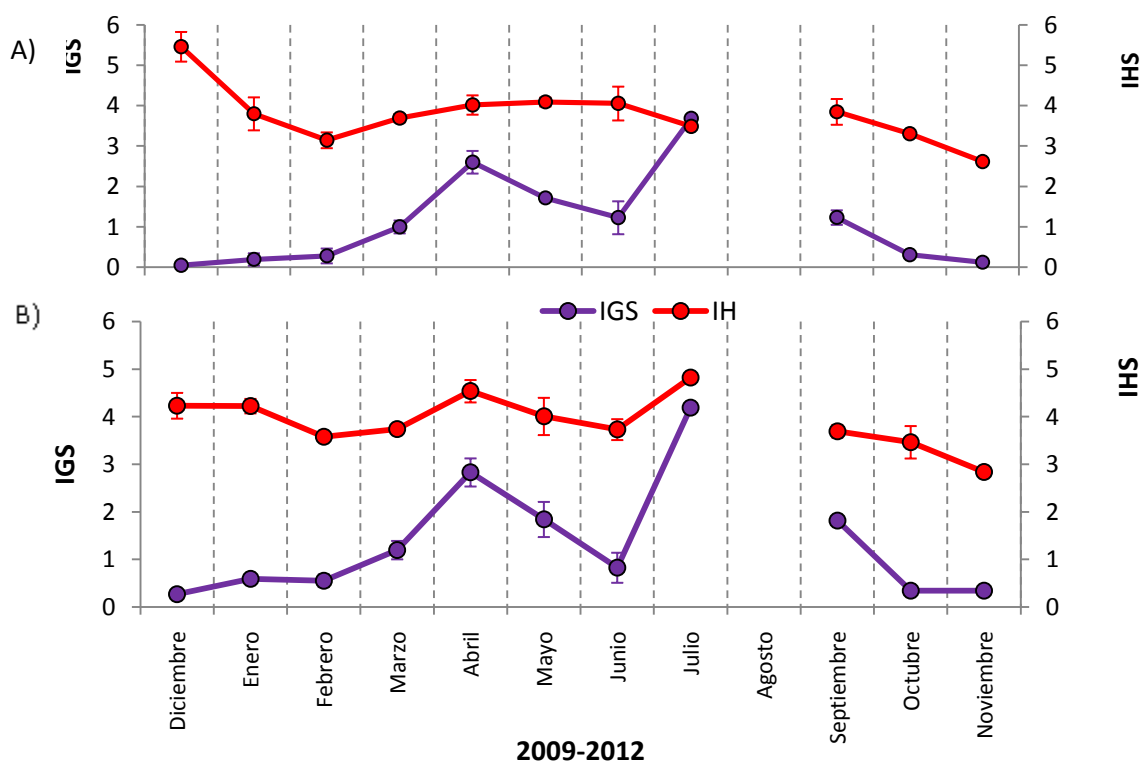
En los machos no se observa un incremento importante en el IHS en el mes de abril, sin embargo sí se observa un incremento marcado en el IGS y el IN. El IHS tiende a mantenerse estable, presentando un valor elevado en diciembre (Fig. 3 A). Por otra parte el comportamiento de los índices corporales muestra claramente que en abril, las hembras presentan un incremento importante en IGS, IHS e IN, además de que existe relación entre la evolución temporal del IGS y del IHS (Fig. 3 B).



**Figura 3.** Variación temporal de los índices corporales IGS: índice Gonadosomático e IHS: Índice Hepatosomático de *Euthynnus alletteratus* del suroeste del Golfo de México.

A) machos B) Hembras.

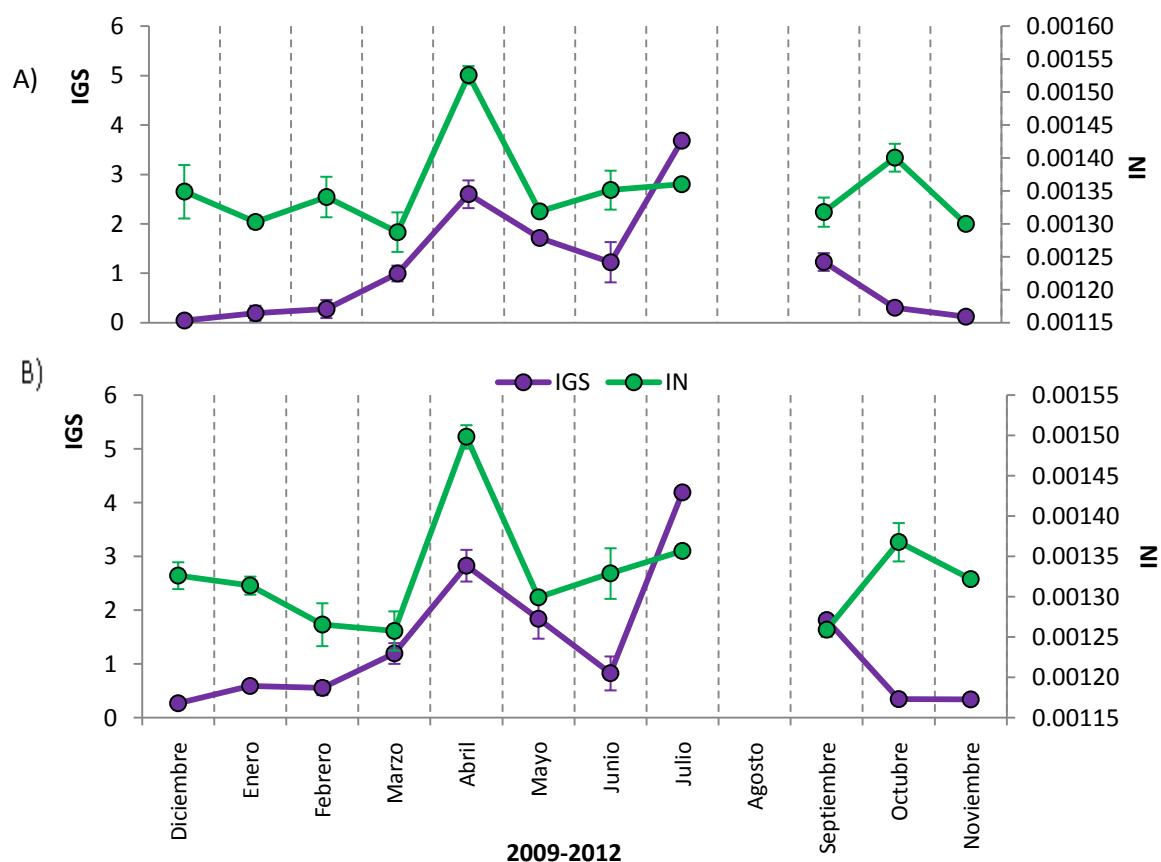
Al cotejar solamente el comportamiento del IGS en contraste con el IHS se puede observar mejor que los machos tienden a mantener el IHS de una forma más estable, presentando un valor máximo de  $5.46 \pm 0.40$  en diciembre y con un valor mínimo en noviembre de  $2.61 \pm 0.07$  (Fig. 4 A). En cuanto a las hembras estos índices corporales llevan la misma tendencia, además de que presentan el valor del IHS mas alto en julio con un valor de  $4.82 \pm 0.21$  y el mínimo en el mes de noviembre con un valor de  $2.84 \pm 0.34$  (Fig. 4 B). Por otra parte, el IGS en ambos presenta su máximo en el mes de julio con un valor de  $3.68 \pm 0.40$  para machos y de  $4.18 \pm 0.31$  en hembras, de igual manera ambos presentan su IGS más bajo en diciembre con un valor de  $0.04 \pm 0.01$  para los machos, mientras que para las hembras fue de  $0.26 \pm 0.04$ .



**Figura 4.** Variación temporal del IGS: índice Gonadosomático e IHS: Índice Hepatosomático de *Euthynnus alletteratus* en el suroeste del Golfo de México. A) machos B) Hembras.

El IN tiene un incremento sustancialmente importante en abril tanto para machos como para hembras y después de esto decrece y aumenta sin mucha variación a lo largo del tiempo.

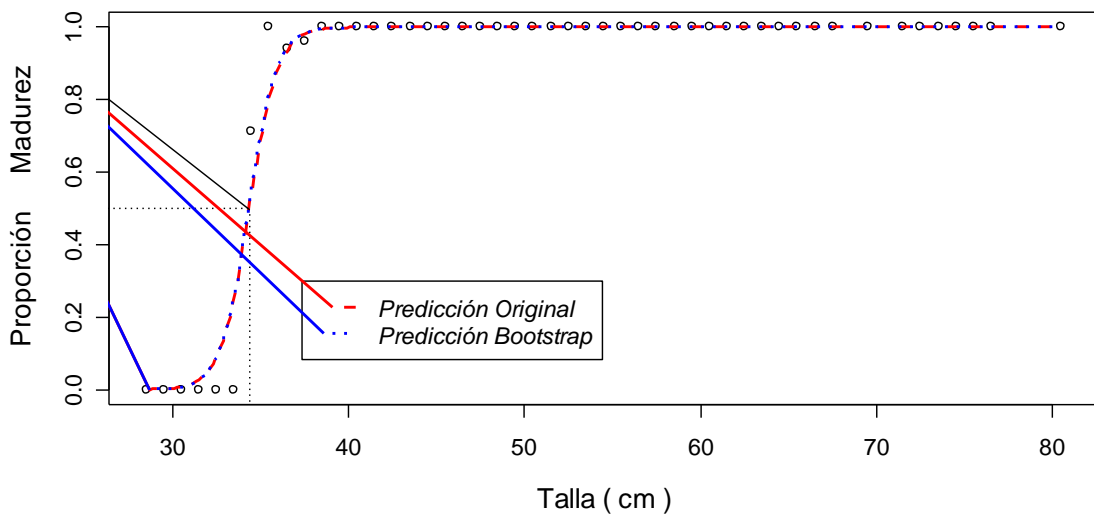
Al cotejar la variación temporal entre el IGS y el IN, se observa como en el mes de abril el índice nutricional para los machos fue de  $0.001525 \pm 2.997E-05$  (Fig. 5 A), mientras que para las hembras fue de  $0.001498 \pm 2.435E-05$  (Fig. 5 B). El IN más bajo se presentó en el mes de marzo con un valor de  $0.0012876 \pm 3.072E-05$  para los machos y con un valor de  $0.0012577 \pm 2.659E-05$  para las hembras. El IGS para ambos lleva básicamente el mismo comportamiento, excepto en octubre y noviembre.



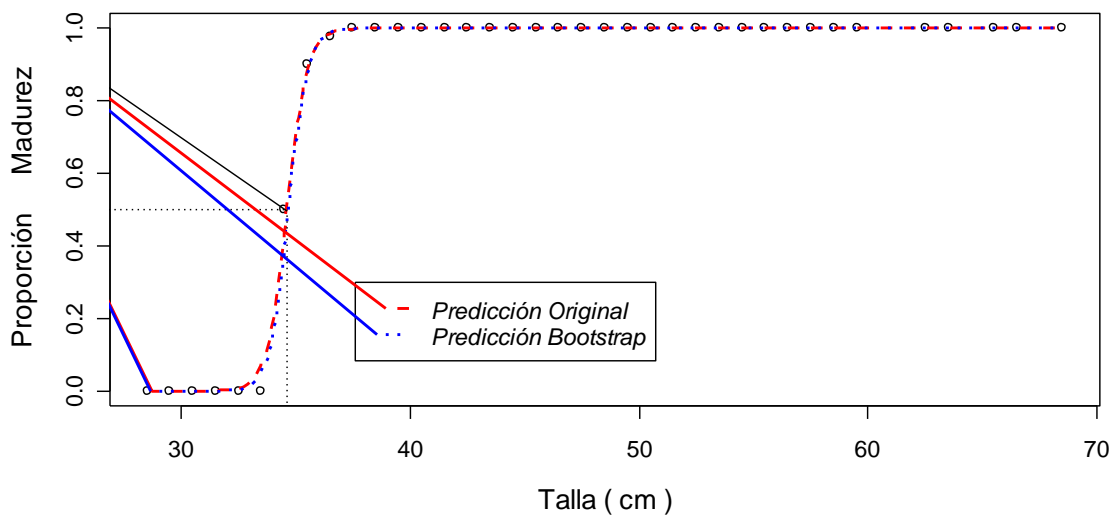
**Figura 5.** Variación temporal del IGS: Índice Gonadosomático e IN: Índice nutricional de *Euthynnus alletteratus* en el suroeste del Golfo de México. A) machos B) Hembras.

### 6.3 TALLA Y EDAD DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL.

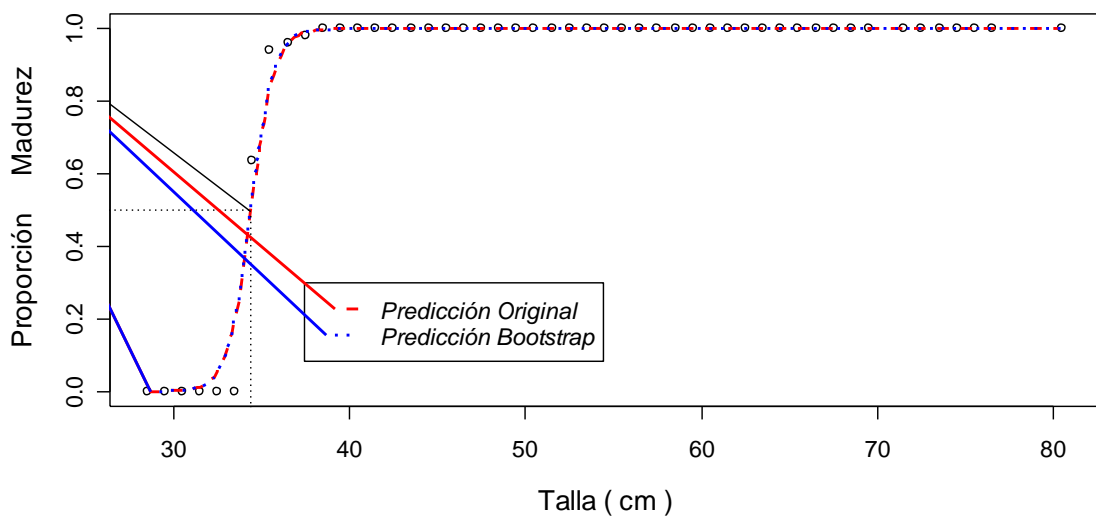
La talla de primera madurez sexual se estimó de 34.35 cm LF para machos (Fig. 6), mientras que para las hembras en 34.60 cm (Fig. 7). Por otra parte el análisis combinado, es decir, la talla de primera madurez sexual para machos y hembras se estimó en 34.42 cm (Fig. 8). Paralelamente el análisis bootstrap estimó una edad de primera madurez sexual de 2.3 años para machos, 2 años para hembras y 2 años a nivel poblacional.



**Figura 6.** Talla de primera madurez sexual para machos de *Euthynnus alletteratus* del suroeste del Golfo de México.



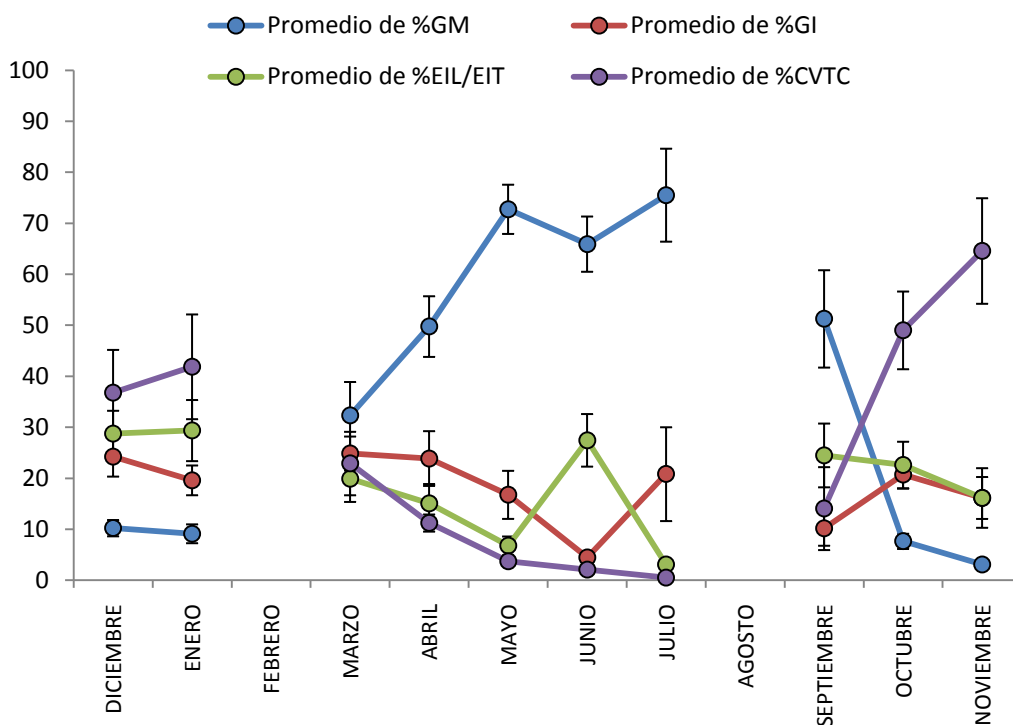
**Figura 7.** Talla de primera madurez sexual para hembras de *Euthynnus alletteratus* del suroeste del Golfo de México.



**Figura 8.** Talla de primera madurez sexual poblacional de *Euthynnus alletteratus* del suroeste del Golfo de México.

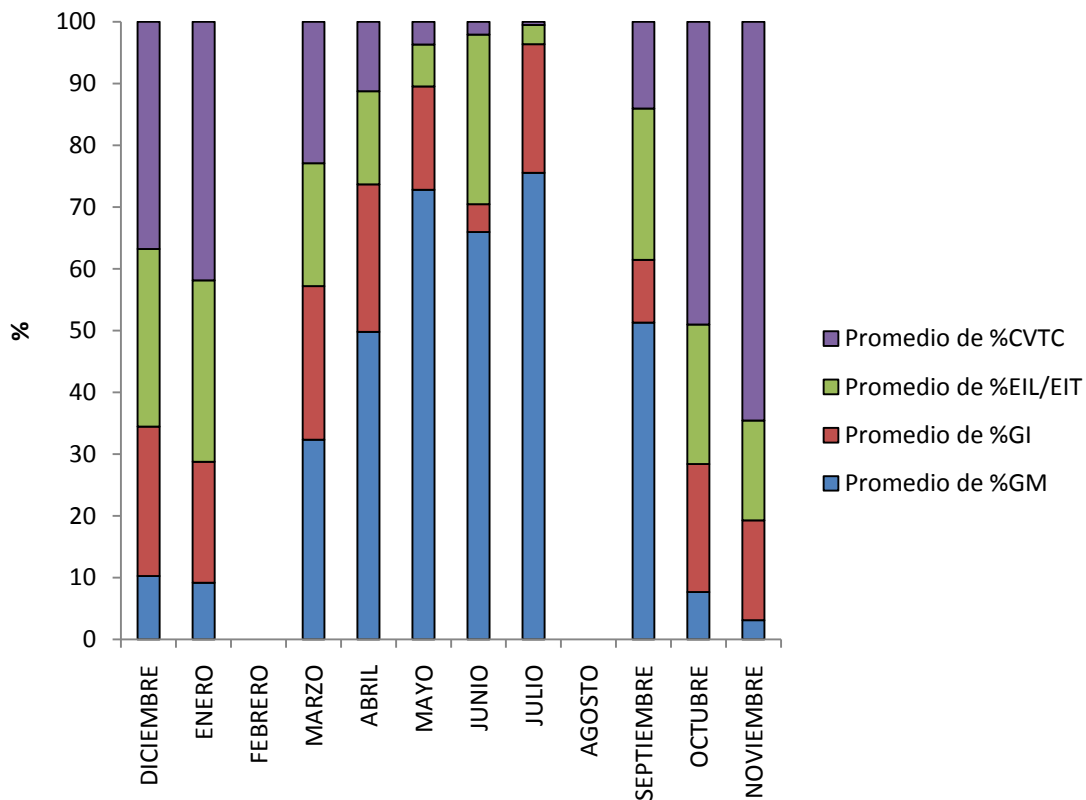
## 6.4 ANÁLISIS DE ESTEREOLOGÍA.

El análisis de estereología permitió cotejar la variación temporal de los principales componentes del tejido gonádico, de igual manera permitió conocer el porcentaje del espacio que ocupó cada uno de estos componentes a lo largo del tiempo, se observa la variación temporal de cada uno de los componentes, haciéndose evidente que a medida que aumentan los gametos maduros disminuyen los gametos en desarrollo, los espacios intralamelares para el caso de hembras y espacios intratubulares para el caso de los machos y el tejido conectivo (Fig. 12).



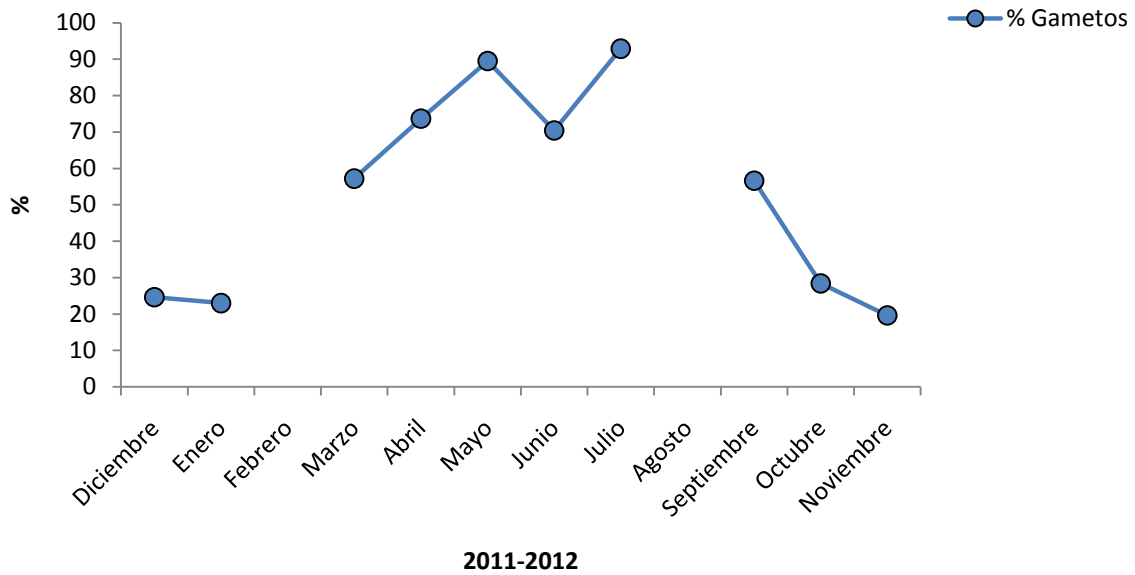
**Figura 12.** Variación temporal de los principales componentes gonádicos a nivel poblacional de *Euthynnus alletteratus*. GM: gametos maduros, GI: gametos inmaduros, EIL/EIT: espacios intralamelares y espacios intratubulares, CVTC: células vesiculares de tejido conectivo.

Al analizar el porcentaje los gametos maduros en relación a otras estructuras, se observa que los gametos maduros empiezan a ganar mayor porcentaje de área ocupada a partir del mes de abril con  $49.76\% \pm 5.94$  de área ocupada, los gametos maduros siguen predominando en mayo con  $72.75\% \pm 4.82$ , junio con  $65.92\% \pm 5.41$ , julio con  $75.52\% \pm 9.11$  y septiembre con  $51.26\% \pm 9.54$  (Fig. 13).

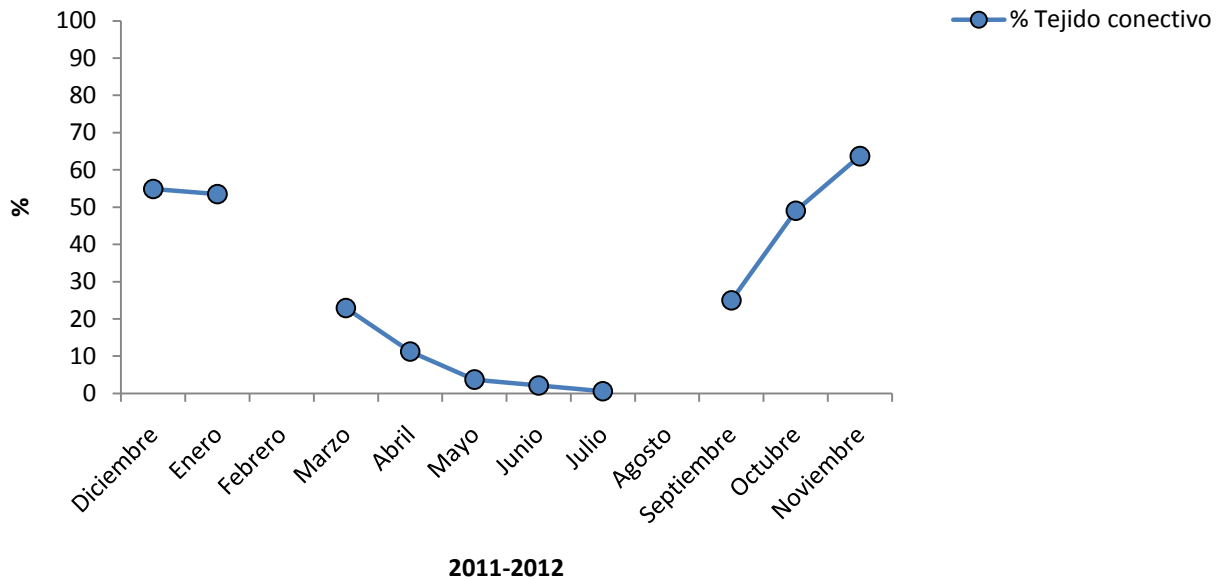


**Figura 13.** Proporción de los principales componentes de tejido gonádico a nivel poblacional de *Euthynnus alletteratus*.

Al obtener el índice gonádico (Fig. 14) se puede apreciar que hay una marcada ocurrencia gametos en el mes de marzo, la cual se extiende hasta septiembre, mientras que el índice somático tiene una disminución sustancialmente importante en los mismos meses. (Fig. 15)



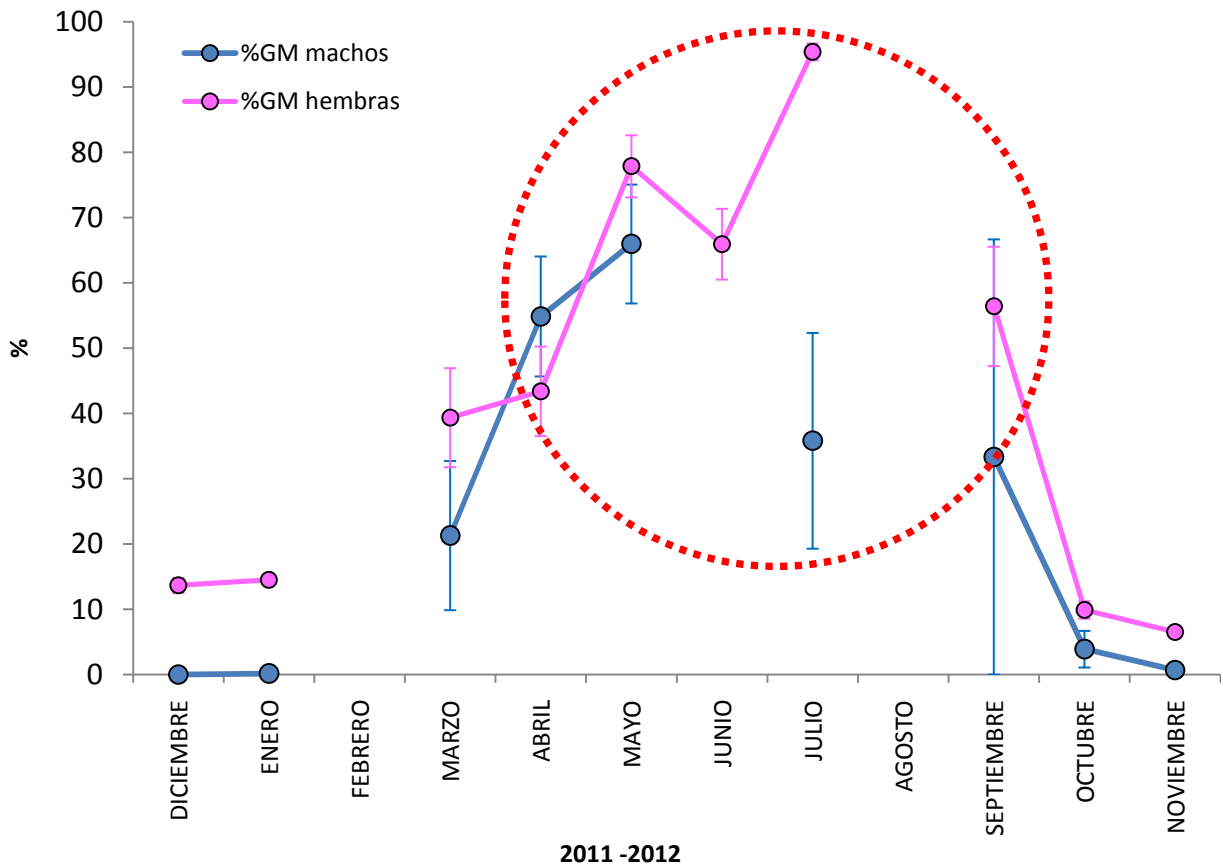
**Figura 14.** Variación porcentual poblacional de los gametos de *Euthynnus alletteratus*.



**Figura 15.** Variación porcentual poblacional de tejido conectivo de *Euthynnus alletteratus*.



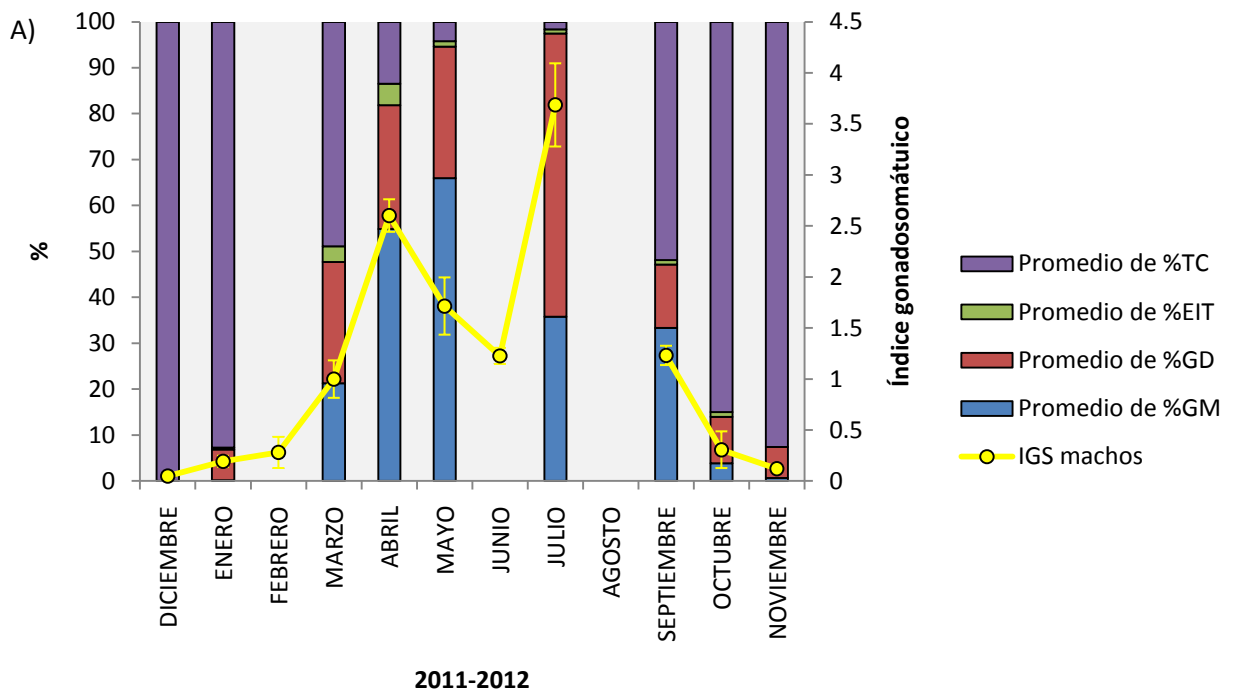
Al observar la variación temporal de los gametos maduros, se presenta que a nivel poblacional el 50% de los gametos maduros se encontraron en el mes de abril y así mismo decaen súbitamente a menos de 50% en el mes de octubre (Fig. 16).

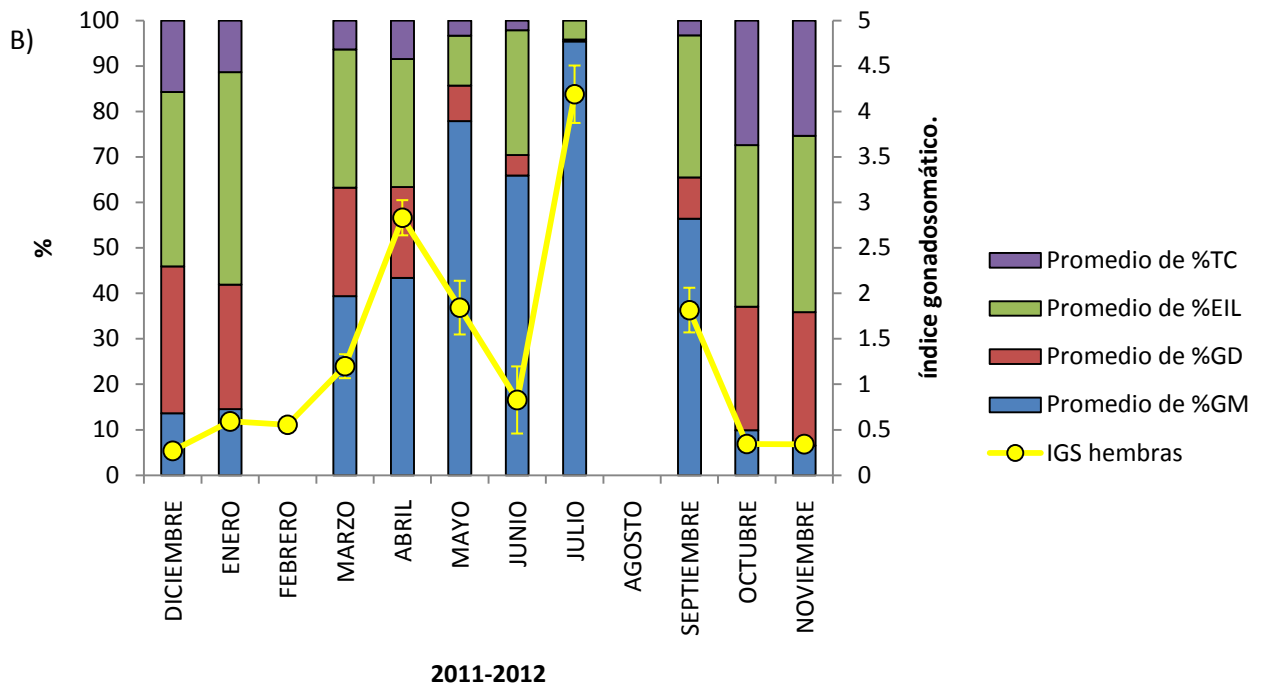


**Figura 16.** Variación temporal de los gametos maduros en machos y hembras de *Euthynnus alletteratus* en el suroeste del Golfo de México, en un círculo cuando se hacen 50% o más de estos gametos.

## 6.5 ASOCIACIÓN ENTRE LOS ÍNDICES CORPORALES Y LOS CAMBIOS EN EL TEJIDO GONÁDICO.

Al comparar la variación mensual porcentual de los diferentes componentes gonádicos contra el índice gonadosomático para machos y hembras, se puede observar que el incremento en el IGS coincide claramente con el incremento porcentual de gametos maduros en las gónadas, mientras que el decremento para machos está relacionado con una mayor presencia de tejido conectivo (Fig. 17 A), por otro lado para el caso de las hembras el decremento en el IGS se encuentra relacionado con un incremento en la cantidad de espacios intralamelares, gametos en desarrollo y tejido conectivo (Fig. 17 B).

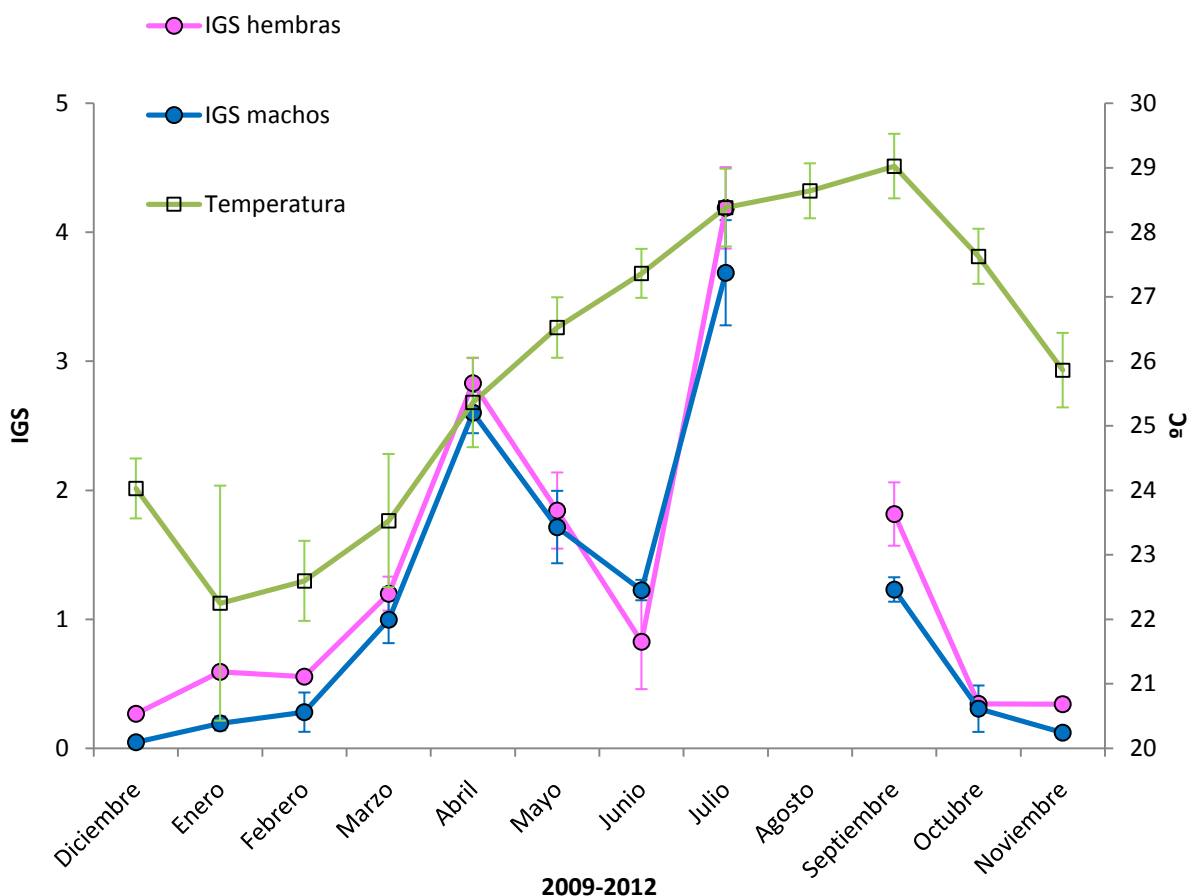




**Figura 17.** Comparación de la variación temporal entre los principales componentes gonádicos vs índices gonadosomático de *Euthynnus alletteratus* en el suroeste del Golfo de México. A) Machos B) Hembras.

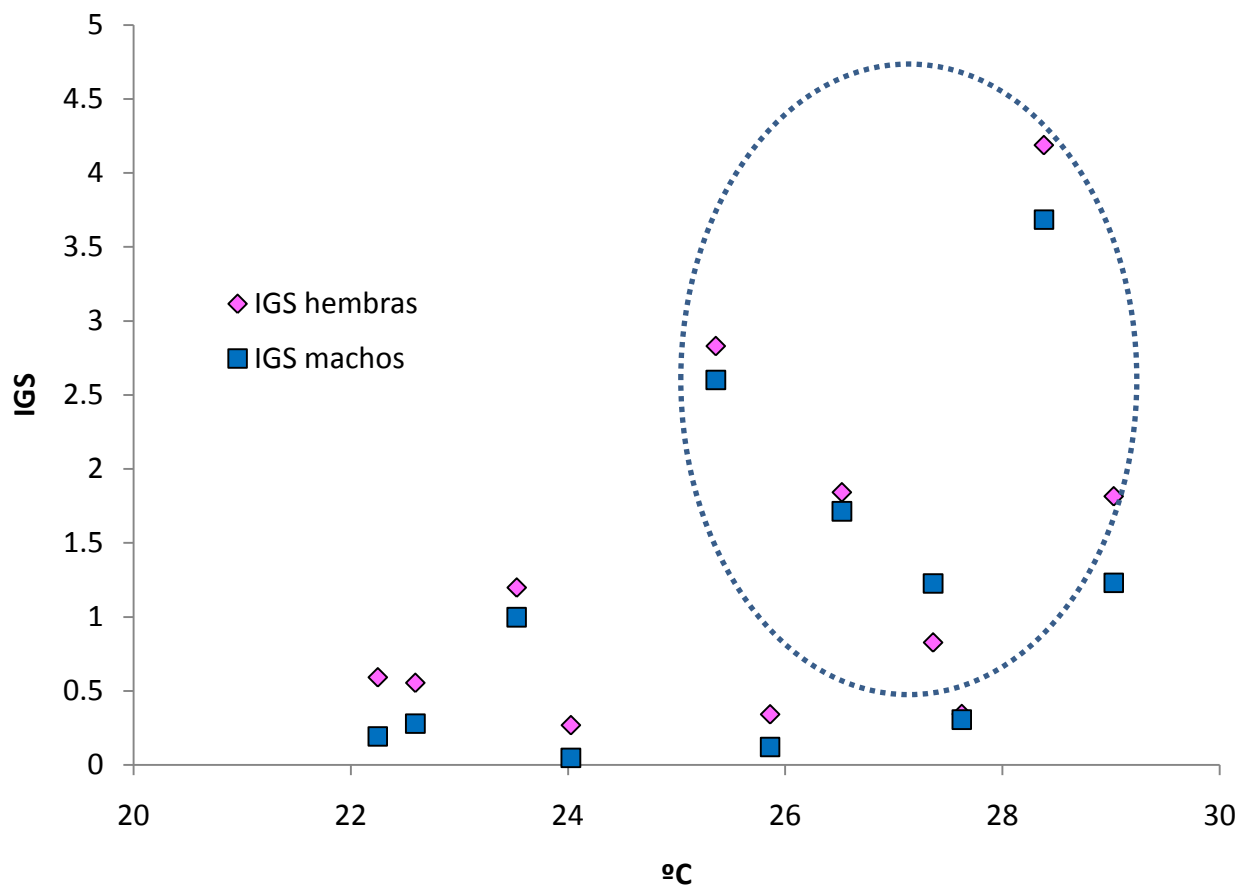
## 6.6 ASOCIACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR CON EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE *E. alletteratus*.

Al comparar la evolución de la temperatura superficial del mar del área de estudio y el IGS tanto en machos como en hembras se puede observar que aproximadamente a 25°C es cuando el IGS tiene su primer incremento importante y por encima de los 28°C el proceso se desactiva (Fig. 18).



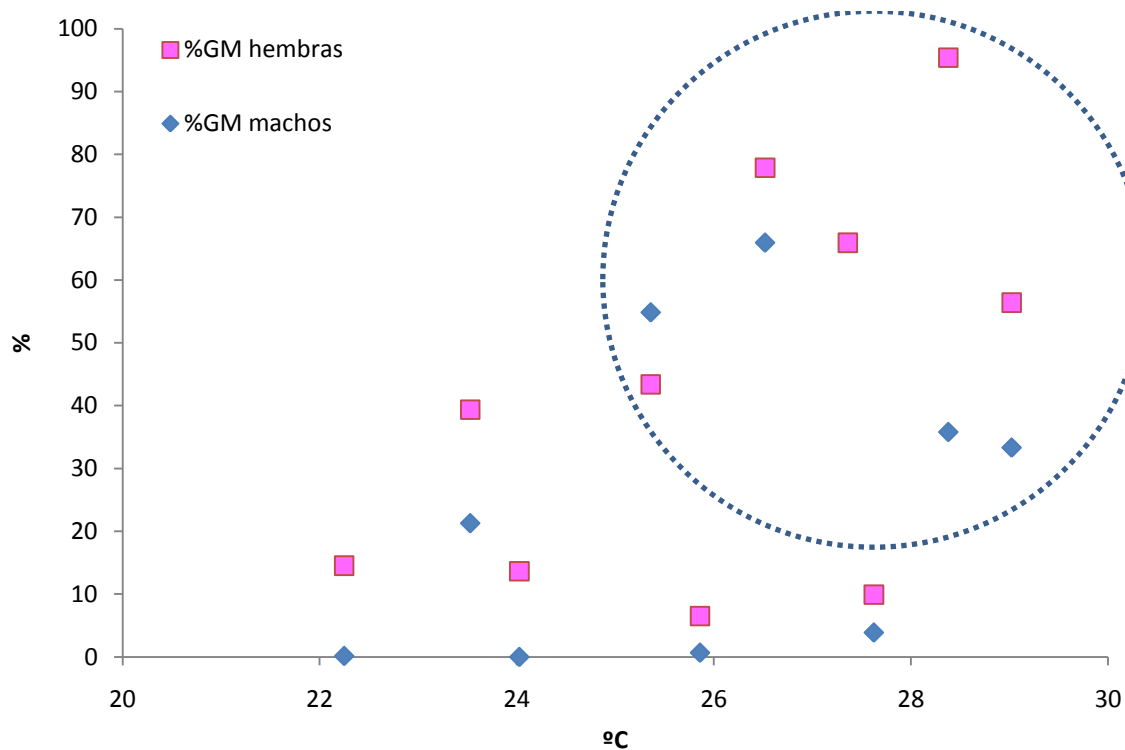
**Figura 18.** Variación temporal de IGS de machos y hembras de *Euthynnus alletteratus* con respecto a la temperatura superficial del mar del PNSAV y áreas adyacentes.

Al realizar un grafico de dispersión utilizando IGS de hembras y machos en relación con la temperatura superficial se puede observar que los valores más altos del IGS se encuentran cercanos a los 25°C (Fig. 19).



**Figura 19.** Ventana térmica óptima para la puesta de acuerdo al IGS de machos y hembras de *Euthynnus alletteratus* en el suroeste del Golfo de México.

En la figura 20 se muestra un grafico de dispersión, en el cual se determinó la ventana térmica óptima utilizando los gametos maduros de hembras y machos contra la temperatura superficial del mar, se observa que cuando los gametos maduros están presentes en el 50% del tejido gonádico corresponde a una temperatura cercana a los 25°C.



**Figura 20.** Ventana térmica óptima para la puesta utilizando los gametos maduros de machos y hembras de *Euthynnus alletteratus*.

## 7. DISCUSIÓN.

La longitud furcal máxima encontrada en este trabajo (807 mm) resultó inferior a la reportada por otros autores en el mar Mediterráneo, tal es el caso de Macías *et al.* (2008), quienes en el suroeste del mar Mediterráneo reportan una talla máxima de 850mm, Ghailen *et al.* (2010) reportan para el Golfo de Gabes una longitud máxima de 978 mm, mientras que Valeiras *et al.* (2008) reportaron una longitud máxima de 840mm, sin embargo en este trabajo resultó superior la longitud en comparación con el trabajo realizado por Neves Dos santos y García (2006) quienes reportan organismos con una longitud máxima de 450 mm en la costa de Algarbe (Portugal meridional).

Respecto a la talla mínima que se encontró, en este estudio se registro un organismo de 282 mm, la cual es menor a la reportada por Macías *et al.* (2006), quienes reportan una talla mínima de 560 mm en el mar Mediterráneo. Por otra parte Ghailen *et al.* (2010) reportan para el Golfo de Gabes una talla mínima de 340 mm, la cual es similar a la reportada por Valeiras *et al.* (2008) y Neves Dos santos & García (2006) quienes reportan la talla mínima en 320 mm y 310 mm respectivamente. La diferencia de tallas está relacionada con las diferencias latitudinales y por ende a las diferencias climáticas.

En cuanto a la estructura de tallas se pudo observar que el mayor número de organismos se encontraron en las tallas de 36 cm a 40 cm LF y el menor número de organismos de 78 cm a 82 cm LF, esto puede deberse a la selectividad del arte de pesca, ya que la mayoría de las capturas se realiza con red agallera, por el contrario en artes de pesca más homogéneos como las almadrabas, permiten tener una estructura de tallas más diversas como las que reporta Macías *et al.* (2008) donde tiene una estructura de tallas multimodal. Di Natale *et al.* (2009) remarca la importancia de las muestras obtenidas por las almadrabas, ya que representan una oportunidad de coleccionar los especímenes de pequeño tamaño que suelen estar más cercanos a la costa, además de coleccionar ejemplares desarrollados sexualmente, la selectividad de múltiples tallas de organismos capturados en las almadrabas permite un muestreo multimodal.

La proporción sexual mostró una proporción 1:1, con predominancia de machos a tallas mayores. La proporción sexual es uno de los factores importantes dentro de las poblaciones de peces (Nikolsky 1963, Santamaría-Miranda y Rojas-Herrera, 1997), en ocasiones cuando existe diferencia entre el número de hembras y el número de machos puede atribuirse a la supervivencia diferencial de uno de los sexos o a la distribución que prefiere cada uno de estos (Lucano *et al.*, 2005), existiendo así mortalidades y rangos de crecimiento diferenciados para cada sexo (Pascual, 2010). En caso de *E. alletteratus* la proporción sexual encontrada para todo el estudio sugiere que esta población está en equilibrio sexual. La predominancia de machos en mayor longitud coincide con lo reportado para los túnidos, por ejemplo, en las pesquerías del atún aleta amarilla se reporta que las hembras empiezan a decrecer en las capturas a partir de los 141 cm LF y empieza a existir mayor número de machos en tallas mayores (Morán, 2000).

Por otra parte este desequilibrio en la proporción sexual de individuos de mayor tamaño que se encontró en el presente estudio, también podría deberse al sesgo en el muestreo, esto derivado de no tener un número amplio de organismos a partir de las tallas de 67 cm a 80 cm, ya que a partir de estas longitudes se tiene solo un organismo por clase de talla, por lo cual es recomendable realizar un muestreo más intensivo en estos intervalos de talla para tener una mejor aproximación a la realidad.

En cuanto a la evolución del IGS, se puede observar que en machos empieza a aumentar en el mes de marzo, alcanzando un pico alto en el mes de abril, lo cual marca el comienzo del ciclo reproductivo, ocurriendo el primer desove en mayo, extendiéndose hasta junio, posteriormente el IGS alcanza el máximo pico en el mes de julio, lo que indica que es la puesta más importante. El IGS vuelve a bajar a niveles mínimos en octubre, lo cual puede indicar un periodo de reposo de octubre a febrero.

Por otra parte el IGS en las hembras presenta exactamente el mismo comportamiento, empieza a incrementarse en marzo, alcanzando un pico alto en abril y disminuyendo en mayo y junio, después, aumenta drásticamente en julio, al igual que los machos parece ser la puesta más importante, después de ese pico máximo disminuye, alcanzando un valor mínimo en octubre, el cual no cambia de manera significativa y mantiene esta condición hasta febrero.



El IGS muestra así, que los machos y hembras se preparan al mismo tiempo para la puesta. Además que al observar el IGS, se coteja que es de abril hasta septiembre el periodo reproductivo para ambos sexos. Esto difiere con lo observado en otras investigaciones. Diouf (1981) registró en costas de Senegal que el periodo de reproducción ocurre entre julio y septiembre. En el mar Mediterráneo la puesta ocurre a finales de la primavera (comienzos de mayo) hasta septiembre (Collette y Nauen, 1983), lo cual coincide con Kahraman *et al.*, (2008) quienes describen la época reproductiva en base al IGS a partir de de mayo a septiembre en el nororiente del mar Mediterráneo, además describen que en el mes de julio tuvieron el mayor incremento del IGS, lo cual concuerda con esta investigación en la cual registramos un incremento sustancialmente importante del IGS en julio en ambos sexos.

Gunter (1957) menciona que la poca variabilidad estacional podría favorecer la posibilidad de encontrar individuos en reproducción en cualquier época del año, esto debido a que es una respuesta directa inducida por la temperatura sobre la tasa metabólica. Otros factores, además de la temperatura, como el fotoperiodo, contribuyen también a definir la amplitud de la temporada reproductiva, que con frecuencia se expresa con dos picos de mayor intensidad dentro de un proceso reproductivo casi permanente. En un ambiente con poca variabilidad, las presiones adaptativas inducidas por los factores ambientales son menos severas que en ambientes menos estables (Margalef, 1977) y esto da lugar a que en el área de estudio *E. alletteratus* se reproduzca básicamente en un periodo amplio de tiempo (6 meses) a lo largo del año.

Además de esto, los resultados del IGS muestran que al existir dos picos importantes en el periodo reproductivo, esto sería un indicativo de una producción asincrónica de ovocitos. Existe una relación entre la duración de la temporada de reproducción, el tipo de desove y la latitud (Cushing 1975, Blaxter y Hunter 1982). Así, en las especies de latitudes altas, donde el período estival es breve, se observa que las especies presentan generalmente un período de desove corto y definido y un tipo de desove total y masivo (Cushing, 1975; Blaxter y Hunter ,1982), pero a medida que se avanza hacia el Ecuador, es decir en latitudes correspondientes a las zonas subtropical y tropical, el período de reproducción de los peces es más prolongado, puede limitarse a una temporada más amplia pero definida con desoves parciales, tal y como lo que

registramos en *E. alletteratus* en las costas de Veracruz o puede durar todo el año (Cushing, 1975).

En cuanto a las variables que determinan la condición metabólica, tal es el caso del IHSS y del IN, estos siguen básicamente la misma tendencia que el IGS, salvo en machos el IHSS tiende a mantenerse estable. Para el caso de las hembras, el que el IHSS y el IN sigan de manera muy marcada al IGS, sugiere que a medida que se produce una puesta se utiliza la energía y proteínas del hígado y del musculo para llevar a cabo el acto reproductivo, sin embargo se recuperan nuevamente de igual manera que vuelve a aumentar el IGS, siguiendo esta tendencia a lo largo del año.

El IHS está relacionado con la reserva de lípidos y glucógenos, los cuales varían en función del balance entre depósitos provenientes de la ingesta o la transferencia desde otros órganos de reserva y los egresos por la demanda gonadal (Love, 1970; Heidinger y Crawford, 1977). Para el caso de los machos, el hecho de que el IHS tienda a mantenerse estable puede deberse a que los machos utilizan menos energía para la reproducción que las hembras, ya que el proceso de la ovogénesis implica mayores demandas de nutrientes, esto debido al tamaño de los gametos y presencia de vitelo.

El hecho de que el IHS y el IN muestren la misma tendencia o comportamiento, se debe muy probablemente a que esta especie no tiene que utilizar sus reservas energéticas, esto también sugiere la existencia de una oferta constante de alimento en el medio, lo cual le permite mantener unas condiciones fisiológicas favorables a lo largo de su periodo reproductivo (Acevedo *et al.*, 2007).

Es importante el estudio del IN y del IHS, ya que son indicadores que nos permiten estudiar el comportamiento del almacenamiento y metabolismo de los lípidos, los cuales juegan un papel crítico en la salud de los peces, ya que se encargan de determinar las estrategias de aprovechamiento energético, las respuestas al estrés ambiental y sobre todo el éxito reproductivo. (Justus y Fox, 1994; Lemly, 1996; Silverstein *et al.*, 1998; Adams 1999; Morgan *et al.*, 2002).

La talla de primera madurez fue de 34.35 cm de LF para machos, mientras que para las hembras de 34.60 cm LF, por otra parte el análisis combinado, es decir, la talla de primera madurez sexual para machos y hembras se estimó en 34.40 cm LF, con una edad de primera madurez sexual combinada para machos y hembras de aproximadamente 2 años. Las longitudes difieren con lo reportado por el ICCAT (2006), quienes reportan la talla de primera madurez sexual a los 56 y 57 cm LF al sur de España (Rodríguez-Roda, 1966), 44 y 42 cm LT en el Golfo de Guinea (Chur, 1973) para machos y hembras, respectivamente, 40 cm LT frente a Senegal, y 35 cm LT frente a Florida, sin embargo aunque las tallas difieren, las curvas de edad de primera madurez sexual rondan de igual manera cerca de los 2 años, esto indica que los organismos del suroeste del golfo de México son más pequeños a esa edad, coincidiendo con lo que muchos estudios mencionan, los organismos tropicales tienden a ser más pequeños y con periodos reproductivos más extendidos.

Pascual (2010) sugiere que la talla y edad de primera madurez sexual son parámetros reproductivos poblacionales que pueden variar como consecuencia de factores externos, los cuales pueden ser ambientales o antropogénicos y además llegan a afectar de manera general a la población, así como de factores internos como la fisiología y condición de cada individuo. Los peces tendrán la capacidad de reaccionar de manera efectiva a los estímulos ambientales que darán origen a la gametogénesis a medida que crecen hasta llegar a la edad y talla adecuada (Schaefer, 2001). Por otra parte, Cushing (1995) sugiere que las variaciones que existen en la madurez sexual de los peces se encuentran influenciadas por la disponibilidad de alimento en las primeras etapas de vida.

La evaluación de la variabilidad de la talla de primera madurez sexual es de vital importancia en la evaluación de los stocks de población. La talla de primera madurez sexual es un dato importante para la realización de modelos predictivos (Trippel y Harvey, 1991). De igual manera es de importancia para evaluar la edad óptima a la primera captura de una especie y el momento y lugar del desove se pueden emplear para organizar la pesca, ya que muchas especies son más fáciles de pescar cuando se congregan para la reproducción (Sparre y Venema, 1997). De acuerdo a esta investigación se sugiere que para el suroeste del Golfo de México, se tomen medidas

especiales de manejo durante la época reproductiva, orientados a garantizar el escape mayoritario de los organismos de menos de 34.5 de LF cm.

La talla de madurez sexual constituye uno de los parámetros reproductivos básicos en el análisis de pesquerías y evaluación de stocks, ya que determina la ojiva de madurez que permite separar la fracción madura de un stock de peces. La talla de madurez se determina a través de una observación macroscópica o microscópica de las gónadas, clasificando los peces maduros en función de las características morfológicas o histológicas (Oliva *et al*, 1982). El análisis de primera madurez sexual se realizó en este estudio a nivel macroscópico, sin embargo es importante mencionar que de acuerdo a Schaefer (2001) la determinación visual en hembras en fecundidad indeterminada, no es capaz de dar suficiente detalle acerca del estado de maduración de los ovocitos, por lo que resulta imposible realizar la diferenciación entre hembras activas de las inactivas.

En cuanto a los análisis histológicos para obtener la época reproductiva, diversos autores que trabajan con tónidos, utilizan diferentes escalas para describir los estados ovocitarios, tal es el caso de Itano (2000), quien utiliza 10 estadios de desarrollo de los ovocitos en el atún aleta amarilla, basado en los sistemas de clasificación y características descritos por Hunter y Macewicz (1985) y Schaefer (1987; 1996; 1998), en los que se consideran en el estadio número 4 a los organismos maduros, los cuales se caracterizan por un incremento en el vitelo y la aparición de atresia. Por otra parte Kahraman *et al.* (2007) utiliza para *E. alletteratus* 4 estadios de desarrollo de ovocitos, estos estadios de maduración en base a la clasificación de Tyler y Sumpter (1996), Coward y Bromage (1998), y Susca *et al.* (2001a). Las escalas de maduración para los estadios de los ovocitos son subjetivas a las consideración de cada autor, en esta investigación para las hembras los gametos en estadios inmaduros fueron considerados como todos los que se encontraban en crecimiento primario, es decir, se encontraban en fases nucléolo-cromatina y estado peri-nuclear, mientras, que los gametos en maduración y/o maduros fueron aquellos que se encontraban en las fases de alveolos corticales, vitelogénesis, núcleo migratorio y atresia. Por otra parte para las gónadas de machos, se consideraron gametos inmaduros a las espermatogonias y espermtocitos y como gametos en maduración y maduros a las espermatidas y espermatozoides.

En cuanto al análisis de estereología basado en componentes principales que se realizó en esta investigación, se utilizaron tan solo los 2 estadios mencionados para la identificación de los ovocitos (inmaduros y en maduración y/o maduros), esto en base y con adaptaciones a lo propuesto por Figueras (2007), ya que se optó por observar los cambios a nivel gonadal más que a nivel celular.

Los resultados mostraron que de marzo a septiembre hay un incremento sustancialmente importante en el porcentaje de área que ocupan los gametos en maduración y maduros, sin embargo se vio más marcado para el caso de las hembras, debido a que los ovocitos incrementan su tamaño de una manera importante, ocupando mayor área. En cambio los espermatozoides aparecen en menor tamaño pero en cantidades abundantes, por lo cual el incremento en el área que ocupan no se aprecia tan marcado como con las hembras, esto concuerda con la época reproductiva señalada por el IGS, así mismo se observa que el comienzo de la reproducción se da a partir de marzo, un mes antes de lo señalada con el IGS.

En cuanto a los resultados del índice gonádico, este nos permite inferir la ocurrencia de la gametogénesis de marzo a septiembre, mismos meses en donde el índice somático denota poca acumulación de energía de reserva. Al aumentar el tamaño y/o cantidad de los gametos en maduración y maduros, estos evidentemente desplazaron el porcentaje de área que ocupaban otros componentes, tal es el caso de los gametos inmaduros, el tejido conectivo, espacios intralamelares y espacios intratubulares para hembras y machos respectivamente.

En la literatura existen diversas escalas para describir el desarrollo ovocitario en peces, donde todas concuerdan en el crecimiento progresivo del ovocito y en los cambios estructurales que ocurren en dicha célula (Samoilys y Roelofs, 2000; Lucano *et al.*, 2001; Shein *et al.*, 2004; Mahmoud, 2009). La técnica de componentes principales demuestra ser una herramienta eficaz y más exacta que el IGS para estimar la época reproductiva, a demás de necesitar menor tiempo para el análisis microscópico en comparación a los análisis de estadios de ovocitos, esto debido a que se trabaja observando los cambios en todo el tejido gonádico y no solo en los gametos, lo cual permite una clasificación más sencilla y numéricamente explícita.

La caracterización micro y macroscópica de las gónadas permite establecer criterios para reconocimiento de hembras y machos, además a través de la revisión microscópica de las gónadas se puede interpretar con mayor precisión la relación entre lo observado macroscópicamente y las características del desarrollo gonadal y ovocitario (Díaz *et al.*, 2012). En este sentido, la descripción presentada permitió mayor certeza en los análisis cualitativos y cuantitativos de los estudios reproductivos.

Por otra parte, los factores ambientales, concretamente la temperatura, puede afectar la fisiología de las especies, haciendo que sus procesos metabólicos y su capacidad de reacción a los estímulos se vean disminuida y como consecuencia su capacidad para buscar alimento disminuya. Esto puede causar variaciones en la capacidad reproductiva (Cushing, 1995). En lugares donde se presentan temperaturas altas, el periodo reproductivo se extiende mientras la temperatura es favorable y en las épocas frías la gametogénesis es bloqueada (Hepher y Pruginin, 1982).

A pesar de la gran influencia de los factores ambientales en el desarrollo gonadal de los peces, los factores endocrinos realmente son los principales agentes que actúan en el control de este proceso, el sistema endocrino de los peces, como el de otros vertebrados, está íntimamente asociado al sistema nervioso y juntos actúan en la coordinación para la preparación del proceso reproductivo, así, los estímulos ambientales recibidos por los receptores sensoriales nerviosos desencadenan una cascada de eventos, en un eje que envuelve órganos jerárquicamente relacionados como el hipotálamo, la pituitaria y las gónadas a través de la liberación de hormonas esteroides, peptídicas, aminas, y ecosanoides (Muñoz *et al.*, 2005), sin embargo el efecto de la temperatura es variable de una especie a otra, temperaturas optimas para algunos peces pueden ser desfavorables para otros (Mancini, 2002).

Todo esto conlleva a que en una misma especie pero situada en latitudes geográficas diferentes los ciclos de reproducción cambien, se extiendan o disminuyan en el tiempo, así como la temperatura varíe para comenzar el periodo reproductivo. Por ejemplo en el atún aleta amarilla, Itano (2000) reportó que el periodo reproductivo comienza a temperaturas de 24 °C a 25 °C, abarcando los meses de abril a septiembre, en aguas Hawaianas, mientras que Schaefer (1998)

reporta una temperatura de 22°C para la puesta en el Este del Océano Pacífico, ocurriendo el mayor periodo de desove a los 26°C y 30°C.

Por otra parte el atún rojo se reproduce en aguas cálidas (> 24°C) en zonas específicas y restringidas en torno a las Islas Baleares, Sicilia, Malta, Chipre y algunas áreas en el Golfo de México, (Fromentin, 2006) y se produce una única vez al año en mayo-junio (Karakulak *et al.*, 2004; Mather *et al.*, 1995; Nishikawa *et al.*, 1985; Schaefer, 2001).

Estas temperaturas también concuerdan con el atún blanco en el que la temperatura superficial del mar de 24°C parece estimular la madurez, se podría decir que las actividades reproductoras en los túnidos en general están ligadas a temperaturas de 24°C en adelante, al parecer, el desove podría estar sincronizado con las temperaturas altas, con la finalidad de incrementar el crecimiento de ovas y larvas (AZTI, 2004).

Para el caso de *E. alletteratus*, en esta investigación se observó que es a la temperatura de 24 °C a 25 °C cuando empiezan a darse los cambios en la gónada que dan origen al comienzo del ciclo reproductivo. El ciclo reproductivo continúa hasta los 28°C. Esto concuerda con lo descrito por Chur (1973), donde menciona que esta especie se encuentra de manera abundante en el Atlántico tropical donde la temperatura oscilan entre 24° y 30°C, ya que en estas temperaturas podrá reproducirse de manera favorable. Por lo tanto, la ventana térmica óptima para la reproducción de *E. alletteratus* en el suroeste del Golfo de México es de 24°C a 28°C.

## 8. CONCLUSIONES.

- ❖ El intervalo de tallas por sexos combinados de *Euthynnus alletteratus* capturado por la flota artesanal de Antón Lizardo estuvo notoriamente sesgado hacia una distribución de tallas de 36 cm a 40 cm LT.
- ❖ Se observó una proporción sexual 1:1, por lo cual es una población con un potencial reproductivo adecuado.
- ❖ El análisis estereológico muestra que el 50% del área gonádica está ocupada por ovocitos en maduración y maduros a partir de abril, esto sugiere que el comienzo del ciclo reproductivo empieza a partir de este mes, extendiéndose hasta septiembre.
- ❖ De acuerdo a la variación en el IGS muestra que existen dos picos de desoves durante el periodo reproductivo, un desove prolongado de mayo a junio y otro en septiembre.
- ❖ Las variaciones del IHSS y el IN indican que para llevar a cabo los desoves relocalizan energía hacia las gónadas, sin embargo se reponen rápidamente para continuar la reproducción.
- ❖ La talla de primera madurez fue de 34.35 cm LF para machos y de 34.60 cm LF para hembras. A nivel poblacional se estimó en 34.42 cm LF.
- ❖ La edad de primera madurez sexual es de 2 años a nivel poblacional.
- ❖ La ventana térmica óptima para *Euthynnus alletteratus* es de aproximadamente de 24 °C a 28 °C.
- ❖ La evaluación del ciclo reproductivo para esta especie se puede obtener por índices corporales o por análisis estereológicos.



## 9. REFERENCIAS.

Acevedo, J., W. Angulo, M. Ramírez<sup>1</sup> & L.A. Zapata. 2007. Reproducción del pez *Brotula clarkae* (Pisces: Ophidiidae) en el Pacífico colombiano. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 55 (3-4): 957-967.

Adams, S.M. 1999. Ecological role of lipids in the health and success of fish populations. *In: Arts, M.T. & Wainman, B.C. (Eds.), Lipids in Freshwater Ecosystems: 132–160.* Springer, New York.

Adams, D. 2004. Total mercury levels in tunas from offshore waters of the Florida Atlantic coast. *Marine Pollution Bulletin* 49: 659–667.

Aguilar, M., B.B. Coutiño & R.P Salinas. 1996. Manual General de Técnicas Histológicas e Histoquímicas. México, D. F.: Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias.

Alcaraz-García, Z.T. 2012. Edad, Crecimiento y Mortalidad natural del bonito *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) en el suroeste del Golfo de México. Tesis de maestría en ciencias. Universidad Veracruzana, Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Boca del río, Veracruz, México. 62 pp.

Arocha, F., D.W. Lee, L.A. Marcano & J.S. Marcano. 2001. Update information on the spawning of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the western central Atlantic. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 52 (1): 167-176.

Bahou, L., T. Koné, V. Douba, K. Guessan, E.P Kouamélan & G. Gouli. 2007. Composición de los alimentos y los hábitos alimenticios de bacoreta (*Euthynnus alletteratus*) en aguas de la plataforma continental de Costa de Marfil. AOCIO, BP V 18.

Boyce, D.G., P.D. Tittensor & B. Worm. 2008. Effects of temperature on global patterns of tuna and billfish richness. Marine ecology progress series. Vol. 355: 267–276.

Blaxter, J. H. S. & J. R. Hunter. 1982. The biology of the clupeoid fishes. Adv. Mar.Biol. 20: 1-223.

Bouchot-Alegria, J.P. 2012. Dieta del bonito (*Euthynnus alletteratus*, Rafinesque 1810) capturado en el Sistema Arrecifal Veracruzano y áreas adyacentes. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Boca del Río, Boca del río, Veracruz, México. 48 pp.

Briarty, L.G. 1975. Stereology: methods for quantitative light and electron microscopy. Sci. Progr., Oxford, 62: 1-32.

Brooks, E.N. 2002. Assessment of Little Tunny (*Euthynnus alletteratus*) in the Gulf of Mexico. MASP/02/06. Sustainable Fisheries Division Contribution SFD-01/02-160. 39 pp.

Cabrera, M.A., O. Defeo, F. Aguilar & J.de Dios Martínez. 2005. La pesquería del bonito (*Euthynnus alletteratus*) del noreste del banco de Campeche, México. Proceedings of the 47th Gulf and Caribbean Fisheries Institute. Pp. 744 -759.

Cai, Y., J.R. Rooker, G.A. Gill & J.P. Turner. 2007. Bioaccumulation of mercury in pelagic fishes from the northern Gulf of Mexico. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 64: 458-469.

Campo, D. 2006. Comparative study of the trophic ecology of *Auxis rochei* (Risso, 1810), *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810), *Sarda sarda* (Bloch, 1793) and of the young-of-the-year of *Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758) (Perciformes, Scombridae) in the southern Tyrrhenian Sea. Tesis Doctoral. Universidad de Pisa, Italia, 153 pp.

Carvajal-Hinojosa, E. y J.A. Machado Arias. 2008. Fortalecimiento de las Actividades de Vigilancia para la Protección y Conservación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. EQ025. México D. F.

Cervigón, F., R. Cipriani, W. Fischer, L. Garibaldi, M. Hendrickx, A.J. Lemus, R. Márquez, J.M. Poutiers, G. Robaina y B. Rodríguez. 1993. FAO species identification sheets for fishery purposes. Field guide to the commercial marine and brackish-water resources of the northern coast of South America. 513 pp.

Chávez-Hidalgo, A. 2009. Conectividad de los arrecifes coralinos del Golfo de México y Caribe Mexicano. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La paz, B.C.S, México. 167 pp.

Chur, V.N. 1973. Some biological characteristics of little tuna (*Euthynnus alletteratus* Rafinesque, 1810) in the eastern part of the tropical Atlantic. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 1: 489-500.

Collette, B.B. & C. Nauen. 1983. FAO Species catalogue, vol. 2. Scombrids of the worlds. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. *FAO Fish. Synop.*, 125 (2), Rome: 137 pp.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Agosto 2011. Estudio Previo Justificativo para la modificación de la declaratoria del área natural protegida Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, en el Estado de Veracruz, México, 184 pp.

Corriero, A., S. Desantis, M. Deflorio, F. Acone, C. R. Bridges, J. M. De La Serna, P. Megalofonou & G. Demetrio. 2003. Histological investigation on the ovarian cycle of the blue fin tuna in the western and central Mediterranean. *Journal of Fish Biology* 63: 108–119.

Coward K. & N.R Bromage. (1998). Histological classification of oocyte growth and the dynamics of ovarian recrudescence in *Tilapia zilli*. *J. Fish Biol.* 36: 721-730.

Cushing, D.H. 1975. *Marine Ecology and Fisheries*. Cambridge University, Gran Bretaña. 278.

Cushing, D. 1995. *Population, production and regulation in the sea. A fisheries perspective*. N.Y, USA and Melbourne, Australia: Cambridge University press. 344 pp.

Delesse, M.A. 1847. Procédé mécanique pour déterminer la composition des roches. *C,R, Hebd Séan Acad Sci Paris*. 25:544-546.

Díaz Madrid L., Á.J. Vega & Y. A. Robles. 2012. Descripción macro y microscópica de las gónadas de la cherna roja: *Epinephelus Acanthistius* (serranidae) capturadas en el parque nacional Coiba, pacífico panameño. *Tecnociencia*. Vol. 14 N° 2: 5-21.

Dinatale, A., A. Srouf, A. Hattour, C. Keskin, M. Idrissi & L. Orsi-Relini. 2009. Regional study on small tunas in the Mediterranean including the Black sea. *Studies and reviews*. General Fisheries Commission for the Mediterranean. N° 85. Rome. FAO. 132 pp.

Diouf, T. 1981. Premières données relatives à l'exploitation et à la biologie de quelques "petits thonides et espèces voisines": *Euthynnus*, *Sarda*, *Scomberomorus* au Sénégal. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 15 (2): 327-336.

Estrada-Flores, E., Z.L. Peralta & M.P. Rivas. 1982. Manual de Técnicas Histológicas. AGT (ed). México

Ferrán, A.E., 1991. Ciclo gonadal y del tejido de reserva del mejillón de las Rías de Galicia *Mytilus galloprovincialis* Lmk. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela, España, 229 pp.

Figueras, A. 2007. Biología y cultivo del mejillón (*Mytilus galloprovincialis*) en Galicia. Estudio sobre el ciclo gonadal. Cáceres-Martínez, J. & A. Figueras. CSIC. España. Pp. 47-54.

Fromentin, J.M & A. Fonteneau. 2001. Fishing effects and life story traits: a case study comparing tropical vs temperate tunas. Fisheries research, 53: 133-150

Fromentin, J.M & V. Restrepo. 2001. Recruitment variability and environment: issues related to stock assessments of Atlantic tunas. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 52 (5): 1780-1792.

Ghailen, H., H. Abdallah, A. Hassan, C. Mourad, B. Abderrahmen & J. Othman. 2010. Length weight relationships for 13 fish species from the Gulf of Gabes (Southern Tunisia, Central Mediterranean). African Journal of Biotechnology Vol. 9(37), 6177-6181.

González, E., T. Damas, N. Millares & M. Borrero. 1979. Desove inducido en el caballero (*Lutjanus griseus* Linné, 1758) en condiciones de laboratorio. Rev. Cub. Inv. Pesq., 4(1): 43-63.

Gunter, G.G. 1957. Temperature. In J.W. Hedgpeth (ed.). Marine Ecology. Treatise on Marine Ecology and Paleoecology. Geol. Soc. Amer. Mem. 67 Pp. 159-184.

Goujon, M. & J. Majkowski. 2000. Biological characteristics of tuna. <http://www.fao.org/fishery/topic/16082/en> (consultado el 5 de marzo 2013).

Granado-Lorencio, C. 1996. Ecología de peces. Estrategias de vida. Universidad de Sevilla, España. Pp. 183-184.

Gutiérrez-Benítez, O. 2012. Aspectos Biológico Pesqueros de la rubia *Ocyurus chrysurus* (Bloch, 1791) en Antón Lizardo, Veracruz, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Veracruzana, Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Boca del río, Veracruz, México. 58 pp.

Hare, J. A., D. E. Hoss, A. B. Powell, M. Konieczna, D. S. Peters, S. R. Cummings, & R. Robbins. 2001. Larval distribution and abundance of the family Scombridae and Scombrolabracidae in the vicinity of Puerto Rico and the Virgin Islands. Bull. Sea Fish. Inst. 153:13–29.

Heidinger, R.C. & S.D Crawford. 1977. Effect of temperature and feeding ratio on the liver – somatic index of the largemouth bass, *Micropterus salmoides*. J. Fish. Res. Bd. Can. 34: 633-638.

Hepher, B. & E.Y. Pruginin. 1982. Tilapia culture in ponds under controlled conditions. In The Biology and culture tilapias, Pulin, R.S.V. y R.H. Lowe-McConnell. (Edit). ICLARM Conference Proceedings, Manila, 185p.

Hunter, J.R. & B.J. Macewicz. 1985. Rates of atresia in the ovary of the captive and wild northern anchovy. *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin, 83: 119-136.

ICCAT. 2004. Atún Blanco. In: Manual ICCAT. AZTI. Pp. 79-97.

ICCAT. 2006. Atún rojo del Atlántico. In: Manual ICCAT. Fromentin J.M, Pp. 99-118.

IIAP. 2010. Proyecto de Evaluación para el manejo de recursos pesqueros Amazónicos. Propuesta de manejo de poblaciones naturales de ocho especies de peces de importancia comercial en Loreto. Programa de Investigación para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos – AQUAREC. Iquitos, Perú. 17 pp.

INAPESCA. 2006. Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y manejo. SAGARPA. P. 58.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Información nacional por entidad federativa y municipio. Último reporte: 2010, México. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=30> (consultado el 20 de octubre de 2012).

Introzzi, A.R. & De Introzzi G. 1986. Estudio de las concentraciones de los ácidos nucleicos (RNA, DNA) en músculo blanco e hígado de la lisa (*Mugil brasiliensis*) a lo largo de sus periodos de reposo y maduración gonadal. Revista de Investigación y desarrollo pesquero. N°6: 117-129.

Itano, D.G. 2001. The Reproductive Biology of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) in Hawaiian Waters and the Western Tropical Pacific Ocean: Project Summary. Yellowfin Research Group – SCTB 14 Noumea, New Caledonia, 9 – 16th August 2001. 75 pp.

Johnson, A. 1983. Comparison of dorsal spines and vertebrae as ageing structures for Little Tunny, *Euthynnus alletteratus*, from the Northeast Gulf of Mexico. NOAA technical report NMFS8.6 pp.

Justus, J.A. & M.G. Fox. 1994. The cost of early maturation on growth, body condition on somatic lipid content in a lake pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) population. *Ecol. Freshw. Fish*, 3: 9–17.

Kahraman, A.E. 2005. Preliminary investigations on Atlantic black skipjack (*Euthynnus alletteratus* raf. 1810) in the eastern Mediterranean sea. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 58(2): 502-509.

Kahraman A. E., T. Z. Alicli, T. Akayli & I. K. Oray. 2008. Reproductive biology of little tunny, *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque), from the north-eastern Mediterranean Sea. *J. Appl. Ichthyol.* 24, 551–554.

Karakulak, S., I. Oray, A. Corriero, A. Aprea, D. Spedicato, D. Zubani & N. Santamaria. 2004. First information on the reproductive biology of the bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the eastern Mediterranean. *Collect. Vol. Sci. Pap, ICCAT*, 56: 1158-1162.

Klawe, W.L. 1977. What is a tuna? *Marine Fisheries Review*, 39 (11): 5 p.

Landines-Parra, P.E. Cruz-Casallas, R. Rosado-Puccini, S. Zimmermann & Y. M. Velasco-Santamaría. 2005. Reproducción de los peces en el trópico. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 246 pp.

Lelono, T.D., S. Muhamad, Soemarno & Marsoedi. 2012. Sustainable Management of Little Tuna Fishery [*Euthynnus sp*] in Prigi Waters Trenggalek East Java Indonesia. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, 2(9)469-474.

Lemly, A.D. 1996. Winter stress syndrome: An important consideration for hazard assessment of aquatic pollutants. *Ecotox. Environ. Safe.*, 34: 223–227.



Lindquist, D.C., R.F. Shaw & F.J. Hernandez Jr. 2005 Distribution patterns of larval and juvenile fishes at offshore petroleum platforms in the north-central Gulf of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 62: 655–665.

Love, R.M. 1970. *The chemical biology of fishes*. Academic Press, London and New York.

Lucano-Ramírez, G., S. Ruiz-Ramírez, J.A. Rojo Vázquez. 2005 biología reproductiva de *Prionotus ruscarius* (pisces:triglidae) en las costas de Jalisco y Colima, México. *Revista Digital Universitaria, Universidad de Guadalajara*. Vol. 6 N° 8: 2-13.

Lucano, G., M. Villagrán, S. Ramírez & T. López. 2001. Histología de los ovocitos de *Lutjanus* Perú (Nichols & Murphy, 1992) (Pisces: Lutjanidae). *Ciencias Marinas* 27(3): 335-349.

Macías, D., J.M Ortiz de Urbina, M.J. Gómez-Vives, L. Godoy, & J.M. de la Serna. Size distribution of Atlantic little tuna (*Euthynnus alletteratus*) caught by south western Spanish Mediterranean traps and recreational trawl fishery. SCRS/2008/189. 1-7 pp.

Mahmoud, H. 2009. Gonadal maturation and histological observations of *Epinephelus areolatus* and *Lethrinus nebulosus* in Halaieb/Shalatien area “Red Sea”, Egipt. *Global Veterinaria*, 3 (5): 414-423

Majkowski, J. 2005. Atunes y especies afines. Examen de la situación de los recursos pesqueros marinos mundiales. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. P. 260

Mancini, M.A. 2002. Introducción a la biología de los peces. Cursos Introducción a la Producción Animal y Producción Animal I, FAV UNRC. 19 pp.

- Manooch, C., D.L. Mason & S.N. Russell. 1985. Foods of Little Tunny *Euthynnus alletteratus* collected along the southeastern and Gulf Coasts of the United States. *Bulletin of the Japanese society of scientific fisheries*. 51 (8), 1207-1218.
- Margalef, R. 1977. *Ecología*. Omega, Barcelona, España. Millares, N., M. Borrero & E. González. 1979. Desove inducido de la biajaiba *Lutjanus synagris* Linné, 1758. *Rev. Cub. Invest. Pesq.* 4: 1-21.
- Margulies, D., J.M. Suter, S.L. Hunt, R.J. Olson, V.P. Scholey, J. B. Wexler & A. Nakazawa. 2007. Spawning and early development of captive yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Fish. Bull.* 105:249–265.
- Martínez, A. & P. Valera. (2007) *Atunero congelador al cerco de 1935 m3 de capacidad de cubas*. Proyecto 1263, E.T.S.I. Navales (UPM). 2007. 35 pp.
- Mather, F. J., J. M. Mason Jr & A. Jones. 1995. Historical document: life history and fisheries of Atlantic bluefin tuna, Pages 165 pp. Miami, NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-370.
- Meiners, C., L.A. Mier-Uco, J.P. Bouchot-Alegría & Mónica Tanit Durán-Parra. 2010. Dinámica reproductiva del bonito *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) de la costa central de Veracruz. XVI congreso nacional de oceanografía, Ensenada, Baja California, 8-12 de noviembre 2010. P. 16.
- Morán-Angulo, R.E. 2000. Análisis de la pesquería Mexicana del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* (Bonaterre 1788) en el Océano Pacífico Oriental, 1981-1990. Tesis de maestría en ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León. 93 pp.

Morgan, I.J., I.D. McCarthy & N.B. Metcalfe. 2002. The influence of life-history strategy on lipid metabolism in overwintering juvenile Atlantic salmon. *J. Fish Biol.*, 60: 674–686.

Muñoz, A.P., E. Criscuolo-Urbinati, G.A.Wills, H.O. Mojica-Benítez, J.F. González-Mantilla, J. H. Gamboa, J.A. Rodríguez-Pulido, J.A. Senhorini, J. Valverde-Pretelt, J. Botero-Arango, M.A. Macías, D., L. Lema, M.J. Gómez-Vives, J.M. Ortiz de Urbina & J.M. de la Serna. 2006. Some biological aspects of small tunas (*Euthynnus alletteratus*, *Sarda sarda* & *Auxis rochei*) from the south western Spanish Mediterranean Traps. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 59(2): 579-589.

Nakamura, I. 1985. FAO Species catalogue, vol. 5. Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. *FAO Fish. Synop.*, 125 (5), Rome: 65 pp.

Neves dos Santos M. & A. García. 2006. Observations on the catches of small tunas from a trap off The Algarve (southern Portugal). Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 59(3): 802-812.

Nikolski, 1963. The ecology of fishes. 1st ed. Academic Press, London, Great Britain. 352 pp.

Nishikawa, Y., M. Honma, S. Ueyanagi & S. Kikawa. 1985. Average distribution of larvae of oceanic species of scombroid species, 1956 - 1981. Far Seas Fisheries Research Laboratory Serie S 12:99 pp.

OIE. 2012. Infección por bonamia exitiosa. Manual Acuático. 12 pp.

Oliva, J.W., W. Carvajal & A. Tresierra. 1982. Reproducción e histología de gónadas de peces. Universidad Nacional de Trujillo, Departamento de Ciencias Biológicas, Sección de Recursos Acuáticos, Trujillo, Perú, 93 pp.

Ortiz-Lozano L., A. Granados-Barba, & I. Espejel-Carbajal, 2007. El contexto regional del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y las implicaciones para su manejo. In: A. Granados Barba, L. Abarca Arenas y J.M. Vargas Hernández (Eds.) Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche. Pp. 275-286.

Ortiz-Lozano, L., A. Granados Barba, V. Solis-Weiss & M.A García-Salgado. 2005. "Environmental evaluation and development problems of the Mexican coastal zone". *Ocean and Coastal Management*. 48:161–176.

Ortiz de Zárate, V., D. Macías, K. Satoh & H. Saito. 2004. Information on the reproduction of albacore (*Thunnus alalunga*) in the central and tropical north Atlantic in 2002. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 56(4): 1450-1462.

Pascual, L., S. Saber, M.J. Gómez-vives & D. Macías. 2010. Estimación de dos parámetros reproductivos: edad y talla de primera madurez y fecundidad; en el bonito atlántico (*Sarda sarda*) capturados en almadrabas del Mediterráneo Español durante 2008-2009. Joint GFCM/ICCAT Expert meeting on small tunas fisheries in the Mediterranean , Madrid, 2010. SCRS/2010/129.

Ratty, F.J., R.M. Laurs & R.M. Kelly. 1990. Gonad Morphology, Histology, and Spermatogenesis in South Pacific Albacore Tuna *Thunnus alalunga* (Scombridae). *Fishery Bulletin*, US. 88:207-216.

Rodríguez-Roda, J. 1966. Estudio de la Bacoreta, *Euthynnus alletteratus* (Raf), Bonito, *Sarda sarda* (Bloch) y melva *Auxis thazard* (Lac), capturados por las almadrabas españolas. *Investigación pesquera Barcelona*, 30: 247-292.

Samoilys, M. A. & A. Roelofs. 2000. Defining the reproductive biology of a large serranid, *Plectropomus leopardus*. CRC Reef Research Technical Manual 31, 36pp.

Sampedro, M.P., V. Trujillo & M. Saínza. 2005. INBIO: Software para estimación de incertidumbre de parámetros biológicos. Documento Interno del Instituto Español de Oceanografía, 21 pp.

Santamaría-Miranda, A. & A. A. Rojas-Herrera. 1997. Análisis de la variación morfológica del huachinango, *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Pisces: Lutjanidae) en el litoral de la costa chica de Guerrero, México. Periodo noviembre 1992-diciembre 1994. Sociedad Ictiológica Mexicana. Resúmenes del V Congreso Nacional de Ictiología. Mazatlán, Sinaloa, México. 170

Santamaria, N., A. Corriero, S. Desantis, D.Zubani, R. Gentile, V. Sciscioli, M. de la Serna, C.R. Bridges & G. De Metrio. 2003. Testicular cycle of the Mediterranean bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). Cah. Opt. Med. 60:183–185

Schaefer, K.M. 1987. Reproductive biology of black skipjack, *Euthynnus lineatus*, an Eastern pacific tuna. Inter-American tropical tuna commission. Bulletin Vol. 19, No. 2: 169-214.

Schaefer, K. M. 1996. Spawning time, frequency, and batch fecundity of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, near Clipperton Atoll in the eastern Pacific Ocean. Fish. Bull., 94: 98-112.

Schaefer, K.M. 1998. Reproductive biology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern pacific ocean. Inter-American tropical tuna commission. Bulletin Vol. 21, No. 5: 205-221.

Schaefer, K. M. 2001. Reproductive biology of tunas. In: Tunas: Ecological Physiology and Evolution. (Eds.) Block, B.A. and E.D. Stevens. Academic Press: 225-270 pp.

Shein, N. L., H. Cruda, T. Arakawa, K. Mizuno & K. Soyano. 2004. Ovarian development and final oocyte maturation in cultured seven band grouper *Epinephelus septemfasciatus*. Fisheries science, 70: 360-365.

Shook, P. 2008. Fly fisher's guide to North East coast. 1st ed. Wilderness Adventures Press, Inc. Canada. 479 pp.

Silverstein, J.T., K.D Shearer, W.W. Dickhoff, & E.M Plisetskaya. 1998. Effects of growth and fatness on sexual development of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) parr. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 55: 2376–2382.

Sparre, P., S.C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO Documento Técnico de Pesca No. 306/1, Roma, FAO, 420 pp.

Susca V., A. Corriero, C.R Bridges, G. De Metro. 2001. Study of the sexual maturity of female bluefin tuna: purification and characterization of vitellogenin and its use in an enzyme-linked immunosorbent assay. *J. Fish Biol.* 58: 815-831.

Timohina, O.I. & E.V. Romanov. 1996. Characteristics of ovogenesis and some data on maturation and spawning of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758), from the western part of the Equatorial Zone of the Indian Ocean. IOTC Proceedings, 6th Expert Consultation on Indian Ocean Tunas, Vol. 9: 247-257.

Trippel, E. A. & H. H. Harvey. 1991. Comparison of methods used to estimate age and length of fishes at sexual maturity using populations of white sucker (*Catostomus commersoni*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 1446-1459.

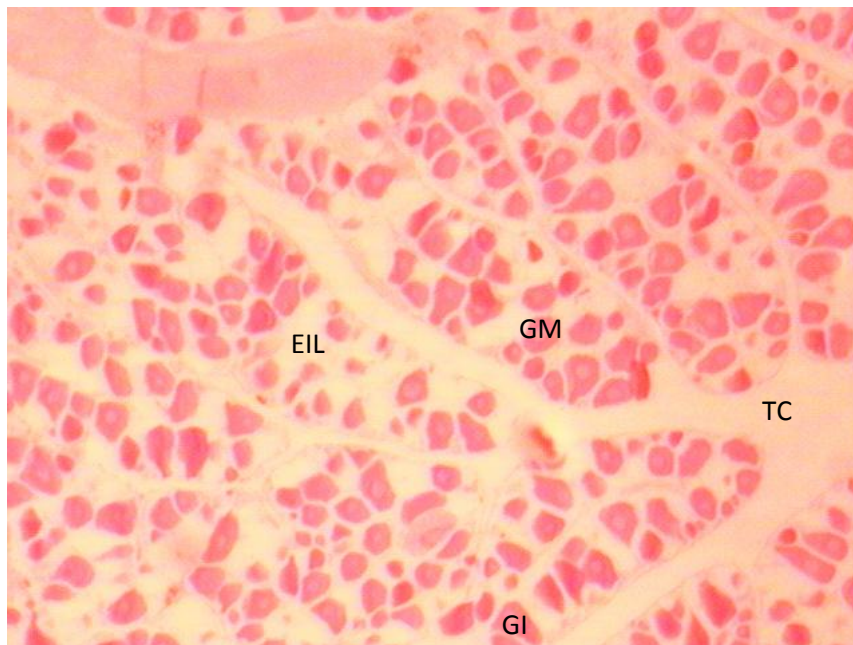
Tyler C.R. & J.P. Sumpter (1996) Oocyte growth and development in teleosts. *Fish Fisheries Rev* (in press).

Valeiras, J. & E. Abad. 2006. Descripción de la bacoreta. Vol. Sci. Pap. ICCAT 2.1.10.5 LTA.

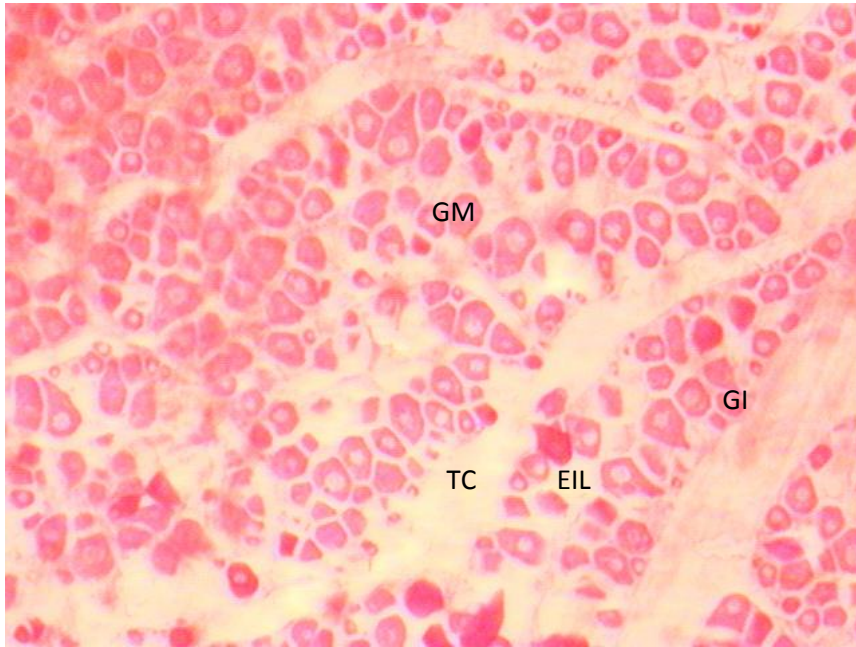
Valeiras, X., D. Macías, M.J. Gómez, L. Lema, D. Godoy, J.M. Ortiz de Urbina & J.M. de la Serna. 2008. Age and growth of Atlantic little tuna (*Euthynnus alletteratus*) in the western Mediterranean sea. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 62(5): 1638-1648.

Weibel, E.R., G.S. Kistler, W.F. Scherle. 1966. Practical stereological methods for morphometric cytology. J Cell Biol 30:23–38.

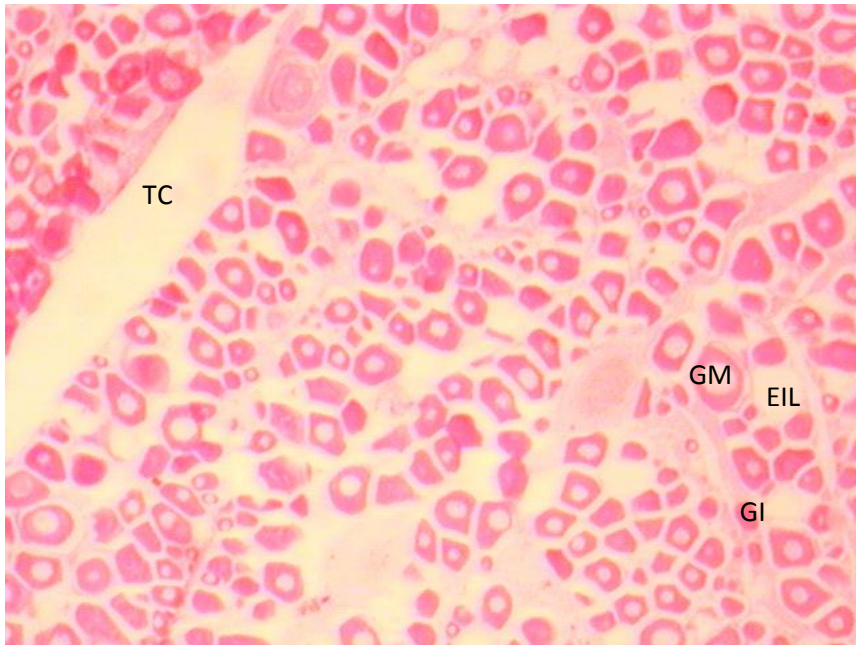
## 10. ANEXOS FOTOGRÁFICOS.



Diciembre.

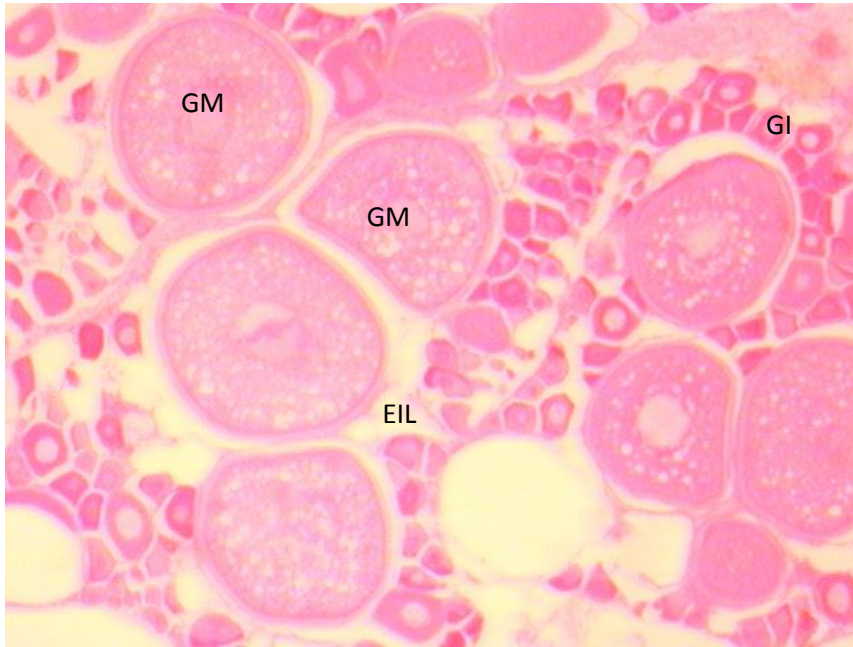


Enero.

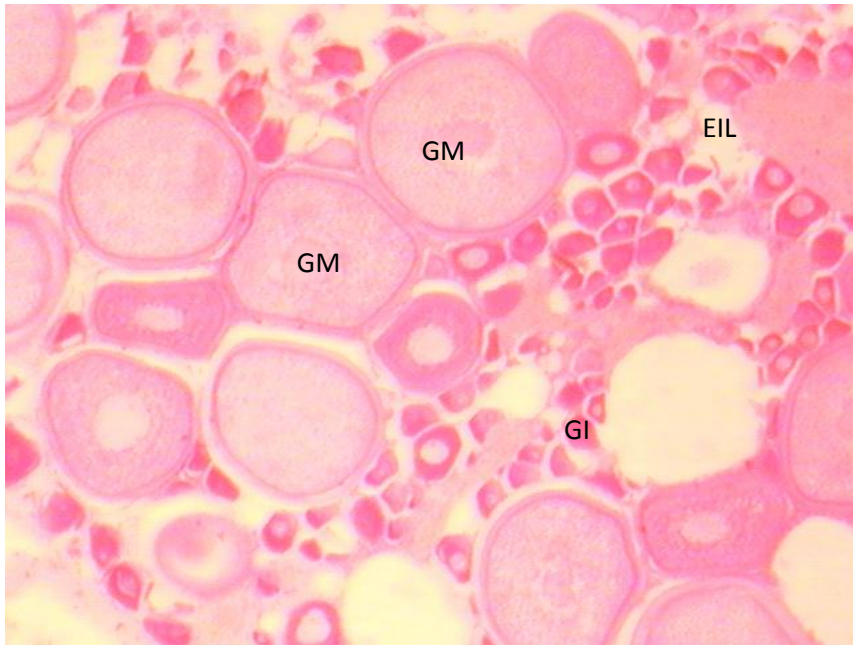


Marzo.

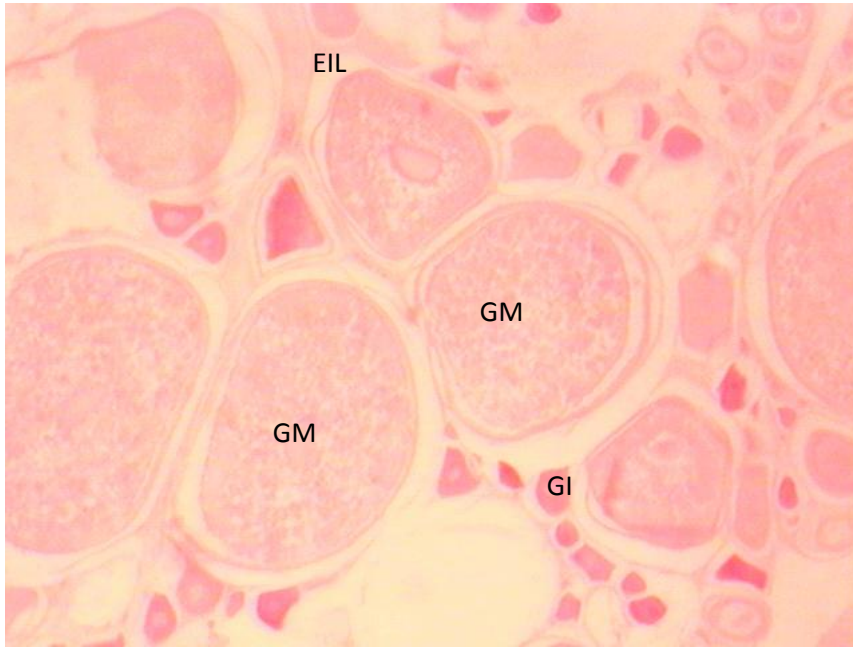




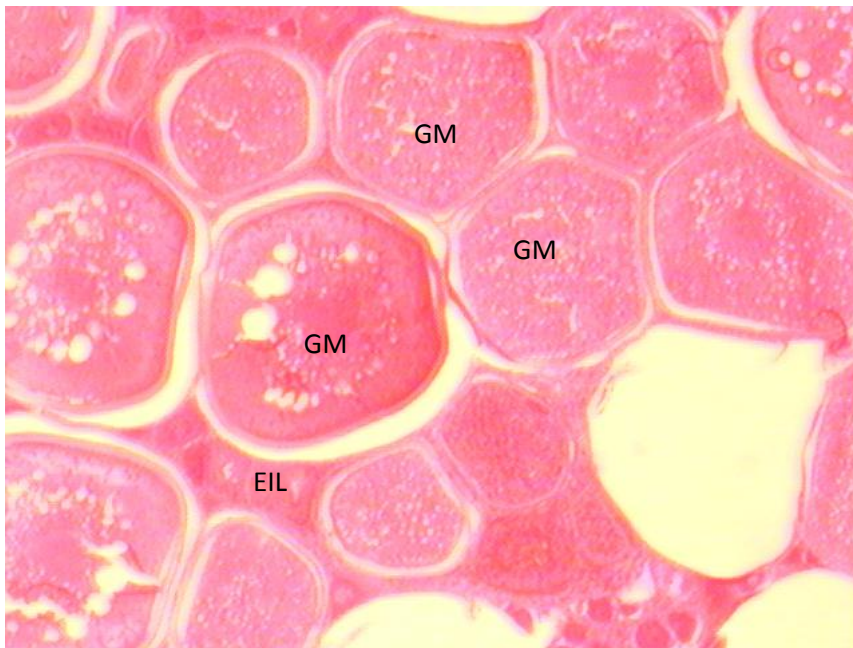
Abril



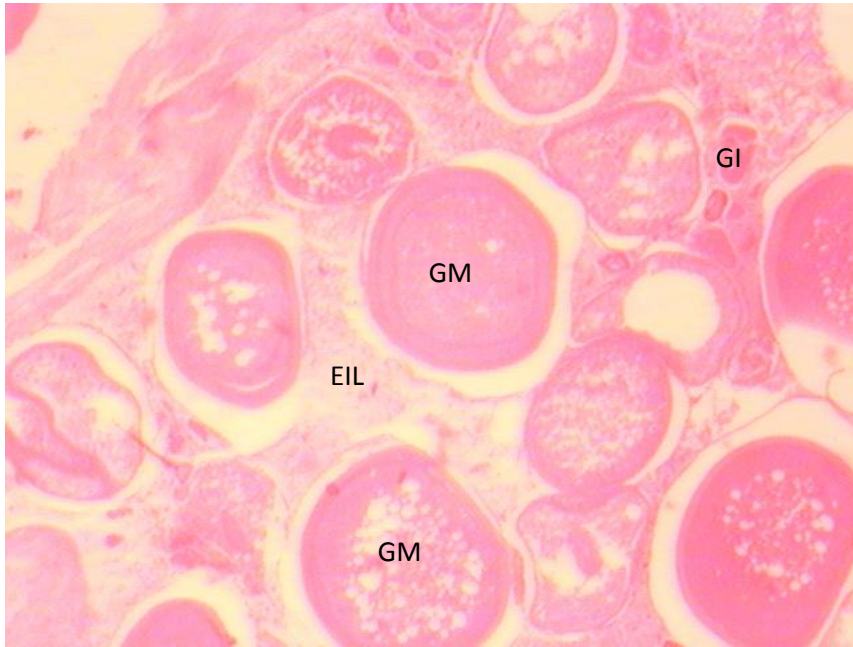
Mayo.



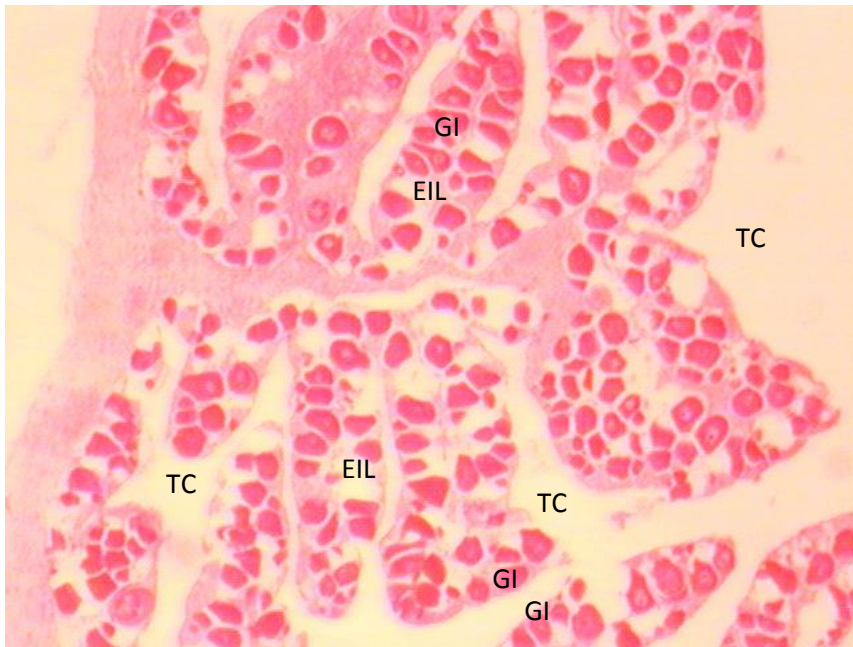
Junio.



Julio.

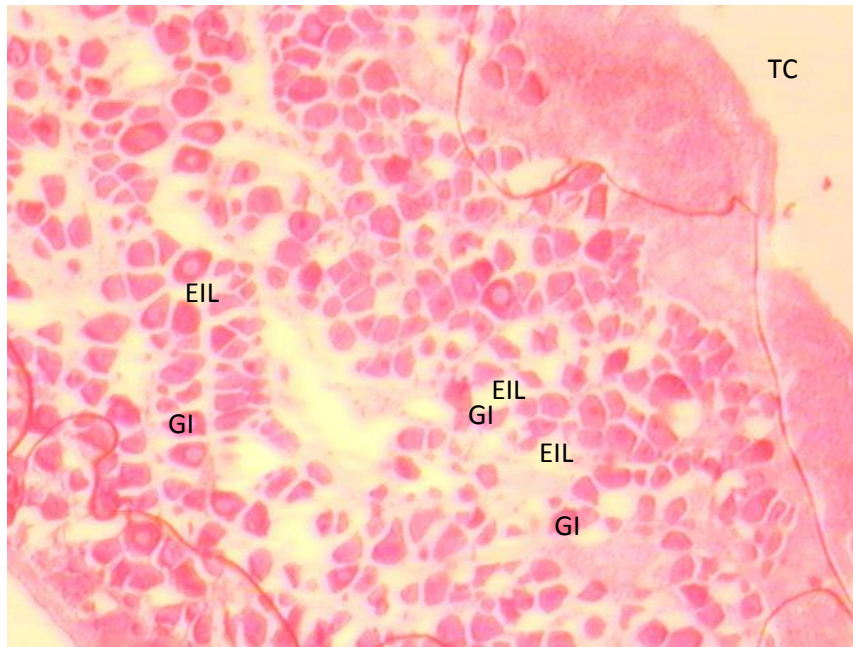


Septiembre.



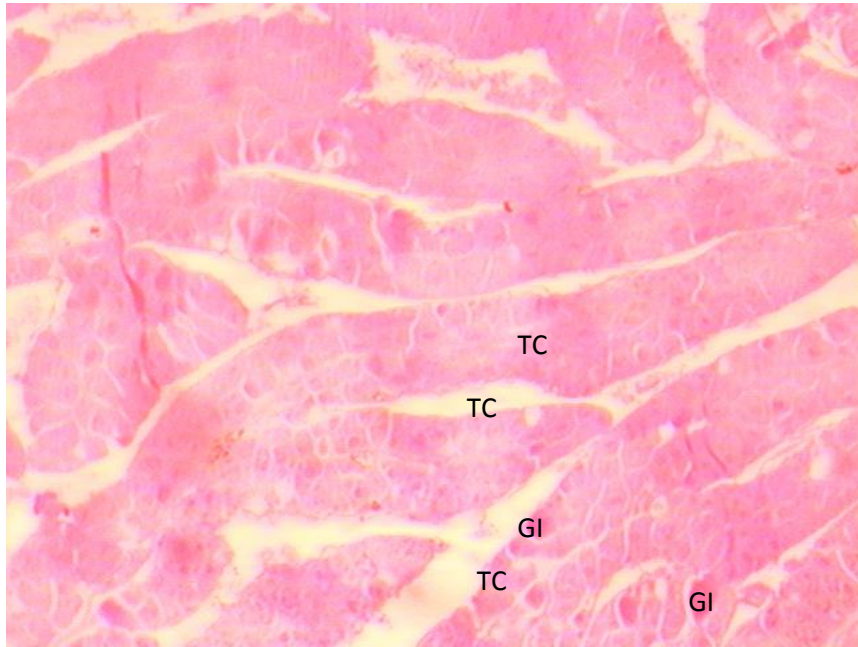
Octubre.



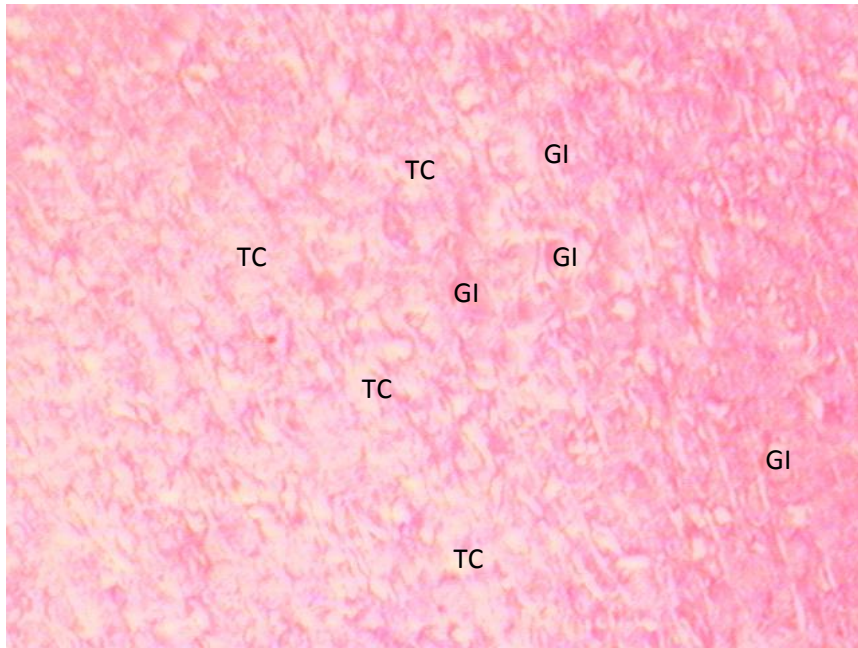


Noviembre.

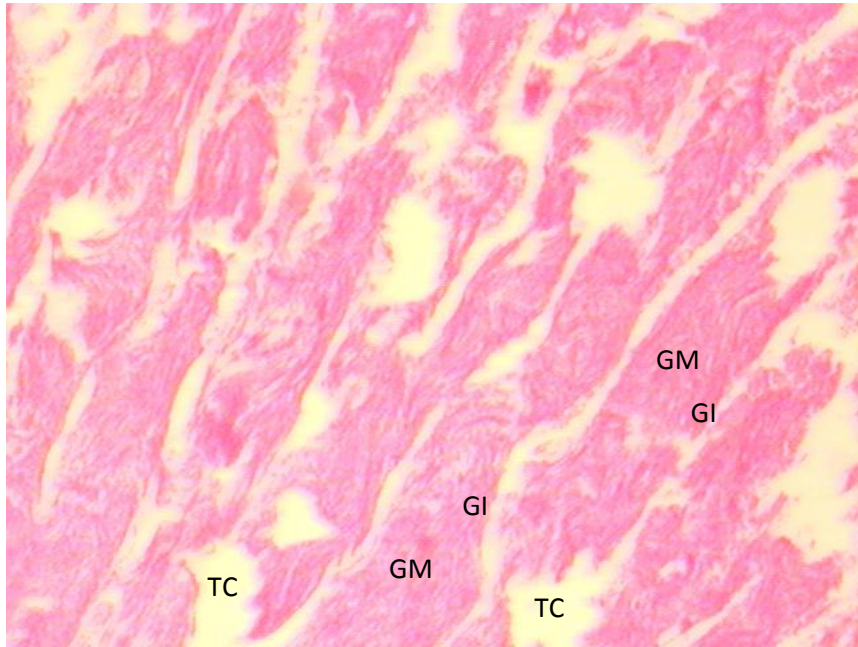
**Imagen 2.** Variación mensual ovárica de *E. alletteratus* capturado en el suroeste del Golfo de México de diciembre a noviembre, visto con objetivo de 5x. Tejido conectivo (TC), espacios intralamelares (EIL), gametos inmaduros (GI) y gametos maduros (GM).



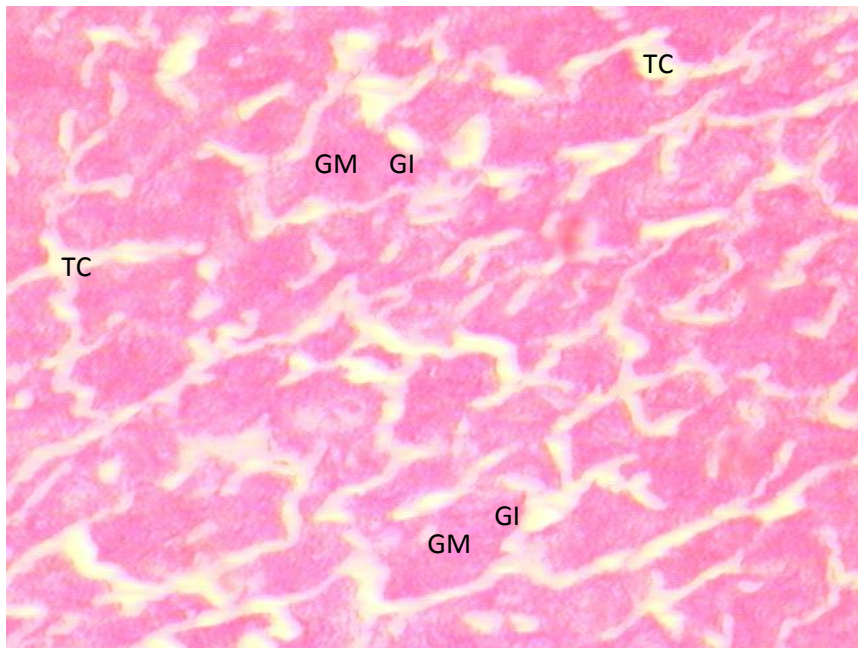
Enero.



Marzo.

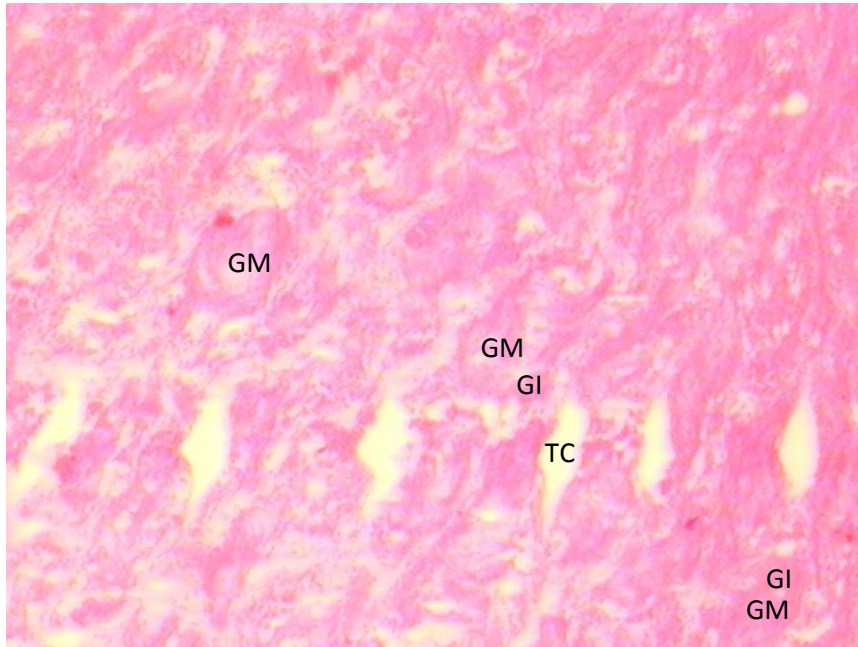


Abril.

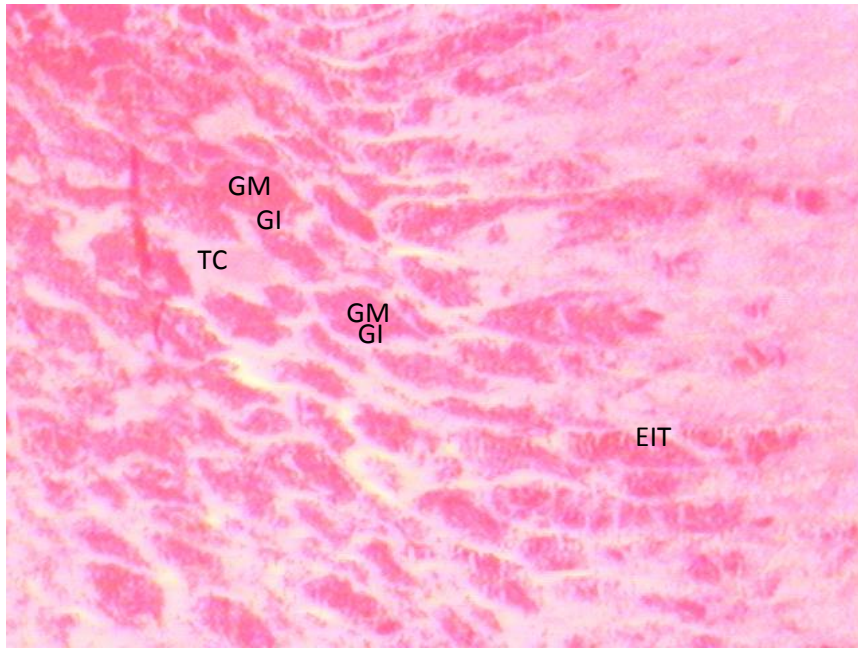


Mayo.

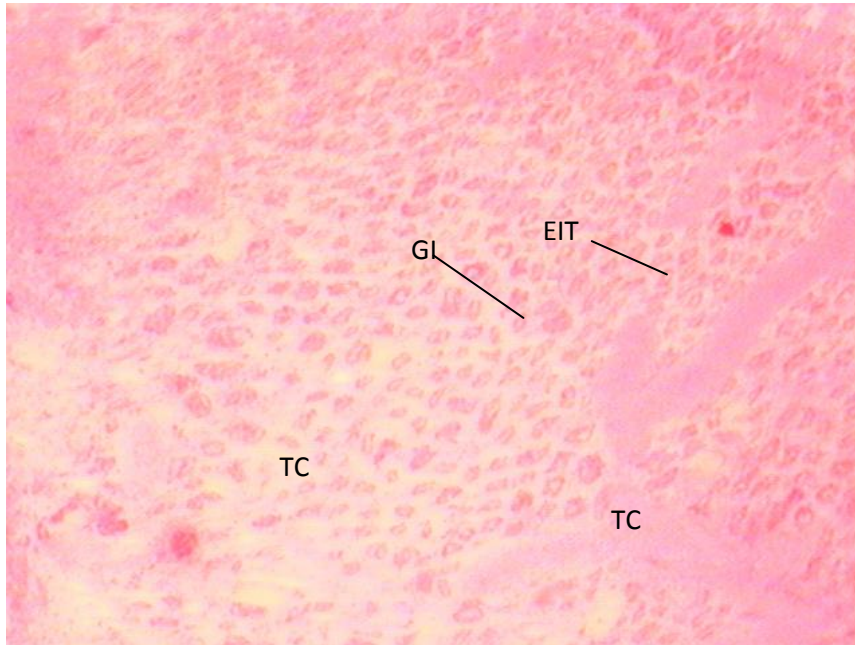




Julio.



Septiembre.



Octubre.

**Imagen 3.** Variación mensual testicular de *E. alletteratus* capturado en el suroeste del Golfo de México, visto con objetivo de 5x. Tejido conectivo (TC), espacios intratubulares (EIT), gametos inmaduros (GI) y gametos maduros (GM).