



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

**“ECOLOGÍA TRÓFICA Y REPRODUCTORA DEL PEZ SAPO RETICULADO
(*Sanopus reticulatus*) ENDÉMICO DE LA COSTA NORTE DE YUCATÁN,
MÉXICO”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER TÍTULO DE:
B I Ó L O G O
P R E S E N T A
MARCO ANTONIO FLORES RIVERO

**DIRECTOR DE TESIS:
M. EN C. MARIBEL BADILLO ALEMÁN**



LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MÉXICO. 19 AGOSTO 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TWO NEW SPECIES OF CORAL TOADFISHES,
FAMILY BATRACHOIDIDAE, GENUS *SANOPUS*,
FROM YUCATAN, MEXICO, AND BELIZE

Bruce B. Collette

Abstract.—*Sanopus reticulatus*, new species, is described from three specimens collected at Progreso, Yucatan, Mexico. It differs from the other species of *Sanopus* in its reticulate body pattern and shorter distance from snout to second dorsal fin origin (403–419 versus 420–487 thousandths of standard length). It is most closely related to *S. barbatus* and *S. johnsoni*, species with mottled bellies, branched chin barbels, and high numbers of fin rays and vertebrae. *Sanopus greenfieldorum*, new species, is described from three specimens collected at Carrie Bow Cay, Belize. It is most closely related to *S. astrifer* but has light lines on its head instead of light spots.

While examining fishes in the Zoological Museum of the University of Hamburg (ZMH) in September 1982, I was surprised to discover a fine specimen of toadfish collected in Yucatan in 1893 that was identified as *Opsanus tau*. It was clearly a specimen of *Sanopus* with a distinctive pattern and was from the Gulf of Mexico, beyond the known range of the genus (Cozumel Is., Quintana Roo, south to Panama); I suspected it represented an undescribed species. Subsequently, two additional specimens of this species were located at the Museum of Comparative Zoology (MCZ) at Harvard that had been misidentified as *Opsanus pardus* by Barbour and Cole (1906). A second new species was discovered first by David W. and Teresa A. Greenfield on the barrier reef near Carrie Bow Cay, Belize, in 1974 about the time my (1974) revision of *Sanopus* was published. Another specimen of this species was collected at Carrie Bow Cay in 1980, and a juvenile in 1983.

The purpose of this paper is to describe these two new species and to compare them with the four known species in the genus: *S. barbatus* (Meek and Hildebrand), *S. astrifer* (Robins and Starck), *S. splendidus* Collette, Starck, and Phillips, and *S. johnsoni* Collette and Starck (see Collette 1974).

Counts and measurements follow those given in my review of *Sanopus*. Tables of meristic data presented there are not repeated here. Material of the four previously treated species housed at the National Museum of Natural History (USNM) was compared with the new species. Specimens of *S. astrifer* and *S. barbatus* from the Field Museum of Natural History in Chicago (FMNH) collected subsequent to 1974 were examined to increase the sample size of comparative material.

Sanopus reticulatus, new species

Figs. 1A–B

Opsanus pardus non Goode and Bean, Barbour and Cole, 1906:159 (two specimens from Progreso).

Holotype.—ZMH 20930, male, 236 mm SL, Mexico, Yucatan, Progreso; Weiss, 25 Jan 1893.

to M & M
with Dist. Vishes
Starck B. Collette

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	9
ANTECEDENTES	10
OBJETIVOS	12
Objetivo General	12
Objetivos particulares.....	12
ÁREA DE ESTUDIO	13
CARACTERIZACIÓN DE LA ESPECIE	15
MATERIAL Y MÉTODO.....	17
1.- Recolecta de material biológico	17
2.- Métodos de laboratorio	18
2.1 Biometrías	18
2.2 Relación Peso-Longitud	18
2.3 Aspectos de la biología reproductora.....	18
2.3.1 Época reproductora	18
2.3.1.1 Índice gonadosomático (IGS)	19
2.3.1.2 Evaluación de la condición reproductora de los organismos.....	19
2.3.2 Proporción sexual	25
2.3.3 Fecundidad	25
2.4 Aspectos tróficos	26
2.4.1 Composición de la dieta.....	26
2.4.1.1 Porcentaje de área (PA)	26
2.4.1.2 Método gravimétrico (porcentaje de peso)	26
2.4.1.3 Frecuencia de ocurrencia (FO).....	27
2.4.1.4 Índice de importancia relativa (IIR)	27
2.4.1.5 Método gráfico de Costello (1990).....	27
2.4.2 Nivel trófico	28
2.4.3 Factor de condición	29
RESULTADOS.....	30
1. Relación Peso-Longitud	32
2. Aspectos de la biología reproductora.....	34
2.1 Índice gonadosomático (IGS).....	34
2.2 Evaluación de la condición reproductora de los organismos	35
2.2.1 Descripción macroscópica de las gónadas.....	35
<i>Escala macroscópica de madurez gonadal</i>	36
<i>Escala macroscópica ilustrativa de madurez gonadal</i>	37
2.2.2 Descripción microscópica de los ovarios	38
2.2.3 Descripción microscópica de los ovocitos.....	39
Crecimiento primario (CP)	39



Ovocitos en alveolos corticales (CA)	39
Ovocitos vitelogénicos primarios (Vgt1)	39
Ovocitos vitelogénicos secundarios (Vgt2)	40
Ovocitos vitelogénicos terciarios (Vgt3)	40
<i>Escala microscópica de madurez gonadal</i>	42
<i>Escala microscópica ilustrativa de madurez gonadal</i>	43
2.2.4 Otras estructuras	44
Folículos postovulatorios	44
Atresia.....	45
2.2.5 Descripción macroscópica de los testículos	46
<i>Escala macroscópica de madurez gonadal</i>	47
<i>Escala macroscópica ilustrativa de madurez gonadal</i>	48
Glándulas accesorias	49
2.2.6 Descripción microscópica de los testículos	51
Espermatogonia (Sg)	52
Espermatocitos primario (Sc1).....	52
Espermatocitos secundarios (Sc2)	52
Espermatidas (St)	53
Espermatozoides (Sz).....	53
<i>Escala microscópica de madurez gonadal</i>	54
<i>Escala microscópica ilustrativa de madurez gonadal</i>	55
Estimación de la época reproductora por medio de la madurez gonadal	56
2.3 Proporción sexual	58
2.4 Fecundidad	58
2.5 Aspectos tróficos	58
2.5.1 Composición de la dieta.....	58
Variación temporal.....	60
Nivel trófico	65
Factor de condición	66
DISCUSIÓN.....	67
Aspectos de la biología reproductora	67
Aspecto trófico.....	69
Factor de condición	71
CONCLUSIONES.....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73



Resumen

México posee aproximadamente 2700 especies de peces, de las cuales 271 son endémicas; de una porción de estas especies endémicas se desconoce su estado de conservación y de otra porción se sabe que se encuentran amenazadas. Al desconocimiento del estado de conservación de estas especies, se le suman la falta de reconocimiento de su relevancia ecológica y el desconocimiento de muchos aspectos de su biología básica como es el caso de *Sanopus reticulatus*, especie marina endémica de la Costa Norte de Yucatán, de la cual se desconoce prácticamente toda su biología y se sugiere su inclusión en la lista roja de la IUCN con la categoría de datos insuficientes o vulnerable. Ante este panorama, en este estudio se abordaron aspectos de la reproducción y alimentación de *S. reticulatus*, que permitirán conocer aspectos de la dinámica de su población, así como su estrategia reproductora y el papel funcional que tiene en su ecosistema. Se recolectaron 72 ejemplares, (25.3-41.6 cm LT; 160-1042.3 g) por medio de arpón durante inmersiones de buceo libre entre mayo de 2014 a febrero de 2015.

Se estimó el índice gonadosomático (IGS), la fecundidad, la proporción sexual y se realizó una descripción histológica de las gónadas para establecer las fases de madurez de los organismos, asimismo se analizaron los componentes de la dieta, se calculó el nivel trófico de la especie y el factor de condición. Los valores del IGS ayudaron a establecer que la época reproductora ocurre de Octubre a Noviembre. La fecundidad se estimó entre 247 a 508 huevos por hembra y se determinó una proporción sexual H-M de 3.2:1. Con respecto a los componentes de la dieta de *S. reticulatus*, se encontró un total de 15 presas diferentes, siendo las más importantes, de acuerdo al índice de importancia relativa, los Majidae (67.25%), los Porcellanidae (26.37%) y los peces (33.67%). El nivel trófico determinado para esta especie fue de 3.55 (s. e. 0.60), por lo que podemos decir que se ubica como consumidor terciario. El coeficiente de alometría fue de 3.12, indicando un crecimiento isométrico. Los resultados de este estudio permitieron determinar que *S. reticulatus* es un organismo bentónico, sin dimorfismo sexual externo, carnívoro con preferencia a alimentarse de crustáceos de la familia Majidae y Porcellanidae, además de peces y moluscos.



AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A mis padres, Ericka Rivero y René Flores por todo su apoyo brindado durante mis estudios, por preocuparse por mi día a día, asegurando un futuro y sobre todo por aun estar a mi lado apoyándome en todo, infinitas gracias.

A mi abuelita Silvia Balderas, por su apoyo y consejos que me han sabido acompañar hasta la fecha, a mis tíos (Belem y José) por brindarme su compañía, risas y aventuras. A mi Hermana Amalinalli Rivero, por ser mi compañía de aventuras, escucharme, y sobre todo por el mejor regalo brindado.... mi sobrina Danae.

A Zaira Ovalle, por compartir tantas aventuras conmigo, estar a mi lado pese a tantos conflictos y adversidades, y sobre todo por todo lo que nos espera, gracias por todo "pichu" ♥ Scarlett...

A mis amigos, Antonio Vargas "Poter", Lupita Díaz, Raquel Martínez, Pastelin Rodríguez, por acompañarme en tantos momentos buenos y malos, ser parte importante en mi vida, escucharme y compartir lo mejor a mi lado.

A mis amigos de la facultad, Florencio, Edgar e Ilse, por siempre escucharme, estar a mi lado pese a los conflictos vividos, el tiempo sin vernos y sobre todo por brindarme lo mejor de ellos y una amistad infinita. Gracias a Ilse Torres por ser parte importante en mi vida, mi amiga y brazo derecho, por brindarme su sincera amistad, por permitirme formar parte de su vida y darme los mejores consejos que siempre me acompañaran.

Muchas Gracias a Todos.
Mi bello Ángel.
<°)(((><

AGRADECIMIENTOS TÉCNICOS

A la M. en C. Maribel Badillo, por ser mi tutora de tesis, gracias por su constante apoyo en la planeación, realización y revisión de este proyecto de investigación.

Al comité de revisores de esta tesis, Biól. José Antonio Martínez, M. en C. Alfredo Gallardo, Biol. Carlos Bedia, y M. en C. Jonathan Franco.

Al Dr. Daniel Arceo por su gran apoyo y asesoría en la elaboración de este proyecto. Al Dr. Xavier Chiappa, por sus revisiones y comentarios para fortalecer más este trabajo.



Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Ecología de Zonas Costeras (www.sisal.unam.mx/labeco) de la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación Sisal de la Facultad de Ciencias, UNAM, gracias al apoyo financiero obtenido mediante los proyectos PAPIIT (IN213012 y PROMEP 103.5/12/2122), bajo la responsabilidad del Dr. Xavier Chiappa Carrara y PAPIIT (IA202913-2) bajo la responsabilidad del Dr. Daniel Arceo Carranza.

Agradezco la participación de los técnicos académicos adscritos al grupo de trabajo, M. en C. Alfredo Gallardo Torres, M. en C. Korinthya López Aguiar y Dra. Patricia Guadarrama Chávez por su asesoría y apoyo técnico en las diferentes etapas de esta investigación. De igual manera, reconozco la colaboración del Dr. Luis H. Salinas Peba en la toma de fotografías.

Agradezco al PAPIIME PE204012 por la beca que me fue otorgada para terminar mis estudios en la UNAM mediante el proyecto “Enseñanza de las metodologías para establecer las bases ecológicas de la restauración y conservación de humedales costeros” PAPIIME PE204012 bajo la responsabilidad de la Dra. Patricia Guadarrama Chávez.

A Enrique Mex, por su valioso esfuerzo durante la captura de los organismos, sus consejos y su amistad brindada, infinitas gracias amigo “Kike”.

A todos los amigos que conocí en SISAL: Armando, Fernando Mex, Katia, Carlos, Vero, Héctor, Scarlett, Nico, y Luis. Gracias por hacer más amena mi estancia en la Unidad.



INTRODUCCIÓN

México se encuentra entre los países denominados “megadiversos”, ya que posee una alta diversidad de especies de plantas y animales. Ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en diversidad de vertebrados y también el cuarto lugar en especies endémicas de vertebrados. Entre los vertebrados, los peces son el grupo más abundante y diverso (Espinosa-Pérez 1993, Miller et al. 2009, Ceballos 2009), y de las 27000 mil especies que se estima existen a nivel mundial, se considera que México posee aproximadamente el 10%, es decir, 2700 especies de peces entre marinas y continentales, de estas 271 son endémicas.

Del total de peces endémicos mexicanos, una destacada proporción se considera amenazada. Las amenazas para su sobrevivencia son principalmente antropogénicas, a las que se suman algunas características intrínsecas de las poblaciones de peces, como el tamaño reducido y los hábitats restringidos (Torres-Orozco y Pérez-Hernández, 2011). Adicionalmente, la falta de información de las especies y la carencia de planes de manejo sustentable y estrategias de conservación de las poblaciones agravan su situación.

En México se desconoce el estado de conservación de la mayoría de los peces marinos y aunque las fuentes oficiales (NOM-059-2010) sólo hacen referencia a 16 especies, de las cuales sólo una se considera en peligro de extinción, se estima que muchas más podrían estar amenazadas (Torres-Orozco y Pérez-Hernández, 2011). Tal es el caso de *Sanopus reticulatus*, especie marina endémica de Yucatán, a quien Gallardo-Torres *et al.*, (2012) señalan que al ser una especie con un ámbito de distribución sumamente restringido (Progreso, Reserva Estatal El Palmar y ocasionalmente Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán) y por la falta de datos acerca de su biología, sugieren su inclusión en la NOM-059 de protección a especies nativas de México. Por otra parte, estos mismos autores señalan que a *S. reticulatus*, la IUCN, la enlista como nativa de Belice, probablemente se confunda a *S. reticulatus* con *S. greenfieldorum* Collete 1983, el cual es un pez endémico de Belice. Por este hecho, se sugiere la inclusión de *S. reticulatus* en la lista de la IUCN con la categoría de “Datos insuficientes” o “Vulnerables”.

Al desconocimiento del estado de conservación de la mayoría de las especies endémicas, se le suman la falta de reconocimiento de su relevancia ecológica y el desconocimiento de muchos aspectos de su biología básica. Ante este panorama y la responsabilidad de conocer y conservar este patrimonio, en este estudio se abordaron aspectos de la reproducción y alimentación de *S. reticulatus*, que permitirán conocer la dinámica de su población, así como su estrategia reproductora y el papel funcional que tiene en su ecosistema. Esta información aportará elementos útiles en la elaboración de estrategias de manejo, encaminadas a la conservación, protección y aprovechamiento de los recursos en las Áreas Naturales Protegidas de Yucatán, cuyos objetivos son preservar la diversidad genética de las áreas, con énfasis en las especies que se encuentran



con algún estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2001 y aquellas que son nativas y representativas para el mantenimiento de la integridad y funcionamiento de los ecosistemas.

ANTECEDENTES

S. reticulatus ha sido pobremente estudiada, su conocimiento se limita a publicaciones donde hacen la descripción original de la especie y una revisión del género *Sanopus* (Greenfield et al., 2008), a bases de datos como ITIS, Fishbase y colecciones científicas (Colección Ictiológica Regional de Referencia UMDI-Sisal clave: YUC PEC-239-01-11, la Colección Ictiológica del Museo de Zoología de Hamburgo y la Colección del Museo Nacional de Historia Natural Smithsonian) y a listados taxonómicos y catálogos donde se indica la presencia de *S. reticulatus* para Yucatán (Zarco et al., 2014; Gallardo-Torres et al., 2012, 2014; Nelson et al., 2004). Por lo tanto, se desconocen los aspectos básicos de la biología de *S. reticulatus*. Sin embargo, existe información acerca de la reproducción y alimentación de algunas especies emparentadas, las cuales se citan a continuación:

- * Gray y Winn (1961), estudian la ecología reproductiva de *Opsanus tau*, encontrando una relación con la producción de sonido y el periodo reproductivo.
- * Hoffman (1962 y 1963), estudia las gónadas, vesículas seminales, ductos, espermatogénesis y las variaciones estacionales de *Opsanus tau*.
- * Wilson et al. (1982), estiman la edad basándose en otolitos y hábitos alimenticios de *Opsanus tau* (L), encontrando una edad máxima de 8 años y preferencias por crustáceos, pulpos, fragmentos de almejas y anchoas.
- * Varas & Ojeda (1990), encuentran que *Aphos porosus* es una especie carnívora estricta, consumidora de gasterópodos, bivalvos, peces y crustáceos decápodos.
- * Cervigon et al. (1992), mencionan como recurso alimenticio para el hombre a *Porichthys plectrodon*.
- * Vianna et al. (2000), estudian a *Porichthys porossissimus* como especie acompañante en la pesca de camarón rosa, encontrando que el periodo de desove ocurre antes de la temporada de veda y su pico de reclutamiento después de ella.
- * Barni et al. (2001), estudian la morfología del aparato genital de *Opsanus tau* y *Porychthys notatus*, encontrando órganos accesorios más desarrollados en *O. tau* y la secreción de sialoglicoproteínas y mucinas como componentes del fluido seminal.
- * Palazón et al. (2001), aportan información acerca de la biología reproductiva de *Holobatrachus didactylus*, mencionando una baja actividad alimentaria durante el periodo de desove.
- * Gallardo et al. (2004), analizan las estructuras reproductivas de *Opsanus beta* y sus etapas del ciclo de vida reproductivo.



- * Rita Sa (2006), estudia la dieta de varias familias de peces en España, encontrando que *Halobatrachus didactylus* es consumidor de tanaidáceos, anfípodos e insectos.
- * Canto y Cendejas (2007), estudian la distribución, abundancia y preferencias alimenticias de *Opsanus phobetron*, encontrando que las tallas menores consumen microcrustáceos, mientras que tallas mayores peces y gasterópodos.
- * Sisneros *et al.* (2009), estudian los cambios morfométricos asociados con el ciclo anual reproductor y el comportamiento de *Porichthys notatus*.
- * Palazón *et al.* (2010), estudian la edad, mortalidad y crecimiento de *Halobatrachus didactylus*, reportando una edad de madurez sexual más temprana, tallas mayores y una mayor mortalidad en machos que en hembras.



OBJETIVOS

Objetivo General

Conocer la estrategia reproductora y establecer las preferencias tróficas de *Sanopus reticulatus* en la costa norte de Yucatán

Objetivos particulares

- Conocer el ciclo reproductor de *S. reticulatus* a través del estudio de sus gónadas.
- Establecer los criterios macroscópicos para elaborar una escala empírica apreciativa e ilustrativa de la madurez gonadal específica para *S. reticulatus*.
- Establecer los criterios microscópicos para elaborar una escala descriptiva e ilustrativa de la madurez gonadal específica para *S. reticulatus*.
- Conocer la proporción sexual y la fecundidad de *S. reticulatus*.
- Describir los componentes que constituyen la alimentación de *S. reticulatus* y su variación en el tiempo.
- Determinar el nivel trófico que ocupa *S. reticulatus*.



ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio para esta investigación se centró principalmente en la franja marina que se encuentra dentro del polígono de la Reserva Estatal El Palmar. Esta reserva se encuentra en la península de Yucatán, al noreste del estado y abarca una extensión de 50,177.39 hectáreas, incluyendo una franja marina de 3 km de ancho por 43 km de línea de costa y de hasta 4 metros de profundidad. Se localiza entre los $90^{\circ} 00' 00''$ y $90^{\circ} 22' 30''$ de longitud Oeste y los $20^{\circ} 55' 00''$ y $21^{\circ} 11' 00''$ de latitud Norte. Está situada a 55 km de la ciudad de Mérida, capital del estado y comprende los municipios de: Celestún y Hunucmá. Los poblados cercanos son: al oriente, el Puerto de Sisal; al sur-poniente, el Puerto de Celestún; al norte colinda con aguas del Golfo de México. Al sur-poniente colinda con la Reserva de la Biosfera Ría Celestún

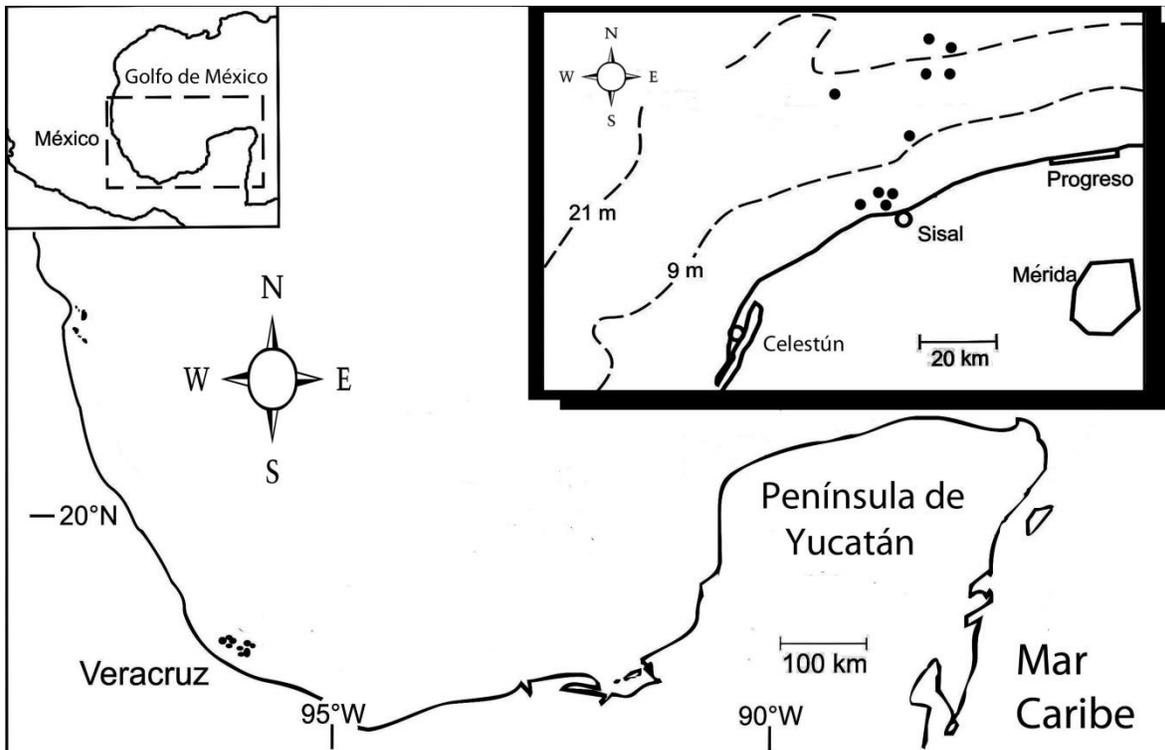


Figura 1.- Mapa del área de estudio en donde se aprecia en la parte superior derecha los sitios de muestreo para *S. reticulatus*.

El clima es de cálido seco a semi seco: BSI (h) w (i'), con una temperatura promedio de 26.5°C , con una precipitación media de 700-800 mm. Cuenta con tres



temporadas climáticas: secas (marzo-mayo), lluvias (junio-octubre) y nortes (noviembre-febrero). La época de secas se caracteriza por presentar mínimas precipitaciones y las más altas temperaturas. Durante los dos últimos meses de la temporada de lluvias es común el arribo de huracanes, que traen como consecuencia precipitaciones altas. La temporada de nortes se caracteriza por la gran influencia de vientos polares, acompañados por bajas presiones atmosféricas, bajas temperaturas y lluvias (Echeverría y Piña, 2003).

La franja de plataforma continental, que forma la parte marina de la reserva El Palmar, presenta un suelo conformado por arenas medianas seguidas por una menor proporción de arenas finas y conchuela y finalmente por una menor proporción de limos y arcillas. La mayoría de las recolectas de *S. reticulatus* se realizaron en esta zona; sin embargo, durante la temporada de nortes, cuando existen rachas de vientos fuertes que provocan alta turbidez en el agua y limitan la visibilidad en el fondo, las recolectas de los organismos se extendieron hasta 15 km más allá de los límites de la Reserva Estatal El Palmar. Esta zona llega a presentar hasta 13.5 m de profundidad con presencia de formaciones tipo arrecife rocoso.



Figura 2. Sitios de captura de los ejemplares de *S. reticulatus*. A y B) hábitat de *S. reticulatus* C y D) ejemplares de *S. reticulatus*.



CARACTERIZACIÓN DE LA ESPECIE

El orden Batrachoidiformes tiene una sola familia, Batrachoididae (Greenfield *et al.*, 2008). Son conocidos como peces sapo y habitan en su mayoría en el mar y otros tantos en agua dulce (Nelson 2006). La familia se divide en tres subfamilias: Thalassophryninae, Porichthyinae y Batrachoidinae, de las cuales las últimas dos se encuentran en el Golfo de México

Hasta el momento, se han descrito 69 especies en 19 géneros. De estos, 3 géneros y 4 especies se presentan en el Golfo de México.

S. reticulatus tiene el cuerpo relativamente elongado y moderadamente deprimido, con barbillas ramificadas en su boca y glándulas axilares detrás de la base de la aleta pectoral. No tiene escamas y presenta líneas laterales superiores e inferiores. La línea lateral inferior tiene poros blancos (Gallardo *et al.*, 2014).

Es de color marrón, con un patrón reticulado en cuerpo y cabeza. La parte ventral del cuerpo y la cabeza es color blanco amarillento, con pequeñas manchas ligeramente de color marrón claro. Las aletas presentan una coloración marrón oscura con ligeras reticulaciones (Collete 1983, Gallardo *et al.* 2014).

La mandíbula inferior está extendida un poco más que la mandíbula superior, la boca es oblicua y ligeramente dirigida hacia arriba, los dientes de la boca son relativamente largos de tipo molariforme. Los palatinos y vomerianos son de tamaño moderado, afilado y cónico. El opérculo presenta dos espinas mientras que el preopérculo solo una, sin embargo, todas las espinas pueden estar cubiertas por piel (McEachran & Fechhelm 1998).

La primera aleta dorsal tiene tres espinas sólidas (D1 III), la segunda aleta dorsal tiene 31 o 32 radios (D2 31-31). La aleta anal tiene 25 o 26 radios (A 25-26). Las aletas pectorales tienen 19 o 20 radios (P 19-20) y no presentan glándulas. Las aletas pélvicas están ubicadas en la parte ventral del cuerpo en posición yugular, tienen una espina con 2 o 3 radios (Pv I- 2-3) (Collete, 1983).



Figura 3. *S. reticulatus* pez endémico de la costa norte de Yucatán, México. (Imagen elaborada por Alberto Guerra, 2015)



MATERIAL Y MÉTODO

1.- Recolecta de material biológico

Se realizaron muestreos mensuales durante dos temporadas climáticas (lluvias y nortes) para obtener ejemplares de *S. reticulatus* en la línea de costa de Yucatán, principalmente dentro del polígono de la Reserva Estatal El Palmar. Debido a los hábitos de vida de esta especie, a su poca abundancia y a las condiciones de visibilidad, las recolectas mensuales de los organismos tomaron de 1 a 2 días de trabajo, hasta obtener, en la mayoría de los meses, un mínimo de 6 ejemplares. Las recolectas se llevaron a cabo en 10 sitios (Tabla 1), algunos de los cuales se encuentran fuera del polígono de la reserva, a unos 20 km de la costa. Los sitios de muestreo se caracterizan por ser zonas de entre 4 y 13.5 m de profundidad, con presencia de rocas grandes en las que *S. reticulatus* encuentra refugio. Las recolectas de los organismos se realizaron con arpones durante inmersiones de buceo libre (Permiso de Pesca de Fomento núm. DGOPA/04031/310510.1940).

Los peces recolectados fueron, fotografiados y posteriormente fijados con formaldehído al 10%. Todos los organismos se etiquetaron con los datos de colecta y se trasladaron a la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación Sisal para su procesamiento.

Tabla 1.-Coordenadas de los diferentes puntos de muestro para *S. reticulatus*.

Punto	Longitud	Latitud
1	90° 00' 26.2"	21° 23' 982"
2	90° 00' 41.4"	21° 21' 119"
3	90° 00' 17.0"	21° 23' 862"
4	90° 04' 00.9"	21° 21' 884"
5	90° 07' 48.1"	21° 20' 549"
6	90° 12' 00.2"	21° 08' 147"
7	90° 02' 84.3"	21° 09' 802"
8	090° 03.92'	21° 12.397'
9	089° 59.05'	21° 11.156'
10	090° 05.17'	21° 11.375'



2.- Métodos de laboratorio

2.1 Morfometría

Una vez en el laboratorio se obtuvieron las medidas morfométricas y ponderales de todos los organismos: longitud total ($LT \pm 0.1$ cm), longitud estándar ($LE \pm 0.1$ cm), altura máxima del cuerpo ($AC \pm 0.1$ cm) y peso húmedo ($P \pm 0.1$ g). Posteriormente se procedió a eviscerar a los organismos registrando el sexo (con base en la diferenciación macroscópica de la gónada), la fase de madurez sexual (con base en los criterios establecidos por Brown-Peterson *et al.* (2011), el peso (PG ± 0.01 g), la longitud (LG ± 0.01 cm) y el ancho de la gónada (AG ± 0.01 cm). Las gónadas y los estómagos se preservaron en formol al 10%, posteriormente se pasaron en alcohol al 70% para su posterior análisis.

2.2 Relación Peso-Longitud

La relación peso (g) – longitud (cm) es expresada matemáticamente como una relación potencial del peso (g) contra la longitud (cm), según la ecuación:

$$P = aLT^b$$

Donde P representa el peso (g), LT la longitud (cm), a es la ordenada al origen o factor de condición y b es la pendiente o coeficiente de alometría.

2.3 Aspectos de la biología reproductora

2.3.1 Aspectos reproductivos

Debido a que no se llevó a cabo el muestreo durante un ciclo anual, sólo se realizó una estimación de la época reproductora de la especie. Ésta se realizó a través de dos métodos: por medio del cálculo del índice gonadosomático y por medio de la estimación de la condición reproductora de la gónada a nivel macroscópico y microscópico.



2.3.1.1 Índice gonadosomático (IGS)

El índice gonadosomático (IGS) es usado frecuentemente como un indicador de madurez gonadal y se obtiene de la relación porcentual entre el peso de la gónada y el peso del organismo. Su valor máximo se considera como indicativo de la etapa previa a la reproducción y la disminución subsecuente de los valores promedio es un indicio de que ha ocurrido el desove (Rodríguez, 1992). Este índice se estimó de acuerdo a García-Díaz *et al.* (1997) para cada hembra y macho mediante la siguiente expresión:

$$IGSi = (PG_i / P_i) * 100$$

Dónde:

$IGSi$ = Índice gonadosomático

PG_i = Peso de la gónada (g)

P_i = Peso total del organismo (g)

Mediante la estimación de este parámetro se delimitó la época de reproducción, tomando en cuenta el valor máximo como indicador de la temporada de desove.

2.3.1.2 Evaluación de la condición reproductora de los organismos

Para establecer la condición reproductora y con ello obtener una escala de madurez gonadal empírica específica para la especie, se describieron las gónadas de ambos sexos de acuerdo a su coloración, tamaño consistencia y visibilidad de los ovocitos, siguiendo los criterios establecidos por Brown-Peterson *et al.* (2011). Estos autores establecen 5 fases de madurez gonadal: I) Inmadura II) En desarrollo, III) Desovador capaz o espermiación capaz, IV) Regresión y V) Regeneración (Tabla 2 y 3).

Posteriormente, se fotografiaron las gónadas de todos los ejemplares con sus respectivos datos, para facilitar la calibración de la escala empírica con la microscópica.

Para establecer la escala a nivel microscópico, a todas las gónadas, con la finalidad de establecer las distintas fases de desarrollo de los gametos se sometieron a la técnica histológica de rutina (Muñetón-Gómez *et al.*, 2000). Los cortes histológicos se realizaron en sentido longitudinal y transversal con un microtómo marca Leica. El grosor fue de 5 μ m para los machos y 7 μ m para las hembras. Finalmente, el proceso de tinción fue con la técnica de hematoxilina-eosina.



Las laminillas obtenidas se observaron bajo un microscopio Nikon Eclipse Ci 1 y se fotografiaron los tipos celulares con una cámara digital Nikon DS Ri1 a 10x, 20x, 40x, y 60x. Se hizo una descripción de todo lo observado en la panorámica de la preparación histológica, siguiendo los criterios establecidos por Brown-Peterson *et al.* (2011) (ver tablas 2 y 3). Para el caso de las hembras se asignaron las distintas fases de madurez gonadal, con base en el estado de desarrollo del ovocito más avanzado presente, independientemente de la frecuencia. Esto bajo el supuesto de que la presencia de un tipo de ovocito en la gónada es indicador de que ha entrado en una fase particular de madurez gonadal (Saborido y Junquera, 2003).

Para el caso de los machos, la fase de madurez de los testículos se realizó de acuerdo a la presencia o ausencia de los diferentes tipos celulares típicos de la espermatogénesis. Se siguieron los criterios de Brown-Peterson *et al.* (2011) para determinar los estados de desarrollo de los ovocitos y los tipos celulares de la espermatogénesis (Tabla 4 y 5).

Para describir la actividad reproductora durante el periodo de estudio, se consideraron las frecuencias absolutas mensuales de las fases de desarrollo gonádico de hembras y machos. Se realizaron gráficas de barras y se consideró como época de reproducción al periodo donde se observaron hembras y machos en fases de desarrollo, desove capaz y espermiación capaz.



Tabla 2.- Escala de madurez gonadal microscópica y macroscópica para hembras de peces teleósteos. (CP= ovocitos en crecimiento primario; CA= alveolos corticales; Vgt1= ovocitos vitelogénicos primarios; VGT2= ovocitos vitelogénicos secundarios; Vgt3= ovocitos vitelogénicos terciarios; FPO= folículo postovulatorio; GVM= migración de la vesícula germinal; OM= maduración del ovocito.) (Brown- Peterson *et al*, 2011).

Fase de madurez	Características macroscópicas y microscópicas
Inmadura	Ovarios pequeños y claros, los vasos sanguíneos no son distinguibles. Solo presenta ovogonias y CP. No hay atresia o haces musculares. La pared del ovario es delgada y hay poco espacio entre los ovocitos.
Desarrollo	Ovarios alargados, los vasos sanguíneos se vuelven más visibles. Hay presencia de CP, CA, VGT1 y VGT2. No hay FPO ni Vgt3. Puede existir atresia. <i>Subfase de desarrollo temprano:</i> CP y CA presentes.
Desovador capaz	Ovarios largos, vasos sanguíneos prominentes. Ovocitos visibles macroscópicamente. Vgt3 y FPO presentes en desovadores parciales. Puede haber atresia de ovocitos vitelogénicos o hidratados. Hay presencia de estados tempranos de OM. <i>Subfase desovador activo:</i> ovocitos en GVM, hidratación u ovulación.
Regresión	Ovarios flácidos, vasos sanguíneos aun prominentes. Hay presencia de atresia y FPO. Puede haber presencia de algunos ovocitos en CA, Vgt1 y Vgt2.
Regeneración	Ovarios pequeños, los vasos sanguíneos se encuentran reducidos pero están presentes. Solo hay presencia de ovogonias y ovocitos en CP. Pared ovárica gruesa, vasos sanguíneos alargados. Atresia vieja, puede haber presencia degenerativa de FPO.



Tabla 3. Escala de madurez gonadal microscópica y macroscópica para machos de peces teleósteos. (GE= Epitelio germinal; Sc1= Espermatocito primario; Sc2= Espermatocito secundario; Sg1= Espermatogonia primaria; Sg2= Espermatogonia secundaria; St= Espermátida; Sz= Espermatozoide.)(Brown- Peterson *et al*, 2011).

Fase de madurez	Características macroscópicas y microscópicas
Inmadura	Testículos pequeños, claros y delgados. Solo hay Sg1, sin luz en los lóbulos.
Desarrollo	<p>Testículos pequeños pero fácilmente identificables. Espermatocistos evidentes a lo largo de los lóbulos. Sg2, Sc1, Sc2, St y Sz pueden estar presentes en los espermatocistos. Sz no se presentan en la luz de los lóbulos o en los conductos espermáticos.</p> <p><i>Subfase de desarrollo temprano:</i> Solamente Sg1, Sg2 y Sc1.</p>
Espermiación capaz	<p>Testículos grandes y firmes. Sz en la luz de los lóbulos y/o conductos espermáticos. Todos los tipos celulares de la espermatogénesis (SG2, Sc, St, SZ) pueden estar presentes. Espermatocistos a lo largo del testículo, espermatogénesis activa. El GE puede ser continuo o discontinuo.</p> <p><i>Subfase de espermiación activa (macroscópica):</i> Semen liberado con una ligera presión sobre el abdomen.</p>
Regresión	<p>Subfase histológica basada en la estructura de GE.</p> <p><i>GE temprano:</i> GE continúa en todos los lóbulos a lo largo del testículo.</p> <p><i>GE medio:</i> GE continuo en espermatocistos en la periferia de los testículos, GE discontinuo en lóbulos cercanos a ductos.</p> <p><i>GE tardío:</i> GE discontinuo en todos los lóbulos a lo largo de los testículos.</p>
Regeneración	<p>Testículos pequeños y delgados. No hay presencia de espermatocitos. No hay lumen en los lobulos. Proliferación de las espermatogonias a lo largo de los testículos. Ge continúa a lo largo. Puede haber residuos de Sz en lóbulos y conductos espermáticos.</p>



Tabla 4. Características de los ovocitos en cada estado de desarrollo (CP= crecimiento primario; AC= alveolos corticales; Vgt1= ovocito vitelogénico primario; Vgt2= ovocito vitelogénico secundario; Vgt3= ovocito vitelogénico terciario) (Brown- Peterson *et al*, 2011).

Estado	Descripción
Crecimiento primario	Ovocitos previtelogénicos pequeños, citoplasma homogéneo, basófilo, con un gran nucléolo central y un radio nucleoplasmático.
Alveolos corticales	Ovocitos indican el inicio de la vitelogénesis, debido a sus gotas lipídicas, alveolos corticales y pequeños gránulos de vitelo. Disminuye el radio nucleoplasmático y los nucléolos se distribuyen en la periferia del núcleo.
Ovocito vitelogénico primario	Los ovocitos desarrollan la zona radiata y las capas de células foliculares, se encuentran en plena vitelogénesis exógena. Es evidente la acumulación de vitelo y lípidos en el citoplasma, se da la distribución de alveolos corticales en la periferia,
Ovocito vitelogénico secundario	Los glóbulos de vitelo empiezan a fusionarse para formar plaquetas de vitelo. En el espacio perivitelino se observan abundantes glóbulos de vitelo que aún no se integran a las plaquetas de vitelo. El núcleo continúa en el centro. El estado Vgt2 comprende ovocitos en vitelogénesis con gránulos, glóbulos y plaquetas de vitelo que cubra un 50% del ovocito.
Ovocito vitelogénico terciario	Los ovocitos están repletos de vitelo fusionado en una placa homogénea, el núcleo o vesícula germinal migra a la periferia citoplasmática. En el espacio perivitelino se observan pocos o ningún glóbulo de vitelo. Algunos ovocitos se pueden encontrar en hidratación u ovulados.



Tabla 5.- Características de los espermatoцитos en cada estado de desarrollo (Sg= espermatogonia; Sc1= espermatoцитo primario; Sc2= espermatoцитo secundario; St= Espermátida; Sz= espermatozoides) (Brown- Peterson *et al*, 2011).

Estado	Descripción
Espermatogonia (So)	Células grandes basófilas, que se diferencian de las células germinales primordiales, ya que presentan un núcleo grande y proliferan mediante divisiones mitóticas.
Espermatoцитo primario (Sc1)	Durante el inicio de la primera división meiótica, los espermatoцитos primarios se diferencian de las espermatogonias, por poseer un núcleo grande y altamente basófilo.
Espermatoцитo Secundario (Sc2)	Células redondas de menor tamaño que los espermatoцитos primarios. Estas células resultan de la primera división meiótica, se distinguen por presentar un núcleo más pequeño que los espermatoцитos primarios.
Espermátidas (St)	Células resultantes de la segunda división meiótica. Son células pequeñas con mayor afinidad a la hematoxilina. Tienen núcleo pequeño, el cual contiene la mitad del material genético del organismo.
Espermatozoides (Sz)	Son células que se caracterizan por ser redondas y pequeñas, afines a la hematoxilina que adquieren un tono azul oscuro o negro. Presentan flagelo largo y basófilo.



2.3.2 Proporción sexual

Para la identificación del sexo se observaron todos los organismos en busca de características morfológicas (tamaño de aletas, patrones de coloración, forma del cuerpo), que pudieran indicar la existencia de dimorfismo sexual externo. Sin embargo, dada la ausencia de caracteres sexuales secundarios, se procedió a extraer las gónadas de cada individuo para identificar el sexo.

En algunos casos, esto fue posible a simple vista, mientras que en otros se realizaron observaciones en un microscopio estereoscópico, o por medio de la técnica microscópica “squash”. Una vez identificado el sexo de cada uno de los individuos se calculó la proporción de sexos dividiendo el número total de hembras entre el número total de machos obtenidos en el periodo de muestreo. Se utilizó el estadístico de prueba de ji cuadrada (X^2) para probar estadísticamente las diferencias en proporción de sexos teórica de 1:1 de acuerdo con Zar (2010).

$$x_c^2 = \frac{(|f_1 - f_2| - 0.5)^2}{n}$$

Dónde:

f_1 = Proporción observada de hembras

f_2 = Proporción observada de machos

2.3.3 Fecundidad

Una vez establecida la escala de madurez gonadal se estimó la fecundidad parcial (número de huevos que son desovados en un momento dado durante la estación de reproducción). Esta se realizó contando el total de huevos vitelogénicos encontrados en ambos ovarios de organismos ubicados en la fase III (desove capaz).



2.4 Aspectos tróficos

2.4.1 Composición de la dieta

Para determinar la composición de la dieta de *S. reticulatus* se analizaron los contenidos estomacales de los individuos con ayuda de un microscopio estereoscópico. Los componentes se identificaron hasta el nivel taxonómico más bajo posible, dependiendo del grado de digestión, con base en bibliografía especializada. Para categorizar y cuantificar la dieta de *S. reticulatus* se utilizaron distintos métodos para el análisis de contenido estomacal, los cuales se describen a continuación:

2.4.1.1 Porcentaje de área (PA)

Este análisis consistió en distribuir uniformemente cada uno de los tipos de presa del contenido estomacal sobre una superficie milimétrica y cuantificar el área ocupada como el 100%. El área ocupada por cada componente alimenticio se representa como un porcentaje del área total de todas las presas. Este método proporciona una medida representativa de la abundancia y puede aplicarse a todos los componentes alimenticios, incluyendo los más pequeños (Hyslop, 1980; Vega-Cendejas 1990).

$$PAi = \frac{\sum Ai}{N(100)}$$

Dónde:

PAi = Porcentaje de área

Ai= Área que ocupa un determinado tipo alimenticio.

N= Número total de estómagos examinados.

2.4.1.2 Método gravimétrico (porcentaje de peso)

Se utilizó para obtener el porcentaje del peso de las presas consumidas. Los valores obtenidos se expresan como el porcentaje del peso total que ocupó una presa en el contenido estomacal.

$$PPi = \frac{\sum Wi}{N(100)}$$



Dónde:

PPi = Porcentaje de peso

Wi = Peso que alcanzó un determinado tipo alimenticio

N = número total de estómagos examinados.

2.4.1.3 Frecuencia de ocurrencia (FO)

Consistió en contabilizar las veces que aparece una presa determinada en el contenido estomacal. Este método indica las posibles preferencias alimenticias y se calcula con la siguiente fórmula (Hyslop, 1980; Pinkas et al., 1971):

$$FO = \frac{E}{NE(100)}$$

Dónde:

FO = Frecuencia de ocurrencia

E = Número de estómagos que presentaron un determinado tipo de alimento.

NE = Número total de estómagos con alimento.

2.4.1.4 Índice de importancia relativa (IIR)

Con los resultados obtenidos en el método de porcentaje de área, porcentaje de peso, y la frecuencia de aparición, se obtuvo el índice de importancia relativa sugerido por Pinkas et al. (1971), que es útil para interpretar de mejor manera la importancia de las presas, de esta forma se puede determinar cuáles son las presas más importantes expresadas en porcentaje.

$$IIR = \frac{(PA + PP + FO)}{3}$$

Dónde:

PA = Porcentaje de área

PP = Porcentaje de peso

FO = Porcentaje de frecuencia de aparición

2.4.1.5 Método gráfico de Costello (1990)

Este método se utilizó para evaluar la preferencia y conducta alimenticia de *S. reticulatus*. En este gráfico se utiliza el porcentaje de frecuencia de ocurrencia



(FO) y el porcentaje de peso de cada tipo alimenticio encontrado, dando como resultado una distribución de cada componente de la dieta que se interpreta con respecto a su posición en la gráfica (ver figura 4).

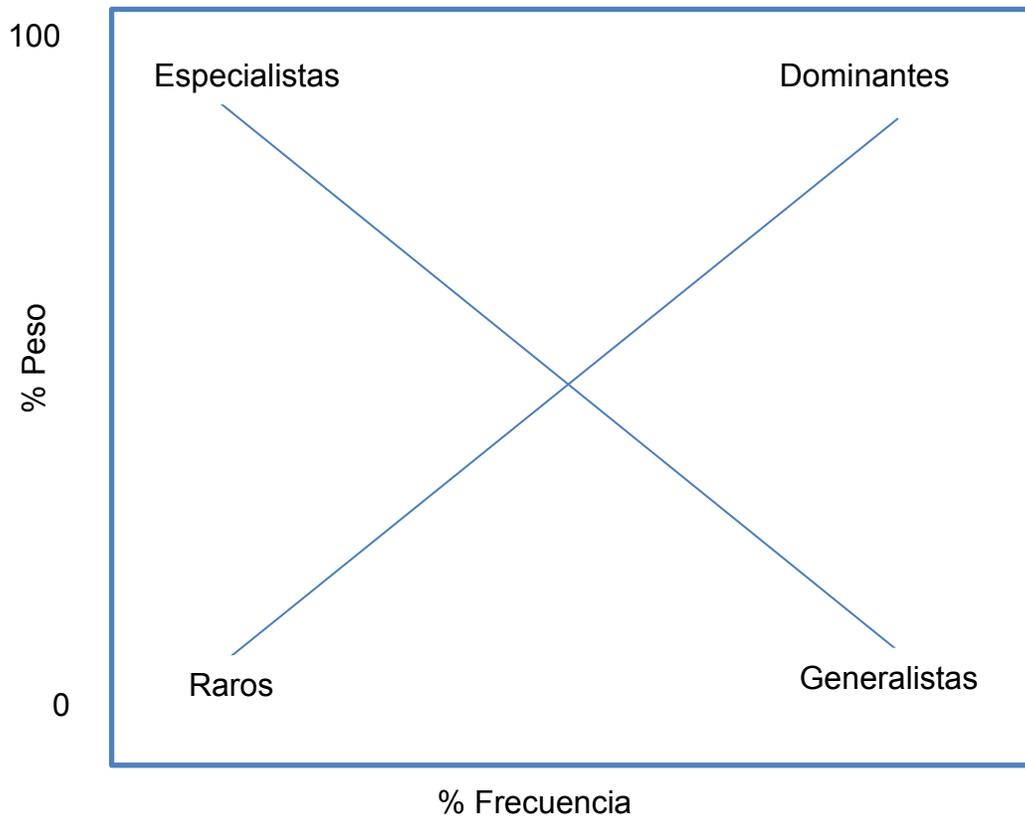


Figura 3.- Guía para la interpretación del método gráfico de Costello (1990) (Arceo 2002).

2.4.2 Nivel trófico

Para determinar el nivel trófico de *S. reticulatus* se utilizó el programa TROPHLAB. El valor obtenido indica la posición trófica del organismo dentro de una red alimenticia. Para su estimación se debe tomar en cuenta los componentes de su dieta y el valor trófico (TROPH) de cada presa (Pauly *et al*, 2000). Para calcular el valor TROPH_i se usa la siguiente ecuación:



$$TROPH_i = 1 + \sum_{j=1}^G DC_{ij} \times TROPH_j$$

Dónde:

$TROPH_j$ = es la posición trófica de la presa

DC_{ij} = representa la fracción de la presa J en la dieta de i

G es el número total de presas de la dieta i

El error estándar (SE) del valor $TROPH$ se estima utilizando el peso y la posición trófica de cada presa. Si se desconocen los valores $TROPH$ de las presas, el programa usa valores $TROPH$ por omisión para las distintas presas (Froese & Pauly, 2009).

2.4.3 Factor de condición

El factor de condición se estimó para encontrar el estado en que se encuentra el organismo por cambios ocasionados por la dieta o la época reproductiva (Ricker, 1975). Se asume que los peces más pesados de una determinada talla se encuentran en mejor condición que aquellos de la misma talla, pero con un peso menor. Para este factor se utilizó la siguiente ecuación.

$$K' = P/LP^b$$

Dónde:

K' = es el factor de condición

P = representa el peso (g)

LP = es la longitud total o patrón (mm) de los organismos

b = es el coeficiente de alometría obtenido de la relación *peso – longitud*.



RESULTADOS

En este estudio se pudo determinar que la distribución de *S. reticulatus* no se limita a la localidad de Progreso, como lo señalan algunas fuentes (Collete 1983; Gallardo *et al* 2014, Zarco *et al* 2014). Sin embargo, su distribución sigue siendo sumamente restringida, además de que la presencia de la especie, en toda la zona de distribución, no es homogénea, es decir, su área de ocurrencia se limita a los sitios donde hay rocas o conjuntos de ellas, que tienen un aspecto de arrecife rocoso, estas sitios son pequeños de apenas unas decenas de metros cuadrados aproximadamente. Se pudo apreciar que esta especie gusta de estos sitios, debido a sus hábitos de vida bentónica y encuentra en estas formaciones rocosas los sitios ideales para alimentarse, refugiarse y muy probablemente reproducirse.

Los individuos de esta especie son solitarios y eligen fracturas, grietas, hendiduras o huecos entre las rocas como madrigueras o refugios, desde donde acechan a sus presas y pasan la mayor parte del día. Los organismos adultos dominan las madrigueras más grandes y accesibles, mientras que los individuos juveniles quedan limitados a las partes más profundas de las grietas, lo que dificulta su localización y captura, es por ello que en este estudio no se obtuvieron organismos juveniles. La ubicación de los sitios rocosos, a manera de parches en la costa de Yucatán, los hábitos de vida de la especie, su coloración críptica y la baja densidad de la población de *S. reticulatus* hacen que esta especie sea de baja respuesta.



Se capturaron 72 organismos con un intervalo de tallas que abarca de 25.3 a 41.6 cm LT y un intervalo de peso de 160 a 1042.3 g. Es importante mencionar que se encontraron individuos de talla más grande que la reportada por Gallardo et al. (2014) de 39 cm. *S. reticulatus* no presenta un dimorfismo sexual externo, pero internamente los machos presentan vesículas accesorias a las gónadas (Figura 5).

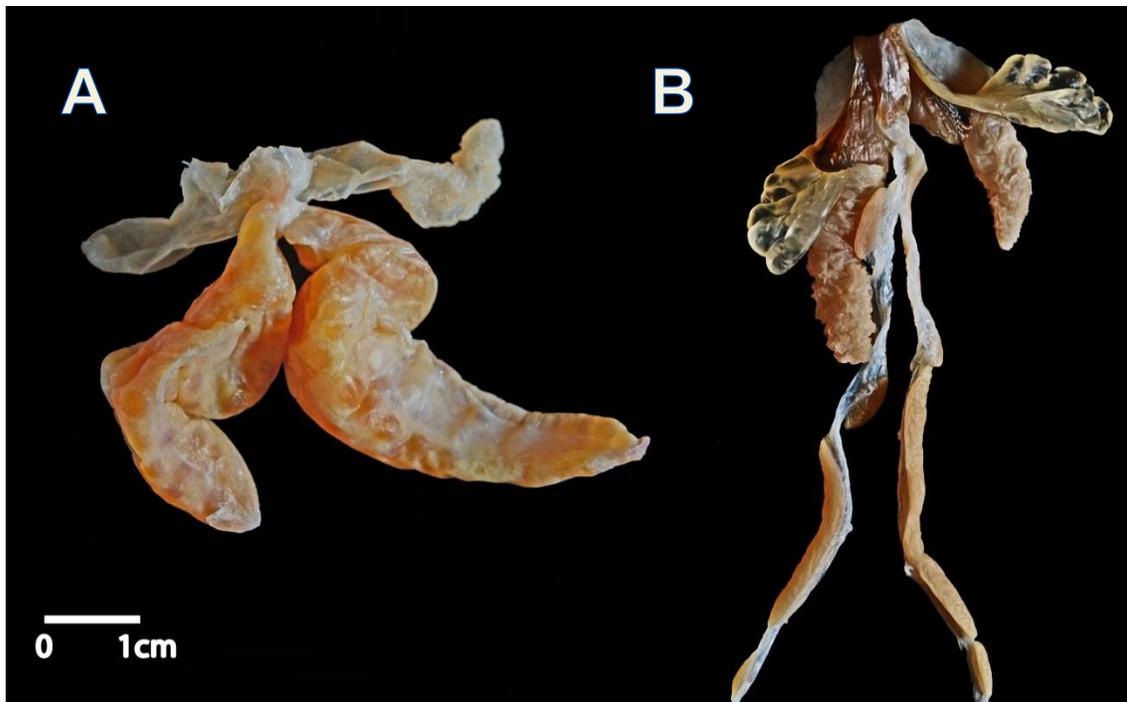
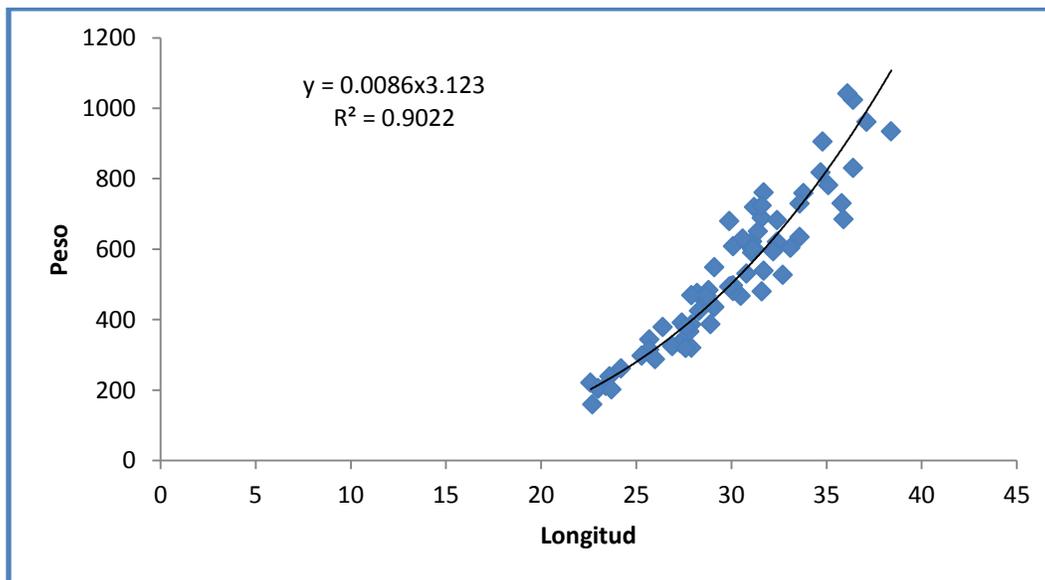


Figura 4.- Gónadas de *S. reticulatus*. A) Ovarios con vejiga urinaria bilobulada, que se extiende anteriormente desde el poro genital; B) testículos con glándulas accesorias y vejiga urinaria bilobulada, que se extiende desde la base del tejido de las glándulas accesorias.

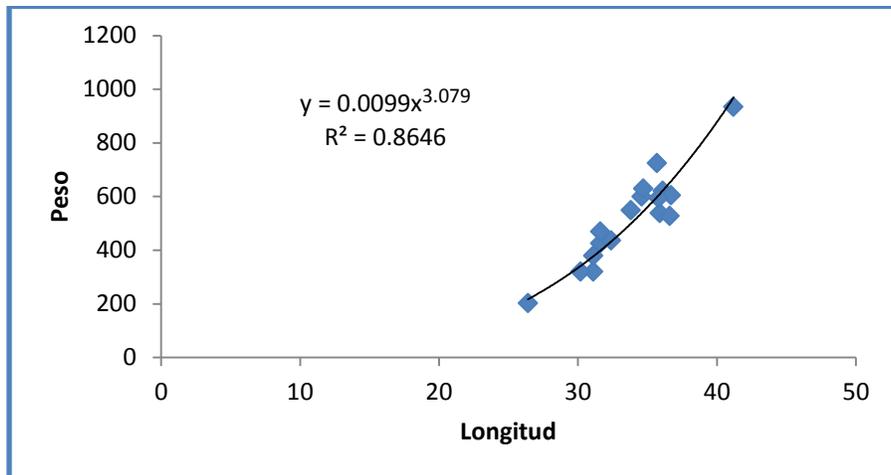


1. Relación Peso-Longitud

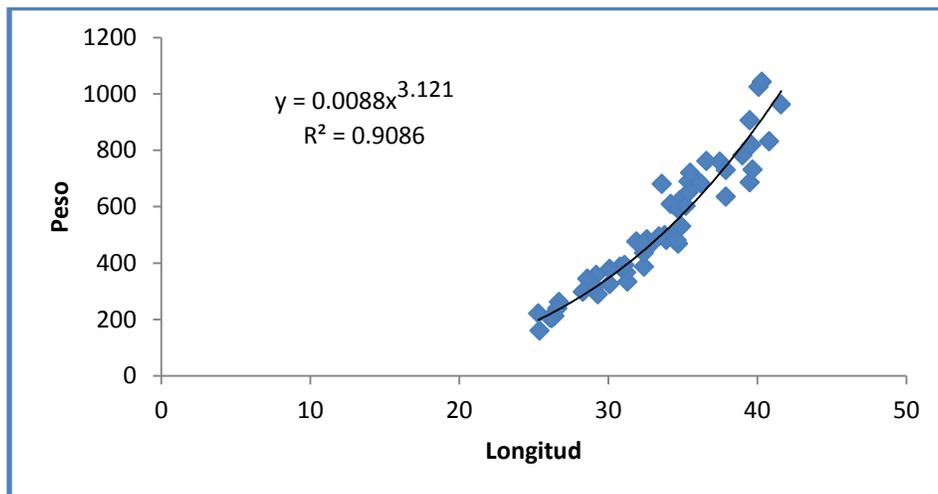
Los valores del factor de crecimiento en la relación peso – longitud, arrojaron un coeficiente de alometría de 3.12, lo que indica que *S. reticulatus* presenta un crecimiento de tipo isométrico ($b=3.123$; $t_c: 0.0019$ $p= 0.99$) (Gráfica 1). Asimismo, al realizar el cálculo del coeficiente de alometría por sexos, se obtuvo tanto para machos ($b=3.079$) y hembras ($b=3.121$) un crecimiento isométrico (Gráfica 2 y 3). Al comparar el valor obtenido entre sexos, no se encontraron diferencias significativas, en cuanto al tipo de crecimiento reportado ($t_c: 0.00047$ $p=0.99$).



Gráfica 1.-Relación peso – longitud de *S. reticulatus* ($y = 0.0086x^{3.123}$ $R^2 = 0.9022$), obtenida durante el periodo de muestreo en la Reserva Estatal el Palmar, Yucatán, México.



Gráfica 2.- Relación peso-longitud ($y = 0.0099x^{3.079}$; $R^2 = 0.8646$) de los machos de *S. reticulatus*



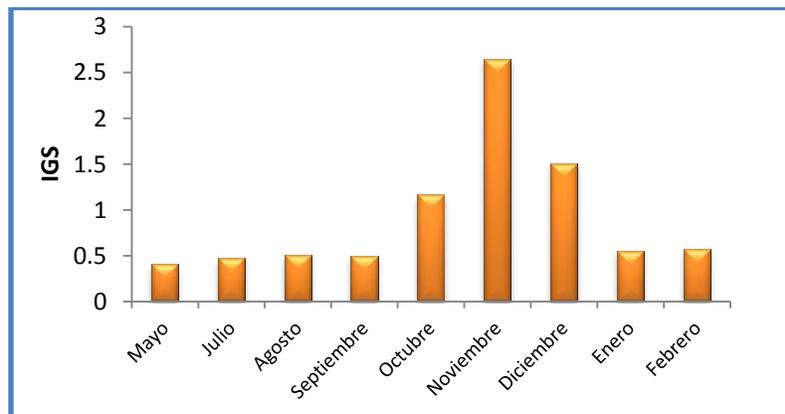
Gráfica 3.- Relación peso-longitud de las hembras ($y = 0.0088x^{3.121}$; $R^2 = 0.9086$) de *S. reticulatus*.



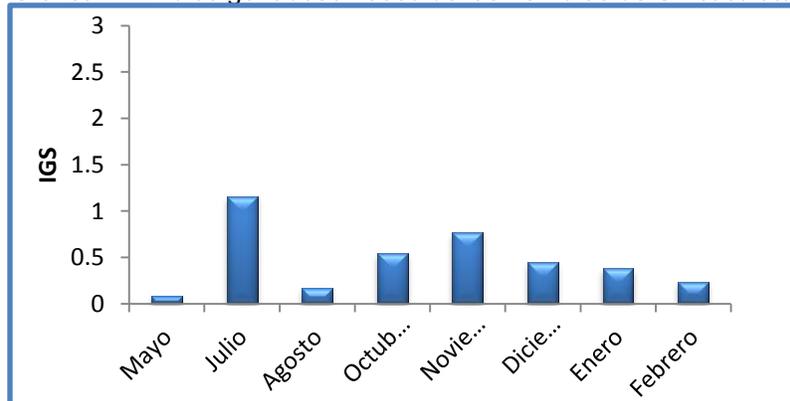
2. Aspectos de la biología reproductora

2.1 Índice gonadosomático (IGS)

El índice gonadosomático se calculó a partir de 54 ovarios y 15 testículos, cuyos intervalos de peso fueron de 0.437 g a 43.1685 g y de 0.435 g a 4.0441 g respectivamente. Los valores más altos del IGS, obtenidos para las hembras de *S. reticulatus*, se presentaron en los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2014, siendo noviembre el mes en que los valores fueron los más elevados (Gráfica 4). El IGS correspondiente a los machos alcanzó los valores más altos en los meses de julio, octubre, noviembre y diciembre de 2014. De estos meses, destacan julio y noviembre, como aquellos en los que se presentan los valores más altos en relación al peso de los testículos (Gráfica 5).



Gráfica 4.- Índice gonadosomático de las hembras de *S. reticulatus*



Gráfica 5.- Índice gonadosomático de los machos de *S. reticulatus*



2.2 Evaluación de la condición reproductora de los organismos

2.2.1 Descripción macroscópica de las gónadas

Ovarios

Los ovarios de *S. reticulatus* están formados por dos lóbulos asimétricos fusionados entre sí. La parte distal de las gónadas es más angosta y colinda primero con la vejiga gaseosa y, en su extremo distal, con el hígado. La parte proximal del ovario corresponde al área cercana al oviducto, que desemboca en el poro genital del organismo. La pared ovárica es relativamente delgada y, a medida que los ovocitos se desarrollan, esta estructura se vuelve más delgada, frágil y translúcida al grado que, a través de ella, a simple vista es posible observar a los ovocitos maduros y con su respectivo color de vitelo (Tabla 6 y figura 6).

La vejiga bilobulada se extiende anteriormente desde la base de los ovarios. Se encontró que el lóbulo izquierdo es más pronunciado que el derecho. Cuando estos lóbulos se encuentran contraídos son de una consistencia dura, áspera e incluso se llegan a observar vasos sanguíneos rodeando la estructura. La parte distal de los lóbulos es más ancha que la parte proximal al poro genital, que es más angosta y se encuentra conectada a éste (Figura 5).



Escala macroscópica de madurez gonadal

Con los resultados obtenidos de la observación macroscópica de las gónadas femeninas, se elaboró una escala empírica específica para *S. reticulatus* (Tabla 6). No se obtuvieron ovarios en la fase inmadura durante el periodo de muestreo, debido a que no se capturaron organismos juveniles (< 25 cm LT).

Tabla 6.- Características macroscópicas de los ovarios de *S. reticulatus* en sus distintas fases de madurez

Fase de madurez	Descripción
Inmaduro	-----
Desarrollo	Los ovarios presentan una tonalidad que va de blanco hasta amarillo. Se pueden distinguir, a simple vista, algunos ovocitos. A menudo se observan vasos sanguíneos que recubren ambos lóbulos; presentan una longitud (LG) de 3.72 cm a 7.52 cm y la pared ovárica se hace más delgada conforme el tamaño de la gónada aumenta.
Desovador capaz	La pared ovárica es delgada, se notan a simple vista los ovocitos maduros que serán desovados; los vasos sanguíneos son más visibles y prominentes, se pueden observar además ovocitos en otras etapas de desarrollo. La longitud (LG) de los ovarios en esta etapa es de 5.69 cm a 9.1 cm.
Regresión	La pared ovárica continúa delgada y los ovarios no quedan completamente vacíos: se observan ovocitos en distintas etapas de desarrollo, incluyendo ovocitos maduros remanentes en el ovario. La longitud (LG) de los ovarios, en esta etapa, es de 4.25 cm hasta 7.15 cm.
Regeneración	Los ovarios son más delgados que en las etapas anteriores, en general miden 4.21 cm a 7.71 cm, tienen una consistencia dura y la pared ovárica es gruesa, presenta, en general, una tonalidad amarilla, aún se pueden observar algunos ovocitos.



Escala macroscópica ilustrativa de madurez gonadal

En la figura 6 se muestra la variación morfológica del desarrollo de los ovarios de *S. reticulatus* en distintas fases de desarrollo.



Figura 5.- Variación morfológica de las distintas fases de madurez de los ovarios de *S. reticulatus*, donde A) Ovarios en fase de desarrollo, B) Ovarios en fase de desovador capaz, C) Ovarios en fase de regresión y D) Ovarios en fase de regeneración.



2.2.2 Descripción microscópica de los ovarios

De acuerdo con las observaciones microscópicas, se encontró que los ovarios de *S. reticulatus* presentan un tipo de desarrollo asincrónico, esto debido a la presencia de ovocitos en diferentes etapas de crecimiento (figura 7). Los ovarios presentan una túnica albugínea o pared ovárica de tejido conjuntivo. Internamente los ovarios están conformados por estroma ovárico denso, dentro del cual están inmersos los ovocitos y numerosos vasos sanguíneos. Durante el desarrollo de los ovocitos, una capa folicular compuesta de células de la granulosa, células de la teca y la membrana basal los rodea. La apariencia de los ovocitos en cuanto a forma, tamaño y coloración es diferente en cada estado de desarrollo (Figura 9).

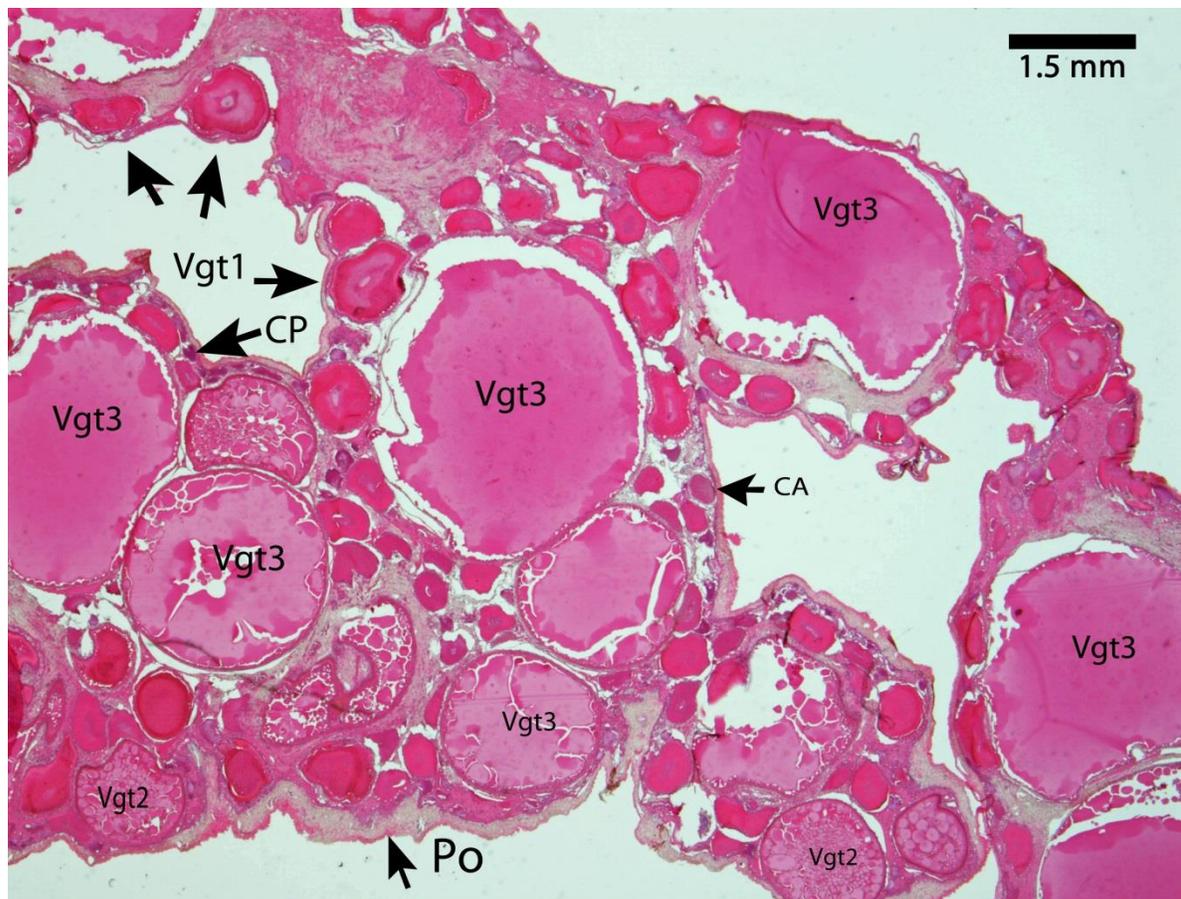


Figura 6.- Desarrollo ovárico asincrónico de *S. reticulatus*, en donde se observan ovocitos en distintos tipos de crecimiento



2.2.3 Descripción microscópica de los ovocitos.

La morfología de los ovocitos encontrados es diferente para cada estado de desarrollo, inclusive se observó diferencias en forma y tamaño entre ovocitos de un mismo estado de maduración.

Crecimiento primario (CP)

Los ovocitos en crecimiento primario u ovocitos previtelogénicos son pequeños y con afinidad al colorante hematoxilina. El diámetro promedio registrado es de 0.181 mm (SD=0.069), presenta un núcleo y dentro de este varios nucléolos dispersos. Conforme avanza el crecimiento, el ovocito en CP varía en tamaño y forma. En el citoplasma se pueden observar algunas veces vacuolas, lo que indica el comienzo del estadio siguiente (Figura 9A).

Ovocitos en alveolos corticales (CA)

En esta etapa del desarrollo de los ovocitos inicia la vitelogénesis, se incorporan grasas y vitaminas al ovocito. El ovocito aumenta en tamaño alcanzando un diámetro promedio de 0.274 mm (SD=0.76). Se puede observar la presencia de vesículas o alveolos que se encuentran en forma circular en el citoplasma. El número de nucléolos en el núcleo aparentemente disminuye y éste comienza a adquirir formas y un tamaño diferente: al final de esta etapa el núcleo es amorfo y la zona radiata se aprecia como un cordón delgado que rodea al ovocito (Figura 9B).

Ovocitos vitelogénicos primarios (Vgt1)

El ovocito en Vgt1 es más grande y afín a la eosina, en comparación con los estadios anteriores; la zona radiata tiene un aspecto estriado y se encuentra más desarrollada. El núcleo es amorfo y afín a la eosina, los nucléolos pueden estar agrupados o dispersos en el núcleo. El diámetro promedio registrado para los ovocitos, en esta fase, es de 0.726 mm (SD=0.114) (Figura 9C).

Se comienzan a depositar los gránulos de vitelo que pueden ser relativamente pequeños y, en ocasiones, se encuentran fusionados o mantienen su individualidad; se pueden encontrar gotas lipídicas dentro del ovocito. En la periferia del ovocito es más evidente el desarrollo de las células foliculares (células de la granulosa, células de la teca, membrana basal).



Ovocitos vitelogénicos secundarios (Vgt2)

En esta etapa el ovocito sigue aumentando de tamaño, en general presenta una forma más esférica, sin embargo, pueden encontrarse ovocitos con formas irregulares. El tamaño promedio encontrado es de 1.338 mm (SD=0.199). La concentración de los gránulos de vitelo aumenta, originando así la formación de plaquetas de vitelo, que son más grandes que los gránulos y se pueden observar separaciones entre ellas (Figura 9D).

El núcleo o vesícula germinal es más pequeño y con una forma irregular, comúnmente alargada, comienza a desplazarse hacia el polo animal por lo que ya no se encuentra en el centro. Los nucléolos son pequeños y se encuentran dispersos en el núcleo, la zona radiata está más definida, su estriado es más fácil de observar, justo por encima de ésta se logran ver las células de la granulosa y células de la teca (Figura 9E).

Ovocitos vitelogénicos terciarios (Vgt3)

El diámetro promedio para los ovocitos en esta fase es de 2.891 mm (SD=0.886). Los gránulos de vitelo se han fusionado en una sola plaqueta homogénea, los alveolos corticales aparecen en la periferia del ovocito, cerca de la zona radiata que se encuentra desarrollada por completo. En ocasiones, las células foliculares ya no se observan (Figura 9F).

Cuando llegan al final de esta etapa, los ovocitos vitelogénicos terciarios aumentan de volumen hidratándose, para ser liberados de la capa folicular y quedar en el lumen ovárico. Estos son los ovocitos que serían expulsados posteriormente. El diámetro máximo registrado para los ovocitos Vgt3 hidratados es de 6.33 mm, con un diámetro promedio de 5.622 (SD=0.55) en esta última fase del desarrollo vitelogénico (Figura 8).



Figura 7. Ovocito hidratado de *S. reticulatus*.

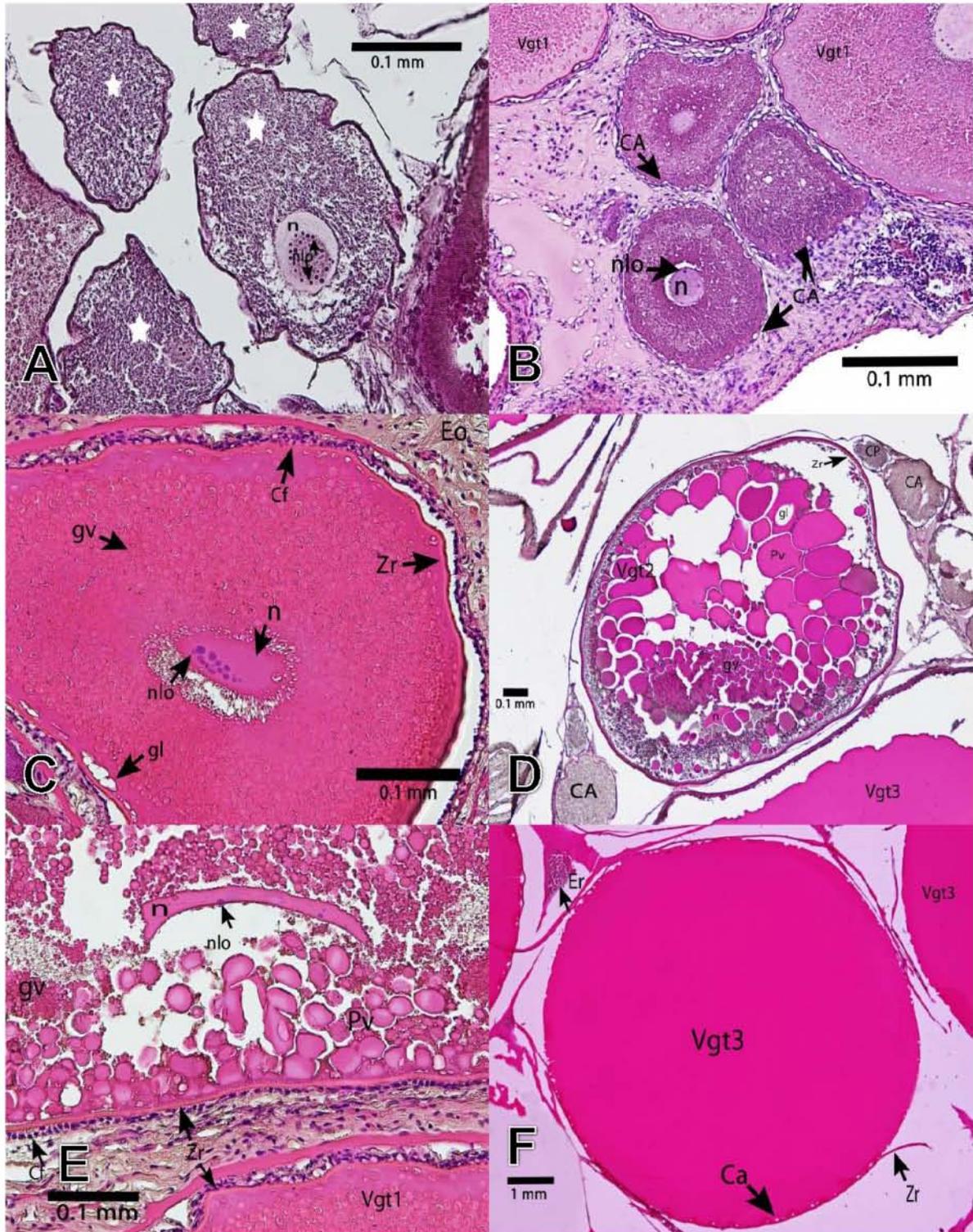


Figura 8. Estados de desarrollo de los ovocitos de *S. reticulatus*. A) Ovocitos en crecimiento primario (CP); B) Ovocitos en alveolos corticales (CA); C) Ovocito vitelogénico primario (Vtg 1); D) Ovocito vitelogénico secundario (Vtg2); E) Migración del núcleo o vesícula germinal; F) Ovocito vitelogénico terciario (Vtg 3). (n) núcleo, (nlo) nucléolo, (Ca) alveolos corticales, (Pv) plaqueta vitelina, (gl) gota lipídica, (gv) gránulos de vitelo, (Zr) zona radiata, (cf) células foliculares.



Escala microscópica de madurez gonadal

Con base en la observación microscópica de las gónadas de *S. reticulatus* se calibró la escala empírica y se elaboró la escala de madurez gonadal microscópica para la especie (Tabla 7).

Tabla 7.- Características microscópicas de los ovarios de *S. reticulatus* en sus distintas fases de madurez. (Cp) ovocitos en crecimiento primario, (CA) ovocitos en alveolos corticales, (Vgt1) ovocito vitelogénico primario, (Vgt2) ovocito vitelogénico secundario, (Vgt3) ovocito vitelogénico terciario, (Po) pared ovárica, (Zr) zona radiata, (Eo) Estroma ovárico, (Atr) Ovocito atrésico, (FPO) folículo postovulatorio.

Fase de Madurez	Descripción
Inmaduro	-----
Desarrollo	Se pueden encontrar ovocitos en crecimiento primario, alveolos corticales, crecimiento secundario y terciario, Algunas veces se pueden observar ovocitos atrésicos o indicios de atresia (Figura 10 A).
Desovador Capaz	Se observan principalmente ovocitos vitelogénicos terciarios o hidratados, además de folículos postovulatorios y ovocitos en otros estadios de maduración, como vitelogénicos primarios y secundarios (Figura 10 B).
Regresión	Comienza una actividad atrésica de los ovocitos, se pueden encontrar ovocitos vitelogénicos terciarios remanentes y folículos postovulatorios. Hay presencia, además, de ovocitos vitelogénicos primarios, secundarios y, en algunos casos, de alveolos corticales (Figura 10 C).
Regeneración	Los ovarios en esta fase tienen en su interior menos actividad celular, el estroma ovárico es amplio, cubriendo internamente casi en su totalidad el ovario, cerca de la periferia en la pared ovárica se encuentran ovocitos en atresia, puede haber folículos postovulatorios y pocos ovocitos en crecimiento primario (Figura 10 D).



Escala microscópica ilustrativa de madurez gonadal

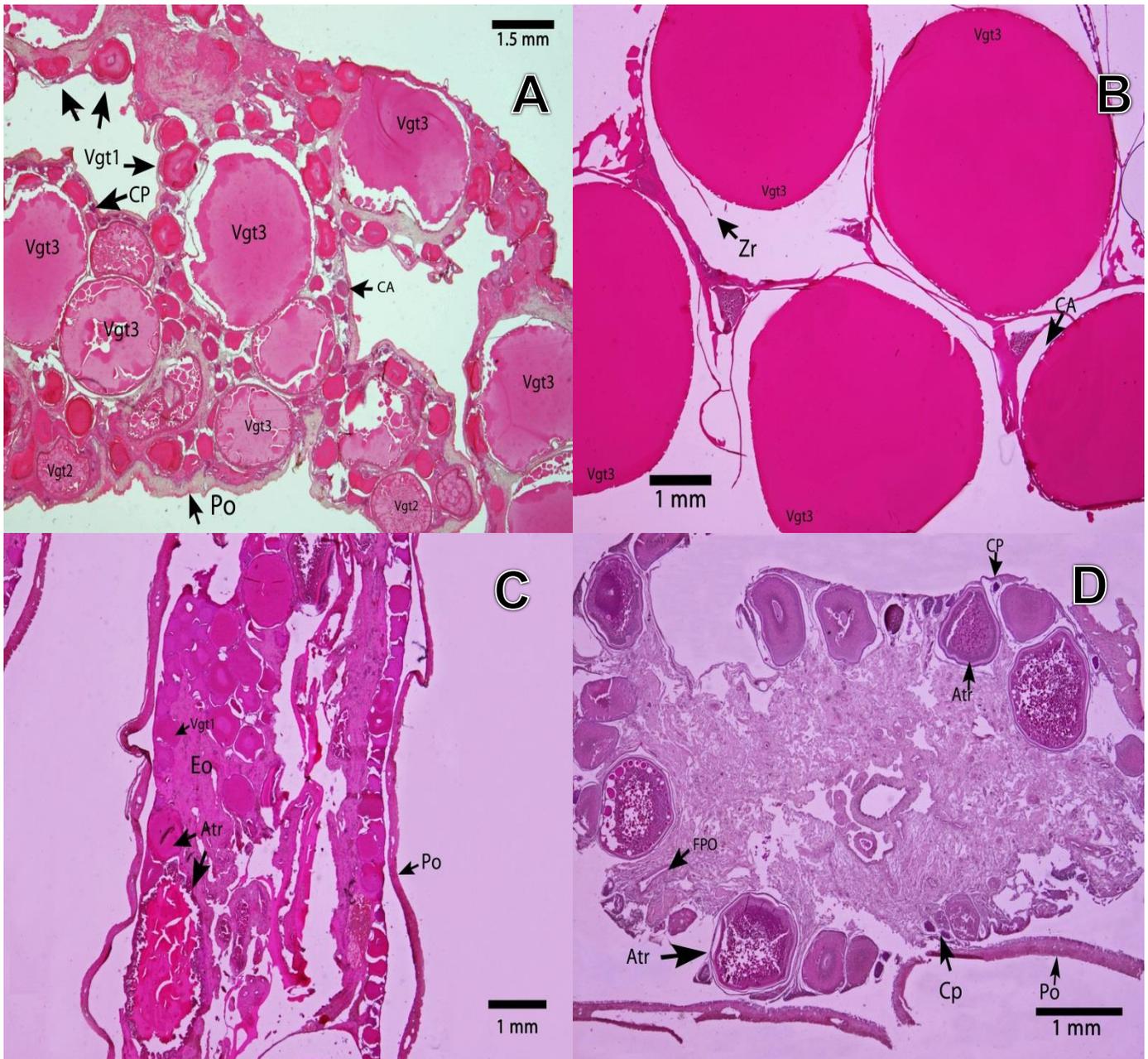


Figura 9.- Aspecto microscópico de los ovarios de *S. reticulatus*. en distintas fases de madurez. A) Ovario en fase de desarrollo, B) Ovario en fase desovador capaz, C) Ovario en fase de regresión y D) Ovario en fase de regeneración. (Cp) Ovocitos en crecimiento primario, (CA) Ovocitos en alveolos corticales, (Vgt1) ovocito vitelgénico primario, (Vgt2) ovocito vitelogénico secundario, (Vgt3) ovocito vitelogénico terciario, (Po) pared ovárica, (Zr) zona radiata, (Eo) Estroma ovárico, (Atr) Ovocito atrésico, (FPO) folículo postovulatorio.



2.2.4 Otras estructuras

Folículos postovulatorios

Después de ser ovulados en el lumen del ovario, los ovocitos pierden la capa folicular que los recubría (células de la granulosa y células de la teca). El resultado da lugar a los folículos postovulatorios, que no son más que estructuras basófilas, plegadas y amorfas que entran en la etapa atrésica para ser reabsorbidas (Figura 11).

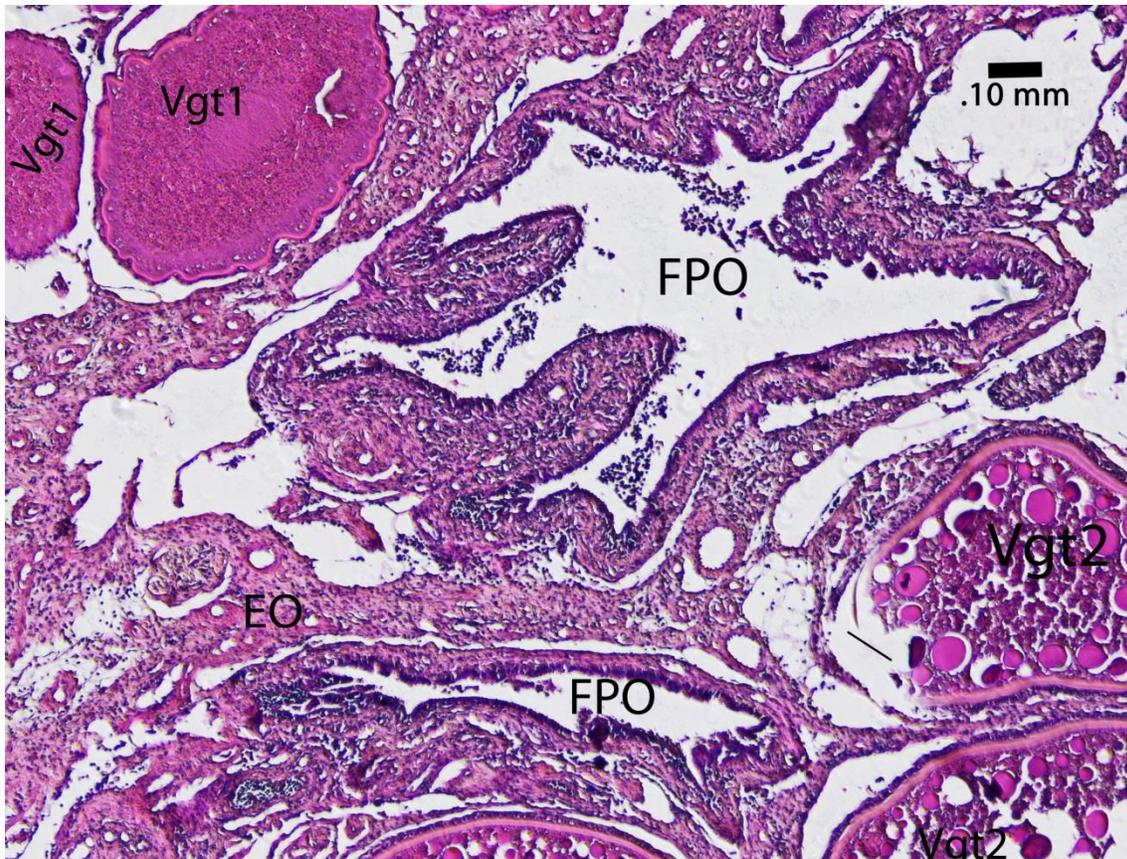


Figura 10.- Folículo postovulatorio de *S. reticulatus*. (FPO) folículo postovulatorio, (Vgt1) ovocito vitelogénico primario, (Vgt2) ovocito vitelogénico secundario, (Eo) estroma ovárico



Atresia

La atresia es el proceso que permite la reabsorción de los ovocitos en cualquier estado de desarrollo, con el fin de recuperar los componentes que se han utilizado durante su crecimiento y maduración, reduciendo así los requerimientos energéticos del individuo. En los ovocitos atrésicos encontrados en el ovario de *S. reticulatus*, se observa que las células de la granulosa ingresan hacia el interior del ovocito. Estas son las células encargadas de fagocitar al ovocito que, posteriormente, se degenera hasta quedar una atresia vieja o su reabsorción total (Figura 12).

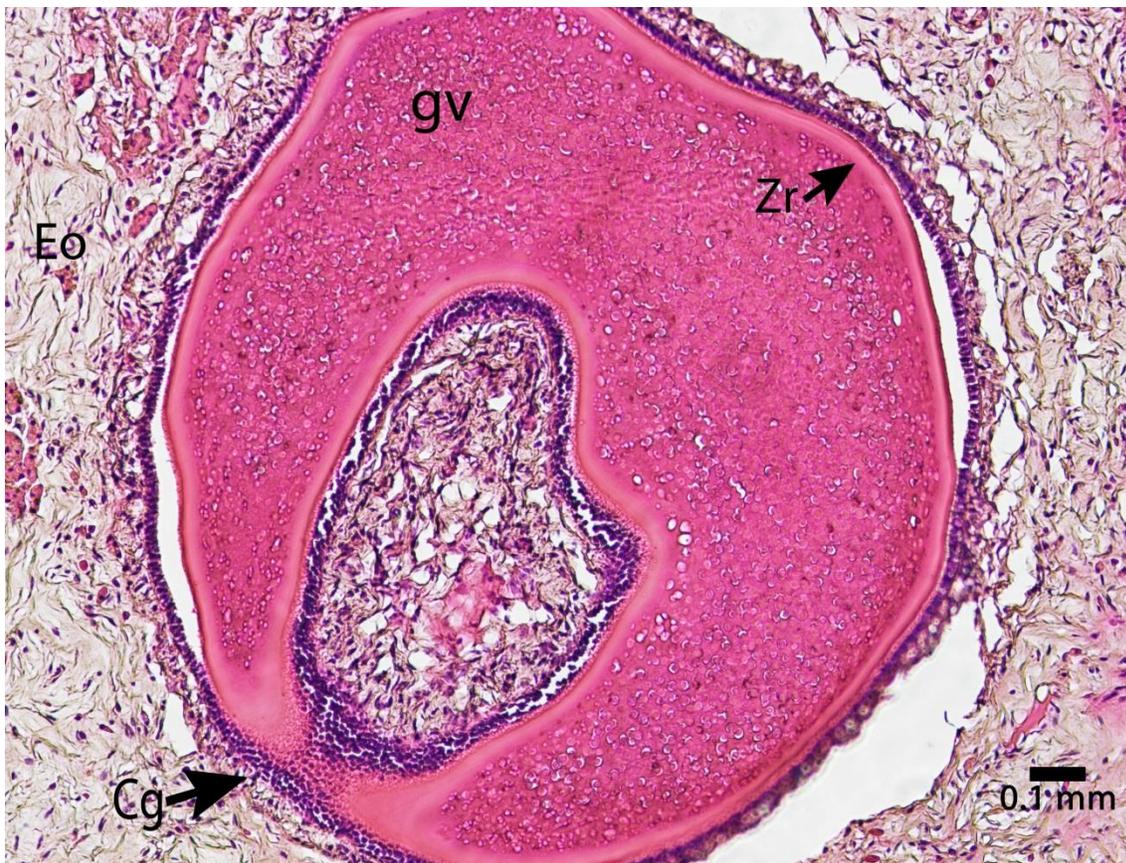


Figura 11.- Ovocito vitelogénico primario atrésico visto a 20 aumentos; (cg) células de la granulosa, (gv) gránulos de vitelo, (Zr) zona radiata.



2.2.5 Descripción macroscópica de los testículos

Los testículos de *S. reticulatus* están situados en la cavidad abdominal en posición ventral de la columna vertebral y están rodeados de la túnica albugínea. Ambos testículos se encuentran unidos a la vejiga natatoria por el mesorquio y presentan dos lóbulos asimétricos, que se encuentran fusionados en la parte proximal al poro genital, son de color blancuzco y, en las etapas inmaduras o de desarrollo gonadal temprano, tienen una apariencia alargada y delgada (Tabla 8).

Al igual que las hembras, se presenta una vejiga bilobulada y cerca de ésta se encuentran las estructuras accesorias, que están presentes únicamente en machos.

De igual manera, la etapa inmadura de *S. reticulatus* no se logró obtener, esto debido a la dificultad de obtener organismos juveniles.



Escala macroscópica de madurez gonadal

Con los resultados obtenidos de la observación macroscópica de las gónadas masculinas de *S. reticulatus*, se elaboró una escala empírica con las diferentes descripciones del desarrollo gonadal para dicha especie.

Tabla 8.- Características macroscópicas de la maduración de los testículos de *S. reticulatus*.

Fase de madurez	Descripción
Inmaduro	
Desarrollo	Testículos de tonalidad blanca, algunas veces de color amarillo, son largos y moderadamente anchos. Algunas partes de la gónada se encuentran más desarrolladas que otras, como si estuviera septada. Las glándulas accesorias se encuentran escasamente desarrolladas (Figura 13 A).
Espermiación capaz	Testículos con tonalidades que van del blanco hasta café claro, se observan vasos sanguíneos. Las glándulas accesorias se encuentran más desarrolladas, la longitud y anchura de la gónada es más grande y se hace más evidente las separaciones que tiene el testículo a manera de septos (Figura 13 B).
Regresión	Testículos más delgados, de una coloración amarillenta, las glándulas ya no son tan prominentes y no se encuentran extendidas como en la etapa anterior (Figura 13 C).
Regeneración	Testículos de color amarillo a café claro, la túnica albugínea se encuentra contraída. Glándulas accesorias ya no son prominentes. No se observan vasos sanguíneos (Figura 13 D).

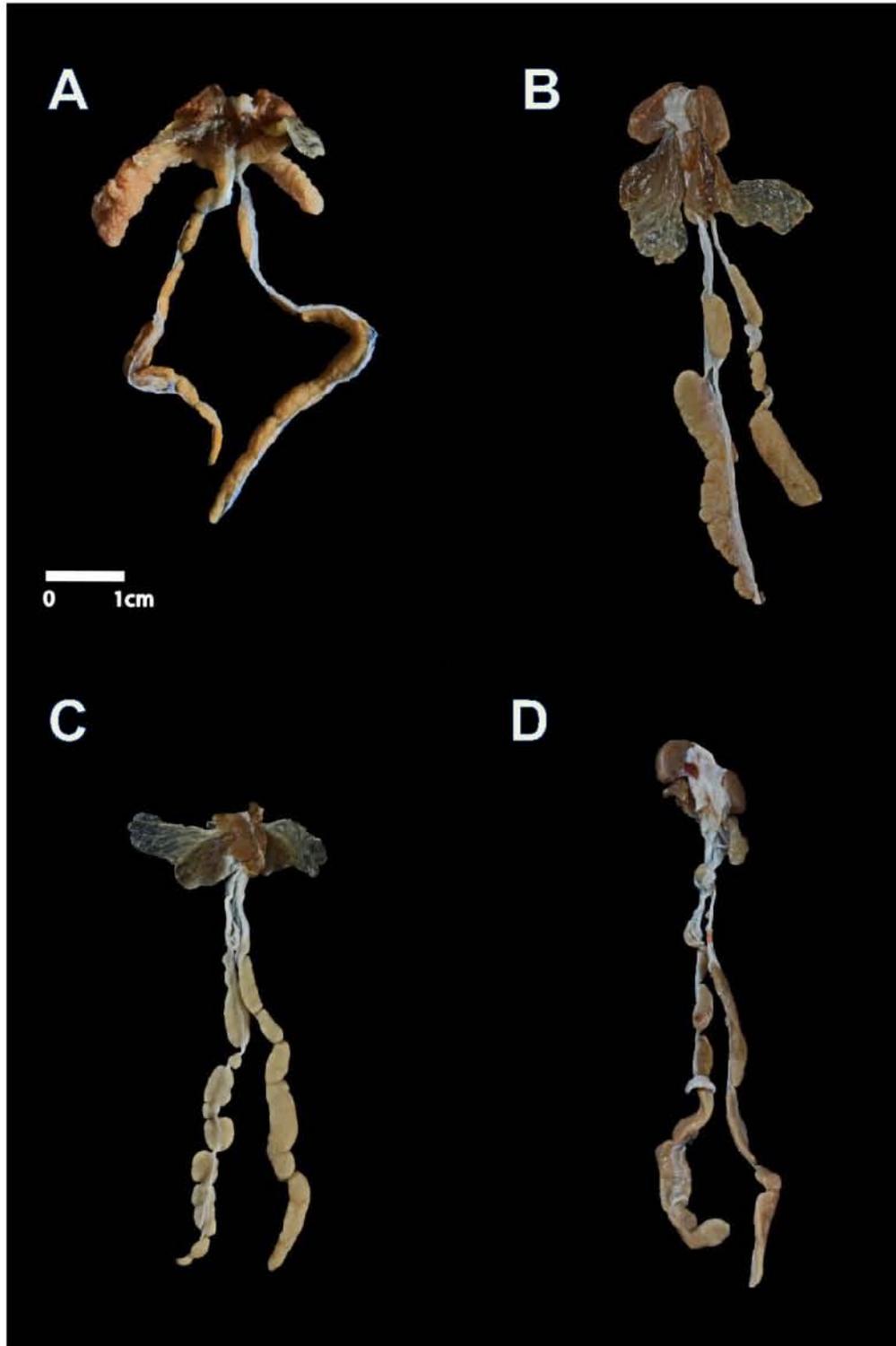


Figura 12. Aspecto macroscópico de los testículos de *S. reticulatus* en sus diferentes fases de madurez. A) Fase “en Desarrollo”, B) Fase “espermiación capaz”, C) Fase “regresión”, D) Fase “regeneración”.



Glándulas accesorias

Son órganos relativamente grandes y extendidos a manera de abanico, hialinas, con septos que separan a las glándulas en secciones lobuladas fácilmente visibles y de un color que va del amarillo al café oscuro.

Se ubican en la parte posterior de la cavidad abdominal, justo por encima de la vejiga bilobulada y se unen a los ductos espermáticos, formando el complejo ducto espermático – glándulas accesorias – vejiga urinaria – cloaca.

Con base en las observaciones de las glándulas accesorias de *Opsanus tau* y *Opsanus beta*, realizadas por Hoffman (1963) y Gallardo (1998), puede decirse que existen similitudes con las glándulas de *S. reticulatus*, que también presentan cuatro secciones (Figura 14).

La parte uno de las glándulas accesorias se encuentra ubicada cerca del espermiducto, es de color café oscuro y se notan ligeramente las divisiones que tiene esta área, debido a que se llena de secreciones, lo que dificulta distinguir a los septos.

La segunda parte es de color café más claro; se observa una hendidura que delimita el inicio de la tercera sección de las glándulas accesorias. Los septos que la dividen son más evidentes, el tamaño es menor al de la primera parte.

La tercera sección es de color más amarillento, hialina y los lóbulos son más pequeños, numerosos y amplios. Se observó que pueden extenderse adelgazando la pared de cada lóbulo.

La cuarta sección es más homogénea en consistencia, se encuentra justo donde se unen las glándulas accesorias, la vejiga bilobulada y el espermiducto. Es una porción de tejido más claro que las partes uno y dos, que se encuentra muy cercano con su contraparte. Envuelve a toda la parte ventral de las glándulas accesorias (Figura 14 y 15).



Figura 13.- Glándula accesoria del pez sapo reticulado *S. reticulatus* con las diferentes secciones que la componen.



Figura 14.- Vista ventral de las glándulas accesorias de *S. reticulatus*.



2.2.6 Descripción microscópica de los testículos

Los testículos se encuentran rodeados por una túnica albugínea constituida de tejido conjuntivo. Tienen lóbulos internos perpendiculares al eje de la gónada, conformando de esta manera pequeños cistos.

Dentro de los cistos, se encuentran células gaméticas masculinas en una misma etapa de desarrollo, ya sean espermatogonias, espermatocitos primarios, espermatocitos secundarios, espermátidas o espermatozoides.

De manera general, cada testículo contiene cistos con células gaméticas en diferentes fases de desarrollo; con base a Brown- Peterson *et al* (2011), se tiene una clasificación de la maduración en testículos: Inmaduro, Desarrollo, Espermiación capaz, Regresión y Regeneración (Tabla 9).

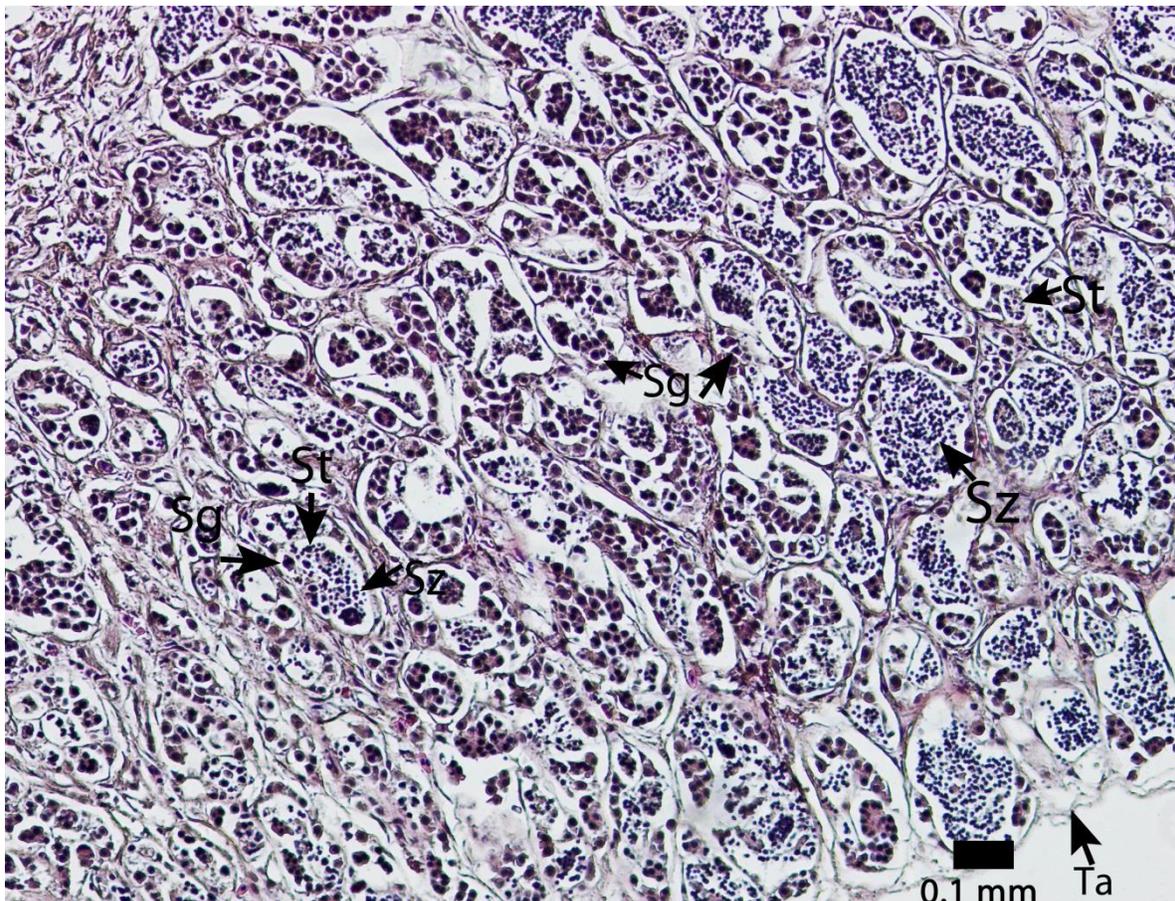


Figura 15.- Vista microscópica del testículo de *S. reticulatus*. (Sg) espermatogonia, (St) espermátide, (Sz) espermatozoide



Espermatogonias (Sg)

Son células gaméticas grandes casi esféricas, abundantes en algunos estadios de maduración, su núcleo es grande y basófilo, Se pueden observar que se encuentran conglomeradas en cada cisto de los lóbulos (Figura 16).

Espermatocitos primarios (Sc1)

Son células más o menos redondeadas, basófilas y afines a la hematoxilina, su tamaño es menor en comparación con el de las espermatogonias, los espermatocitos primarios se encuentran comúnmente formando agregados.

Espermatocitos secundarios (Sc2)

Los espermatocitos secundarios son de menor tamaño, en comparación con los espermatocitos primarios, Para ambos espermatocitos (Sc1 y Sc2), no se encontró registro visual en los cortes elaborados del testículo de *S. reticulatus*.

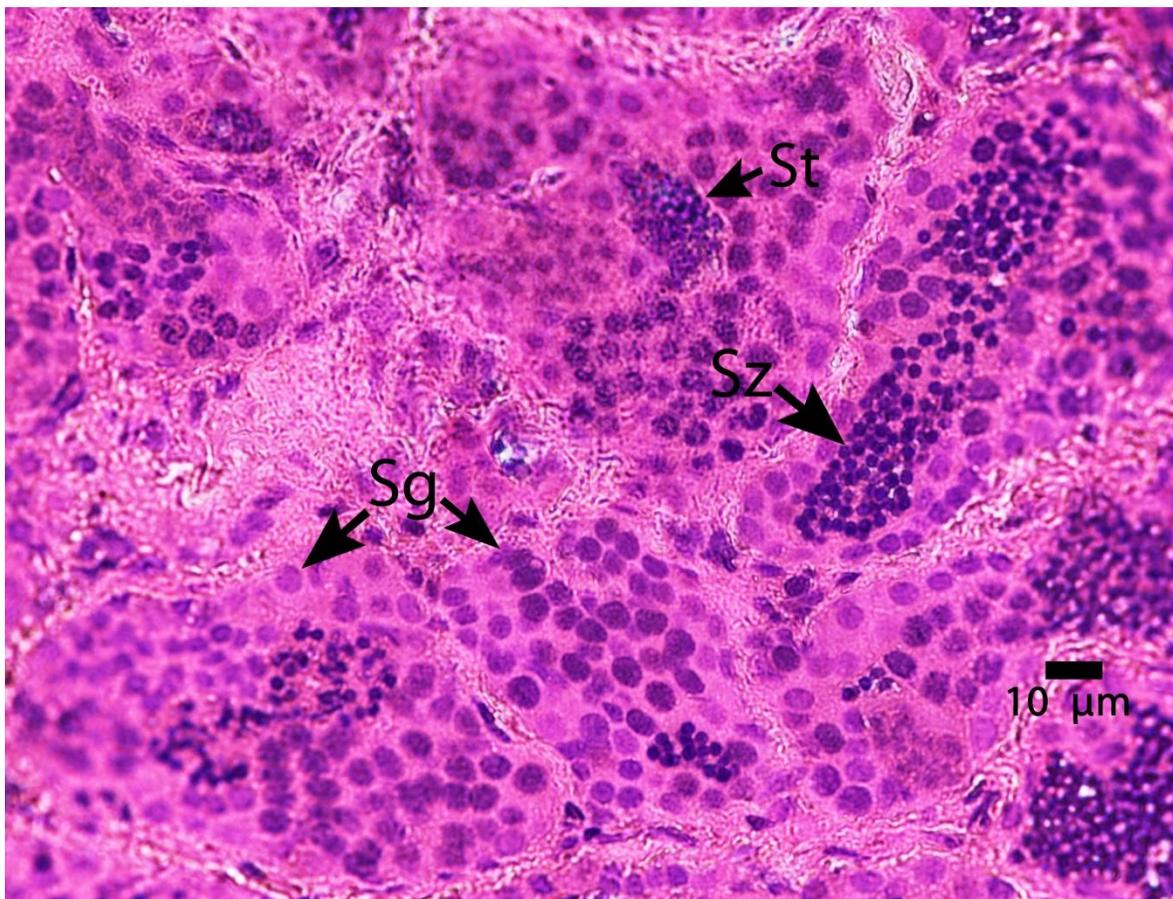


Figura 16.- Detalle del corte histológico de un testículo de *S. reticulatus*. (Sg) Espermatogonia, (St) Espermatida, (Sz) Espermatozoide.



Espermátidas (St)

Las células en esta etapa son más pequeñas que los espermatocitos primarios; están por alcanzar la maduración total, por lo que llegan a confundirse con los espermatozoides; su núcleo es pequeño y se encuentran cerca del lumen del lóbulo (Figura 17).

Espermatozoides (Sz)

Es la etapa de maduración final de las células sexuales masculinas. El tamaño de estas células es ligeramente más pequeño que el de la espermátida, su cabeza es redondeada, los flagelos son difíciles de observar (Figura 18).

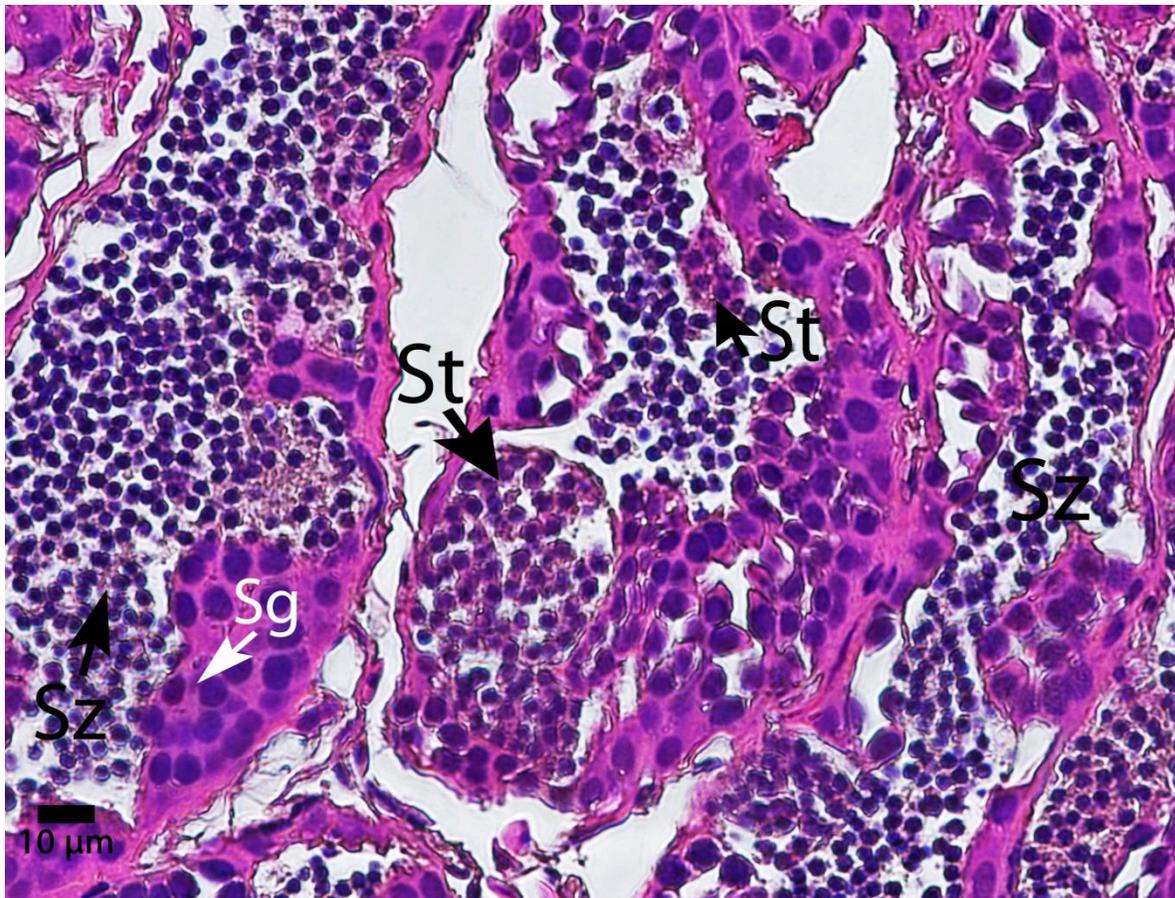


Figura 17.- Testículo de *S. reticulatus*. (Sg) espermatogonia, (St) espermátide, (Sz) espermatozoide



Escala microscópica de madurez gonadal

Con base en la observación microscópica de los testículos de *Sanopus reticulatus* se elaboró la siguiente escala empírica:

Tabla 9.- Características microscopias de las fases de maduración de los testículos de *Sanopus reticulatus*. (Ta) túnica albugínea, (Sg) espermatogonia, (St) espermatides, (Sz) espermatozoides.

Fase de madurez	Descripción
Inmaduro	-----
Desarrollo	Los testículos presentan, en su mayoría, espermatogonias, se pueden encontrar algunas espermátidas; hay presencia de espermatoцитos primarios y secundarios; algunos espermatozoides están presentes en el lumen de los lóbulos (Figura 19 A)
Espermiación capaz	Se observan principalmente espermatozoides en el lumen de los lóbulos y en los conductos espermáticos; se encuentran también algunas espermátidas y espermatogonias. En esta fase hay pocos espermatoцитos primarios y secundarios (Figura 19 B).
Regresión	Hay presencia de espermatozoides residuales en el lumen de los lóbulos y conductos espermáticos, el número de espermatogonias en el testículo es menor (Figura 19 C).
Regeneración	Hay evidencia de espermatozoides residuales en el lumen de los lóbulos, hay presencia de espermatogonias en los cistos a lo largo del testículo (Figura 19 D).



Escala microscópica ilustrativa de madurez gonadal

Se obtuvo una escala ilustrativa de la madurez gonadal de los machos de *S. reticulatus*, a través de microfotografías de cortes histológicos de los testículos. La escala se presenta a continuación:

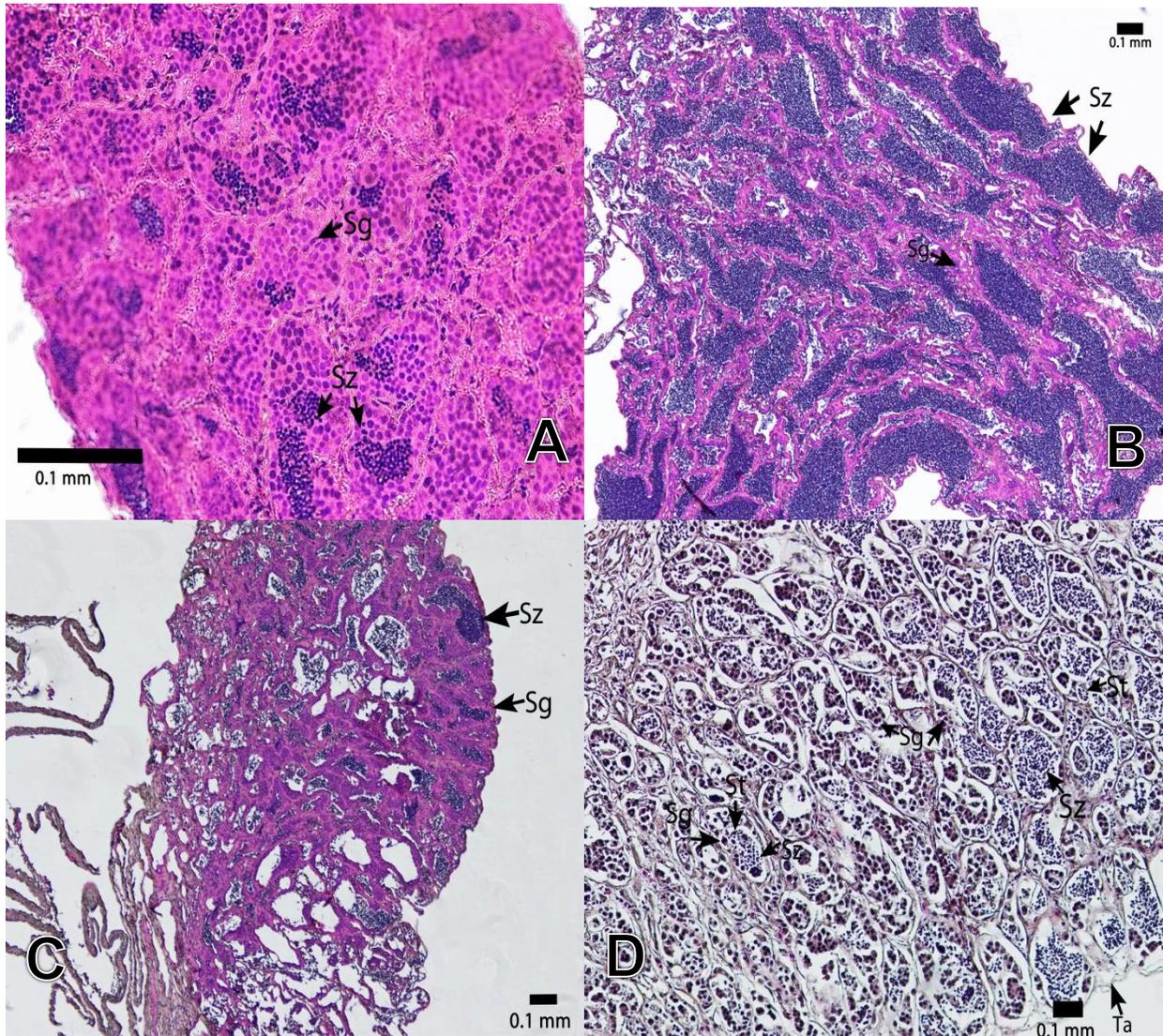


Figura 18. Aspecto microscópico de los testículos de *S. reticulatus* en diferentes fases de madurez. A) Testículos fase “en desarrollo”, B) Testículos en fase “espermiación capaz”, C) Testículos fase “regresión” y D) Testículos fase “regeneración”. (Sg) Espermatogonia, (St) Espermatide, (Sz) Espermatozoide.



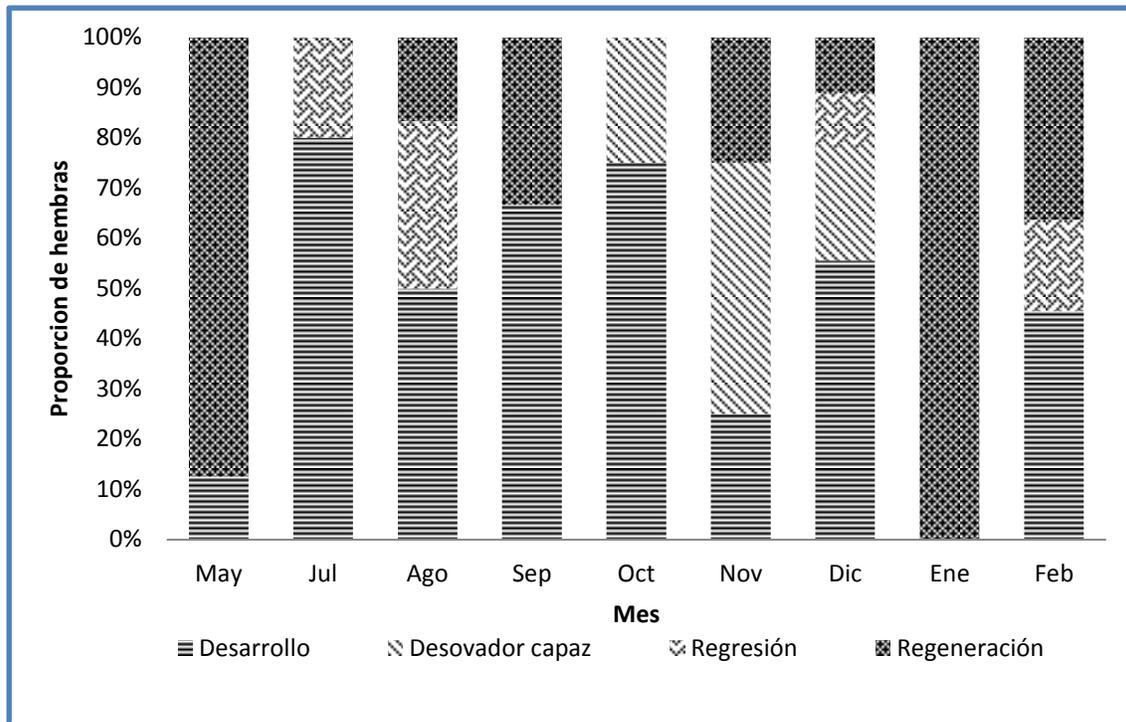
Estimación de la época reproductora por medio de la madurez gonadal

Con base a la escala propuesta anteriormente, se registraron 26 hembras en desarrollo, 5 en desovador capaz, 6 en regresión y 18 en regeneración, no se obtuvieron organismos inmaduros durante el periodo de muestreo (Gráfica 6). Para los machos, en las fases de desarrollo, espermiación capaz y regresión, se encontró un solo organismo para cada fase y 14 organismos para regeneración, de igual manera no se encontraron organismos inmaduros (Gráfica 7).

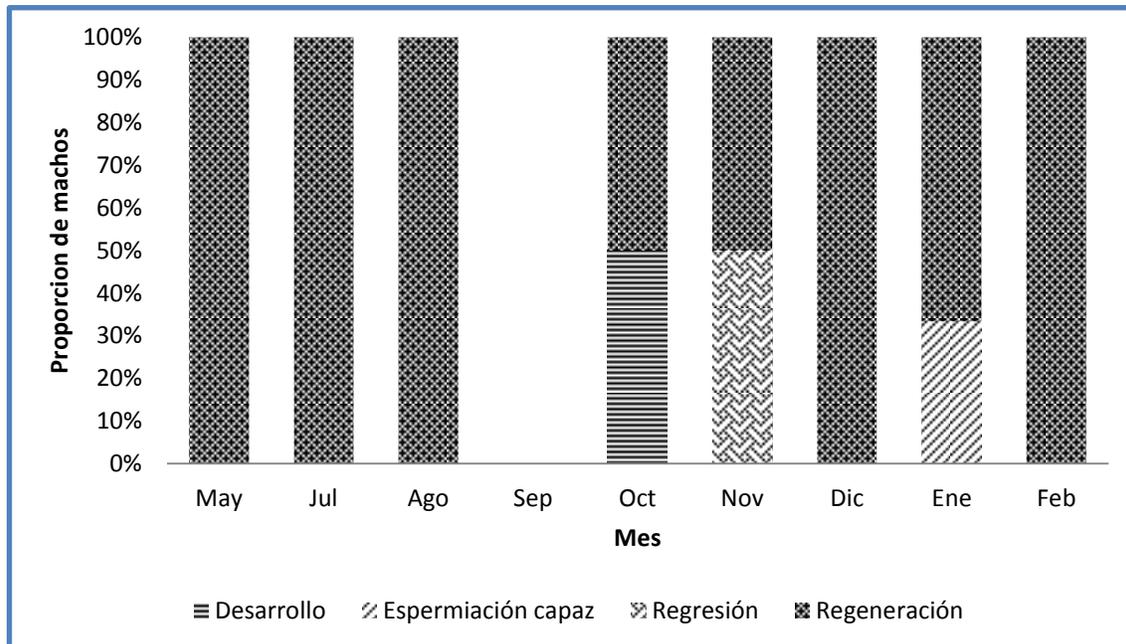
Se encontró que las hembras de *S. reticulatus* mostraron gónadas en la fase de desarrollo durante todo el periodo de muestreo, siendo mayo y noviembre los meses con proporciones más bajas, a excepción del mes de enero 2015 donde no se registraron organismos en desarrollo.

Las hembras, en la fase de desovador capaz, se registraron en los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2014. De igual manera, la etapa de regeneración se hizo presente en la mayoría de los meses, sin contar julio y octubre 2014, los meses donde fue mayor la proporción de esta fase fue en mayo del 2014 y enero del 2015 (Gráfica 6).

Sin embargo, esta misma fase de madurez gonadal se hizo presente en todos los meses de muestreo para los machos, para el mes de septiembre no se capturaron machos. La fase de desarrollo se ubicó en el mes de octubre, espermiación capaz en el mes de enero del 2015 y regresión en noviembre del 2014 (gráfica 7). Las variaciones que se observan, en cuanto al número de proporción de cada fase, se debe al número de muestra obtenido durante el mes de muestreo.



Gráfica 7.- Proporción de hembras por cada fase de madurez de las gónadas de *S. reticulatus*



Gráfica 6.- Proporción de machos por cada fase de madurez de las gónadas de *S. reticulatus*



2.3 Proporción sexual

Del total de organismos capturados, se obtuvieron 55 hembras y 17 machos. La proporción sexual estimada fue de 3.2:1 H-M ($p= 0.0013$), por lo que existe una desviación significativa de la unidad a favor de las hembras de *S. reticulatus*.

2.4 Fecundidad

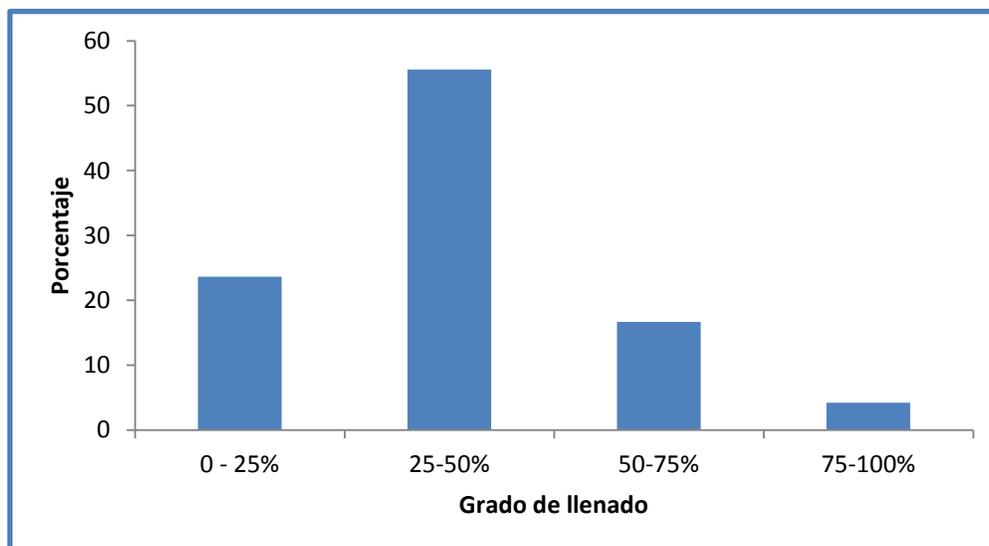
El conteo directo de los ovocitos maduros, en los ovarios de *S. reticulatus*, permitió estimar una fecundidad de entre 247 a 508 huevos por hembra.

2.5 Aspectos tróficos

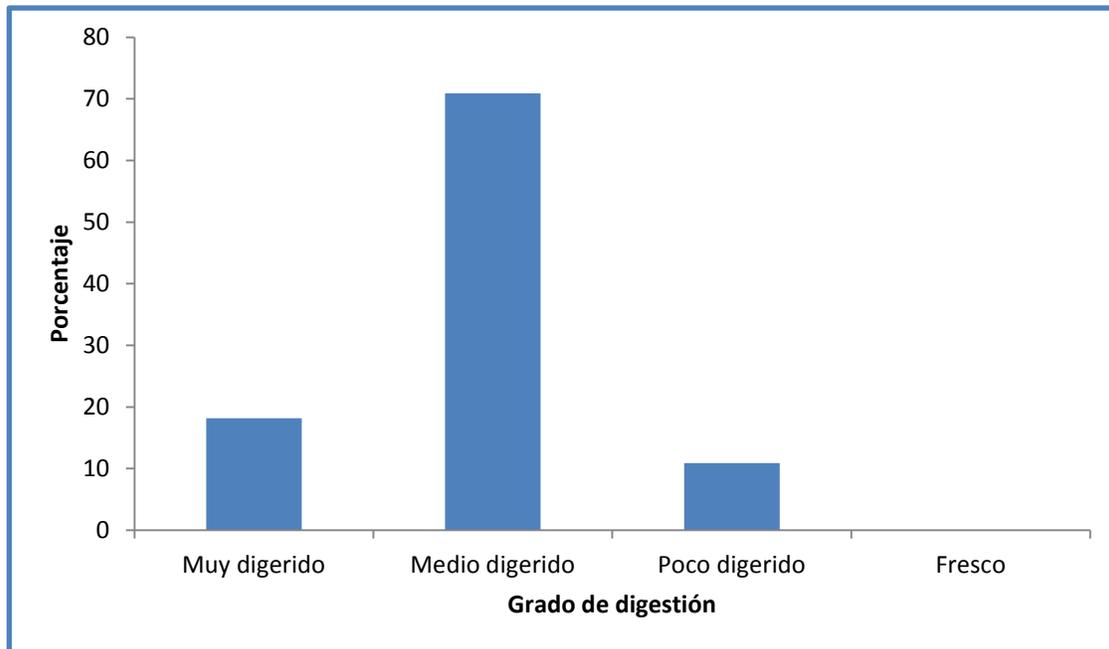
2.5.1 Composición de la dieta

Se analizaron un total de 72 estómagos de *S. reticulatus*. Del total de estómagos, el 23.61% corresponde a los estómagos que contenían entre un 0-25% de contenido estomacal presente en el tracto digestivo. El 55.6% corresponde a aquellos en los que el contenido estomacal abarcó de un 25 a un 50% del tracto digestivo. El 16.7% corresponde a los individuos con valores de contenido estomacal del 50-75% del tracto digestivo y para el espacio ocupado de un 75-100% se registró únicamente un 4.23% (Gráfica 8).

En la gráfica 9 se presenta el porcentaje del grado de digestión en que se encontraba el contenido estomacal, en mayor proporción se obtuvo contenido estomacal medio digerido (71%), seguido de contenido muy digerido (18%) y finalmente poco digerido (11%).



Gráfica 8.- Porcentaje según el grado de llenado de los estómagos de *S. reticulatus*.



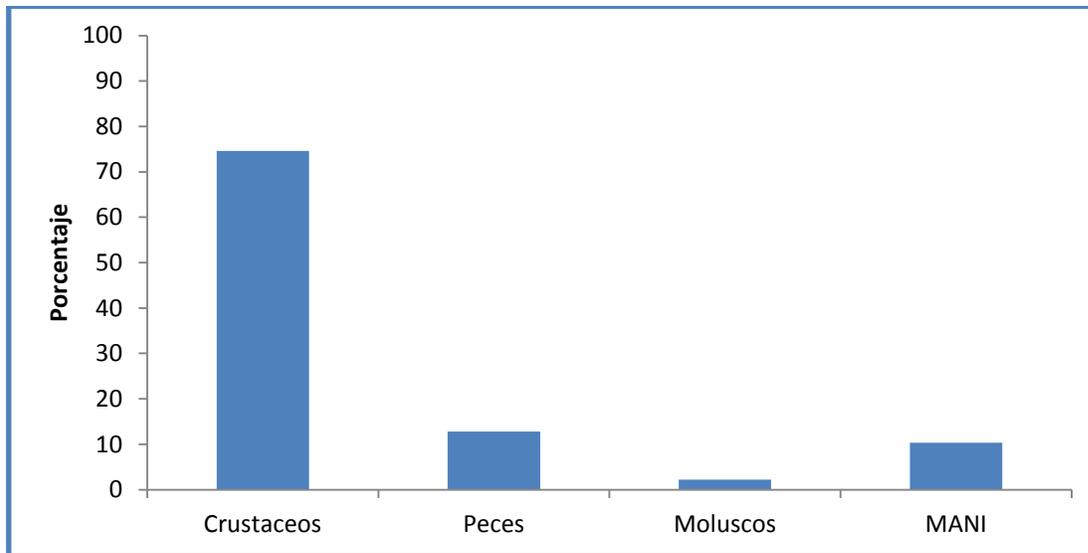
Gráfica 9.- Porcentaje del grado de digestión del contenido estomacal encontrado en *S. reticulatus* durante el periodo de muestreo

Con base a los resultados, se determinaron 15 componentes alimenticios. Los taxa encontrados se agruparon en cuatro grupos tróficos, siendo los más importantes, de acuerdo al índice de importancia relativa (IRI), los crustáceos con un 74.58% (de los que destacan la familia Majidae (67.25%) y Porcellanidae (26.37%), los peces con un 22.67%, moluscos con un 6.25% y la materia animal no identificada (MANI) 21.40% (Grafica 10 y tabla 10).

Respecto a la abundancia del porcentaje de área, los moluscos resultaron ser los de mayor valor, seguido de MANI, los peces y el grupo de los cangrejos para los métodos de área y peso. Para el método de frecuencia de ocurrencia, se observó que los moluscos eran los de mayor valor (34.40%), continuado por el grupo de los peces (23.58%), crustáceos (24.10%) y finalmente MANI (22.93%) (Tabla 10).

Cabe mencionar que dentro de los peces registrados se encuentra *Odontoscion dentex*, *Haemulon plumieri* y *Haemulon* spp, determinados por comparación de otolitos, basados en la colección científica de otolitos de la UMDI-SISAL.

De los crustáceos Majoidea encontrados, la especie *Mithrax sculptus* fue de las más abundantes y frecuentes registradas en el contenido estomacal.



Gráfica 10.- Valores del índice de importancia relativa (%) de los componentes tróficos encontrados para *S. reticulatus*.

Variación temporal

En cuanto a la variación alimenticia temporal, en la figura 20 se presentan las variaciones del espectro trófico de *S. reticulatus*. Destaca el consumo constante de la familia Majidae, a lo largo del periodo de muestreo. Para el mes de mayo (2014), se registró un consumo de cangrejos de la familia Porcellanidae (16 % IIR) seguido, en mayor proporción Majidae (61.6% IIR) y, en menor, proporción los decápodos (8 % IIR), anomuros (2.5% IIR), MANI (1.7% IIR) y otros (Isopoda 2.49%, Echinoidea 0.06%, Marginallidae 4.92%, Amphineura 0.36%, Gastropoda 2.35% IIR).

Para el mes de julio (2014), se registró un incremento por el consumo de Porcellanidae (33% IIR) y peces (22.4% IIR), mientras que el consumo sobre Decapoda (5.3% IIR), Anomura (5.6% IIR) y Brachiura (4.6% IIR), se mantiene similar al mes de mayo (2014). En agosto (2014) es evidente el consumo de peces (55%), disminuyendo el de Porcellanidae (11% IIR), aumentando el consumo de Majidae (23% IIR) y Brachiura (10.77% IIR). En septiembre (2014) se observaron proporciones similares en el consumo de Porcellanidae (12% IIR), se incrementa el de Majidae (59.6% IIR) y disminuye el consumo de Brachiura (8% IIR) junto con los peces (8% IIR). Sin embargo, se consumen los Cephalopoda (12% IIR), resultando ser en este mes en el que se encontró en mayor cantidad a comparación de los demás meses de muestreo.



Para los meses de octubre, noviembre y diciembre (2014), se incrementó el consumo de crustáceos de la familia Majidae (35.1%-47.8% IIR), mientras que la depredación sobre la familia Porcellanidae (25.3%-0% IIR) disminuyó en los meses de diciembre y enero. Al contrario, el consumo de los peces se incrementa en octubre y noviembre (9.5%-26.9%), pero disminuye en diciembre (2014) (9.7%). En ese mismo mes, se observó un aumento en la ingesta de otras presas (Marginallidae 1.16 % IIR y Naticidae 20.6% IIR)

De diciembre (2014) a enero (2015) no se observó el consumo de Porcellanidae, mientras que MANI fue en aumento (28.3%-80% IIR) para disminuir en el mes de febrero (2015) (15.6%). La ingesta de peces bajó de diciembre a enero (de 9.7% al 0%), para alcanzar en 23% del IRI en febrero (2015), al igual que Majidae (41% IIR), Porcellanidae (14.6%IIR) y en menor proporción Cephalopoda (5.8%IIR).

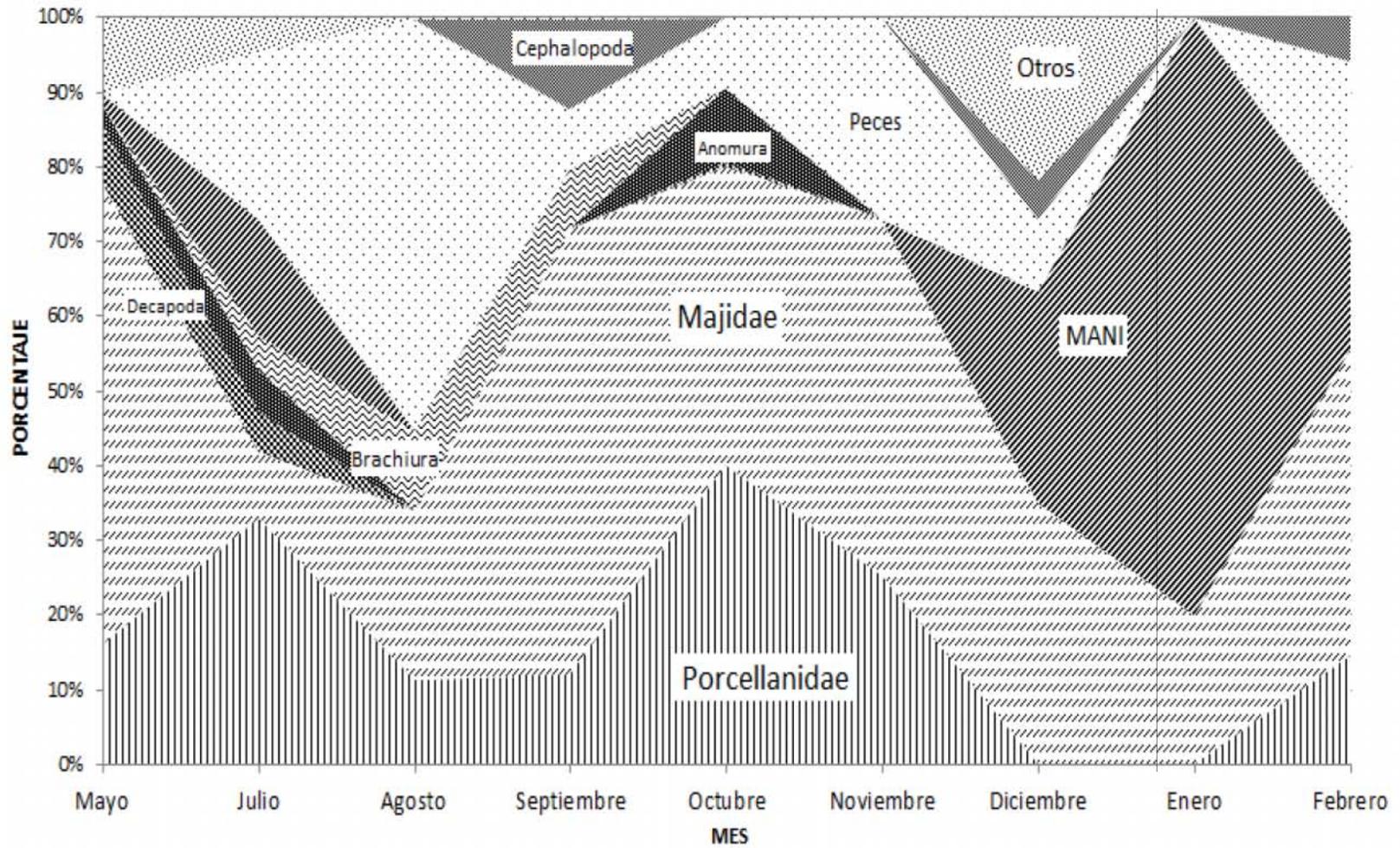


Figura 19. Variaciones del espectro trófico (IRI) entre los meses de muestreo de *S. reticulatus* en la reserva estatal El Palmar, Yucatán.





Tabla 10 Sistemática de los componentes alimenticios encontrados en el estómago de *S. reticulatus*.

Subphylum	Crustacea			
Clase	Malacostraca			
Subclase	Eumalacostraca			
Superorden	Peracarida			
Orden	Isopoda			
	Amphipoda			
Superorden	Eucarida			
	Orden Decapoda			
		Suborden Pleocyemata		
			Infraorden Anomura	
				Superfamilia Galattheoidea
				Familia
				Porcellanidae
			Infraorden Brachyura	
			Seccion Oxyrhyncha	
				Superfamilia Majoidea
				Familia Majoidea
				Género Mithrax
				Especie sculptus
Phylum	Echinodermata			
Subohylum	Echinozoa			
Clase	Echinoidea			
Phylum	Mollusca			
Clase	Gastropoda			
Subclase	Caenogastropoda			
	Orden Neogastropoda			
		Superfamilia Muricoidea		
			Familia	
			Marginallidae	
	Orden Littorinimorpha			
		Superfamilia Naticoidea		
			Familia Naticidae	
Clase	Polyplacophora			
	Cephalopoda			
Phylum	Chordata			
Clase	Osteichthyes			
Subclase	Actinopterygii			
	Orden Perciformes			
		Familia Sciaenidae		Familia Haemulidae
		Género Odontoscion		Género Haemulon
			Especie dentex	Especie plumieri

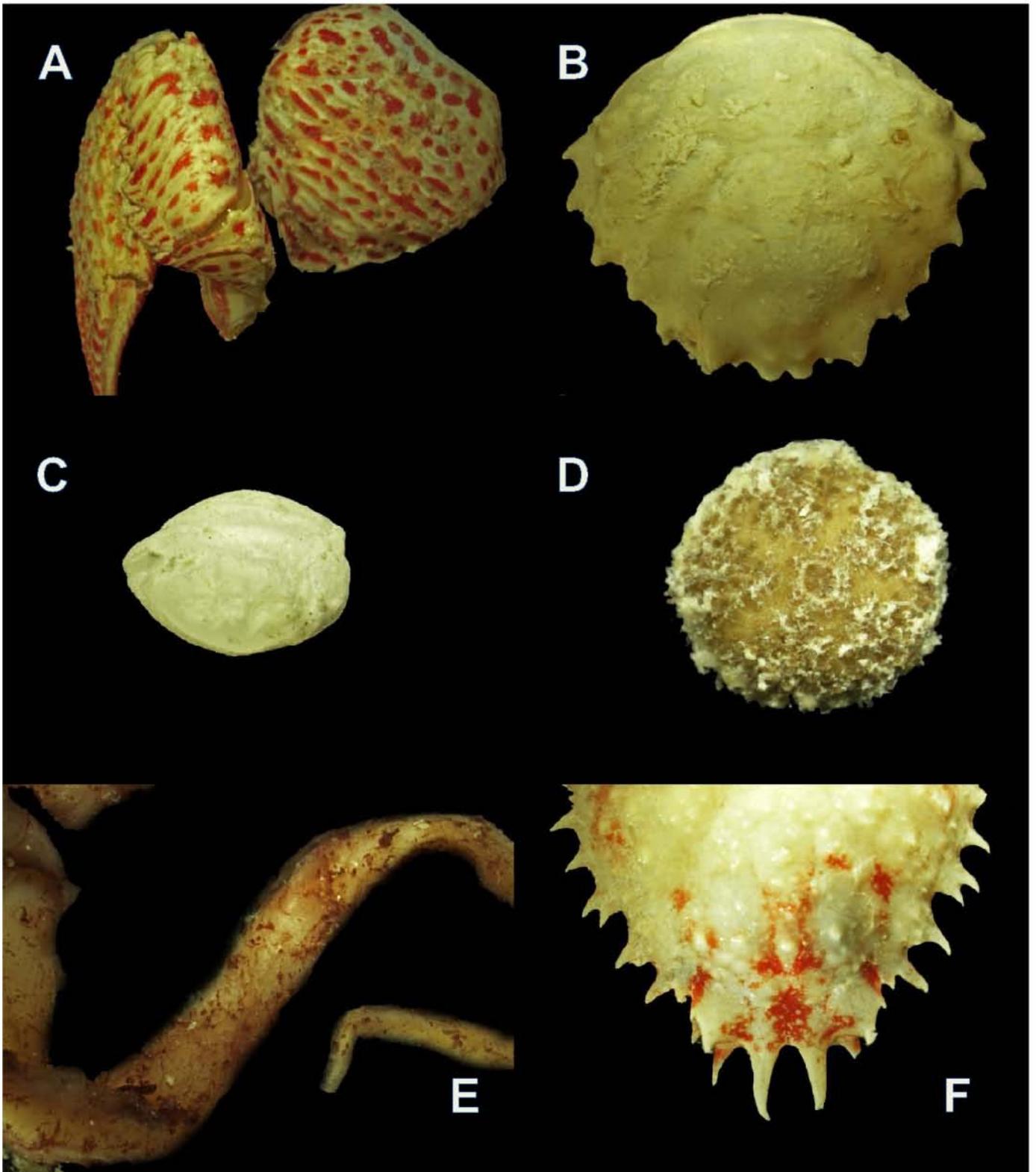
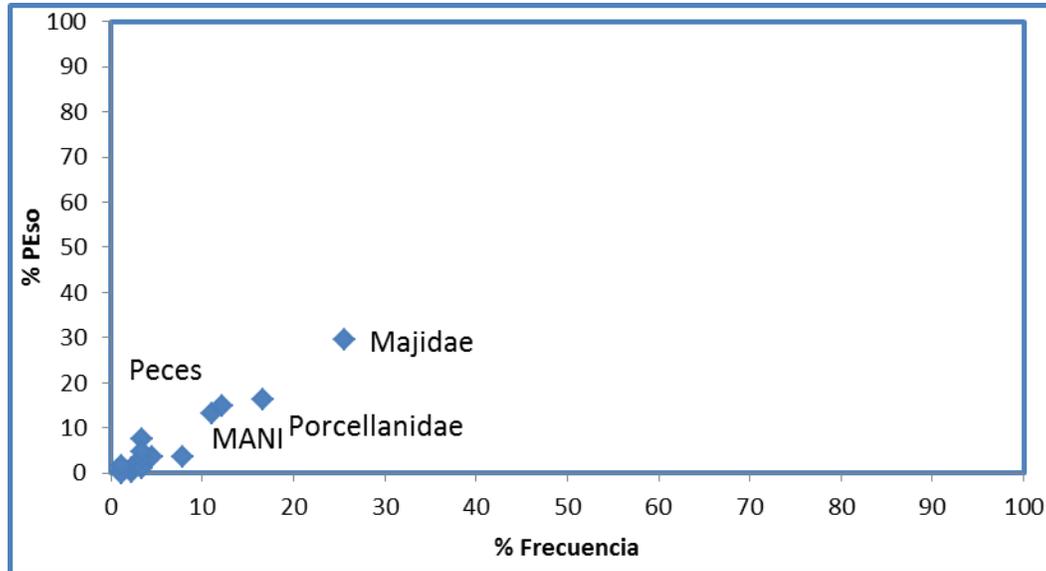


Figura 20.- Imágenes de las presas encontradas en el contenido estomacal de *S. reticulatus*. A) *Porcellanidae*, B) *Majidae*, C) Otolito de *Haemulon plumieri*, D) Echinoidea (erizo), E) tentáculo de pulpo, F) *Brachyura*.



Con respecto a la importancia de los tipos alimenticios obtenidos por el método gráfico de Costello, se observó que la mayoría de las presas son raras, y que el comportamiento alimenticio de *S. reticulatus* es generalista, con una tendencia a alimentarse de crustáceos de las familias majidae y porcellanidae (Gráfica 11).



Gráfica 11.- Comportamiento alimenticio de *S. reticulatus* determinado por el método gráfico de Costello

Nivel trófico

El nivel trófico estimado para *S. reticulatus* mediante TrophLab fue de 3.55 (error estándar = 0.58), posicionándolo como una especie carnívora.

Tabla 11. Tipos alimenticios de *S. reticulatus* y sus valores del análisis del contenido estomacal

Tipos alimenticios	% Área	%Peso	%FOC
Crustacea			
Isopoda	0.29	0.99	2.22
Amphipoda	0.18	0.12	2.22
Decapoda	4.01	3.46	4.44
Anomura	3.06	3.46	7.78
Porcellanidae	17.82	16.28	16.67
Brachyura	7.52	7.50	3.33
Majoidea	27.26	29.45	25.56

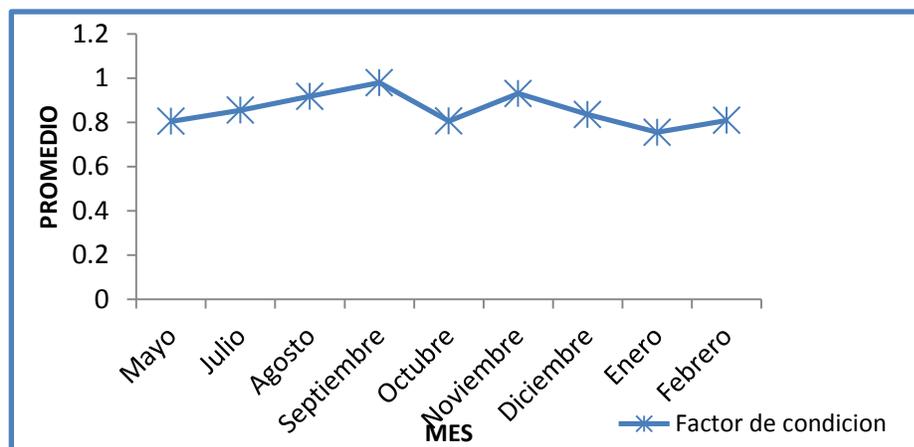


Echinodermata			
Echinoidea	0.03	0.04	1.11
Mollusca			
Gastropoda	0.84	1.59	1.11
Marginallidae	2.01	0.96	3.33
Naticidae	2.96	3.39	3.33
Polyplacophora	0.25	0.12	1.11
Cephalopoda	4.44	4.61	3.33
Peces			
Peces	15.42	14.96	13.33
*MANI	13.90	13.06	11.11

*Materia Animal No Identificada

Factor de condición

El factor de condición, obtenido durante el periodo de muestreo, se observa en la gráfica 12, en donde se puede observar que en los meses de septiembre y noviembre fue donde *S. reticulatus* se encontró en mejor condición, lo que indicaría un posible desove para esos meses.



Gráfica 12.- Factor de condición de *S. reticulatus* obtenido durante los meses de muestreo en la Reserva Estatal El Palmar, Yucatán, México



DISCUSIÓN

El tipo de crecimiento registrado para *S. reticulatus* fue isométrico, tanto para hembras como para machos, de acuerdo a lo mencionado por Froese (2006), si $b=3$ las especies de peces tienen la misma forma y condición de juveniles o adultos, lo cual puede relacionarse con el tipo de crecimiento de *S. reticulatus*. Wilson *et al* (1982) y Richard (1985), no encuentran diferencias significativas en cuanto a la comparación del tipo de crecimiento para *Opsanus tau*. Por otro lado, Vianna *et al* (2000), registran un crecimiento alométrico positivo para *Porichthys porosissimus*, lo mismo para *H. didactylus* (Palazón *et al* 2001), contrario a lo que se obtuvo para *S. reticulatus*.

Aspectos de la biología reproductora

El índice gonadosomático mostró una temporada reproductiva para hembras que inicia en el mes de octubre (2014) y termina en el mes de Diciembre (2014), época en donde los nortes son frecuentes, el pico más alto de actividad se obtuvo en el mes de noviembre (2014). Esto coincide con lo obtenido en las escalas de madurez, en donde se representa un 50% de hembras desovadoras en el mes de noviembre, y siendo los meses de octubre, noviembre y diciembre donde se capturaron hembras en la fase de desovador capaz. Para los machos se obtuvo los mismos resultados, en cuanto a la actividad reproductora; sin embargo, el mes de julio fue el más alto registrado con respecto al IGS, esto se debió probablemente al número de organismos obtenido para ese mes ($n=4$), el cual fue mayor comparado con los demás meses.

En las escalas de madurez, se registró actividad para los meses de octubre, noviembre y diciembre, sin embargo, para el mes de enero se registró además machos en fase de espermiación capaz, lo que indicaría un tiempo más prolongado en cuanto a la actividad reproductora, abarcando los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2014, junto con el mes de enero del 2015.

Palazón *et al* (2001), encuentra para *Halobatrachus didactylus*, un IGS alto en hembras, correspondiente al mes de marzo a mayo, bajando en julio a noviembre y reiniciando el ciclo gonadal en diciembre; en machos el IGS no fue tan notorio, los valores bajaron en junio y julio, siendo altos de febrero a mayo. Vianna *et al* (2000), registra una actividad reproductora para *P. porosissimus*, que va de noviembre a febrero, similar a lo registrado para *S. reticulatus*. Breder (1941), Cathleen (2005) y Santes (2010), reportan para *Opsanus beta* una temporada reproductiva que comienza al inicio de la temporada de Nortes, siendo mayor entre los meses de Febrero a Marzo.



Con ayuda de los cortes histológicos y la observación de las preparaciones, se logró observar que *S. reticulatus* tiene un desarrollo asincrónico en los ovarios, es decir, se observaron ovocitos en diferentes estadios de desarrollo, esta característica es típica de especies que tienen un periodo reproductivo largo (Zanuy *et al* 2009).

La proporción para *S. reticulatus*, de manera general, se observó a favor significativamente hacia las hembras, esto se debió de igual forma al número de organismos obtenidos para cada muestreo mensual y a la minoría de organismos obtenidos de peces macho. Es importante mencionar que esto puede ser a la estrategia reproductora que presenta *S. reticulatus*, en la cual los machos se mantienen junto al nido, manteniéndose oculto resguardando el nido hasta el estado en que las larvas son libres nadadoras, esto se puede observar en *O. beta*, *O. tau* y *Amphichthys cryptocentrus* (Breder 1941, Gray & Winn 1961; Hoffman & Robertson 1983).

La fecundidad registrada para *S. reticulatus* fue de 247 a 508 huevecillos, con un diámetro promedio de 5.62 mm, esta variación en cuanto al número de huevos, se debe principalmente por el tamaño de los mismos, aunado a la capacidad de la cavidad abdominal de los organismos, para retener un cierto número de huevos, además de los factores ambientales, como temperatura, disponibilidad de alimento y contaminación (Wootton 1990; Murua *et al* 2003). Gallardo *et al* (2004), encuentran para *O. beta* una fecundidad entre 350 y 412 huevos y una media de 3.5 mm. Collete (1983) reporta para *S. greenfieldorum* 369 huevos con un rango promedio de diámetro de 3 a 6 mm y Palazón *et al* (2001) encuentra un rango de fecundidad de 227 a 1233 huevos, con un promedio en diámetro de 6.38 mm para *H. didactylus*, el cual lo relaciona con el largo y peso del cuerpo del organismo.

Posiblemente, *S. reticulatus* al igual que otros miembros de la familia batrachoididae, deposita sus huevos en nidos que el macho cuida y ventila hasta que eclosionan grandes larvas libres nadadoras capaces de dispersarse y alimentarse inmediatamente de manera exógena

En cuanto a las glándulas accesorias de *S. reticulatus*, se observó que presentan cuatro secciones, similares a las reportadas por Hoffman (1963) para *O. tau*, estas estructuras se presentan además en otras especies de peces pertenecientes a las familias Blennidae, Gobiidae, Bagridae, Clariidae, Tripterygiidae, Chaenopsidae, Opistognathidae y Batrachoididae (Gallardo 1998). Sin embargo, su función aun es variable en la actividad reproductora, algunas de sus funciones están como almacén de esperma y maduración del mismo, producción de compuestos



antibacteriales y antimicóticos, producción de derivados de andrógenos como feromonas durante la reproducción, para la construcción del nido y la fijación del huevo al sustrato. Por otro lado, su función que cumplen estas estructuras en general es la secreción de mucinas, que se mezclan con el esperma durante la eyaculación (Hoffman 1963; Barni *et al* 2001).

Gray & Winn (1961), mencionan que los peces sapo utilizan objetos como nidos, con el fin de salvaguardar los huevos durante la temporada reproductora, este puede ser el caso para *S. reticulatus*, el cual por el modo de vida que lleva y el tipo de hábitat en donde se encuentra, puede utilizar grietas a manera de nido, es importante mencionar que estos organismos usan, a manera de estrategia reproductora, el cuidado de sus huevos, siendo el macho quien proteja el nido. La hembra puede depositar de decenas a cientos de huevos, dependiendo de su tamaño, mientras que el macho puede cuidar simultáneamente las puestas de varias hembras en el nido (De Martini 1988; Barni 2001).

Aspecto trófico

Con base en los resultados obtenidos, se pudo determinar que *S. reticulatus* es un pez carnívoro generalista, que incluye en su alimentación diferentes tipos de presas, entre las que se encuentran los crustáceos de la familia Majidae y Porcellanidae como presas dominantes, junto con los peces. Estos resultados se asemejan a los reportados para *Opsanus phobetron*, *O. beta*, *S. barbatus*, y *Halobatrachus didactylus*, especies que consumen en mayor proporción crustáceos, peces y moluscos (Hoffman & Robertson 1983; Varas & Ojeda 1990; Vega-Cendejas *et al* 1997; Gallardo 1998; Canto-Cendejas *et al* 2007; Pereira *et al* 2011).

Collette (1983), reportó la presencia de un cangrejo Majidae (*Macrocoeloma trispinosum*) en el estómago de *S. reticulatus*, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde se encontró que la mayor abundancia de las presas que consume *S. reticulatus* corresponden a cangrejos de la familia Majidae. Sin embargo, también se logró determinar que los cangrejos del género *Mithrax* forman un importante componente alimenticio para esta especie, al igual que para *S. greenfieldorum* y otros miembros de la familia Batrachoididae (Collette 1974, Russo 1981). Otro componente importante en la alimentación de *S. reticulatus* son los peces, pues llegan a constituir hasta el 25% de su dieta durante la temporada de nortes, siendo *Haemulon plumierii* y *Odontoscion dentex* algunas de sus presas. Estos resultados concuerdan con los reportados para otras especies de Batrachoididos como *Opsanus tau*, quien además de alimentarse de



cangrejos y moluscos incluye en su dieta a peces como las anchoas (Wilson *et al.*, 1982).

Los distintos componentes alimenticios que se encontraron en *S. reticulatus*, durante el muestreo, hacen referencia a las variaciones alimenticias que tiene. Esto se puede deber a la disponibilidad de recursos presentes en el área de estudio, los individuos pueden reducir su amplitud dietaria en épocas donde hay una mayor disponibilidad de recursos, y expandirla cuando haya una disminución desfavorable en la disponibilidad de las presas de alta calidad (Mosca 2010).

El consumo de crustáceos, por parte de *S. reticulatus*, puede deberse al gasto en las actividades reproductivas que tiene, por lo tanto la dieta se basa en presas bentónicas y fácilmente accesibles, lo que permite mayor energía, reduciendo así el número de comidas diarias (Costa, 2004). Mosca (2010), menciona que los depredadores pueden obtener los nutrientes esenciales de una sola presa, y así maximizar la tasa de consumo de energía.

Russel *et al* (1978), mencionan que los peces responden a los cambios que ocurren en su ambiente, la distribución y abundancia de los organismos está directamente ligada con su hábitat y su alimento. Sin embargo, en época de nortes, hay un incremento en la incidencia de los vientos fríos del norte, que provocan una disminución en la temperatura, incrementándose además el volumen de descarga de los ríos, generando de esta manera el aporte de detritus y grandes cantidades de nutrientes, lo que lleva a un incremento a la disponibilidad de alimento (Castillo-Rivera *et al* 1994).

En el presente trabajo no se pudo analizar la dieta desde un punto de vista ontogénico, debido a que no se pudieron obtener individuos juveniles y preadultos. Sin embargo, se pudo observar que los organismos de tallas alrededor de los 28 cm consumían principalmente crustáceos (Majidae y Porcellanidae), mientras que organismos por arriba de esa talla, también incluían en su alimentación a los peces. Con esto podemos inferir que a tallas juveniles, su principal alimento podrían ser los microcrustáceos, mientras que organismos adultos complementan su dieta con el consumo de peces, esto de acuerdo al comportamiento de otras especies de la misma familia (Canto & Cendejas 2007).

En general los peces sapo son de hábitos bentónicos, Claro (1994), menciona que *O. phobetron* es oportunista, resguardándose en refugios al acecho de sus presas. Esto se relaciona con el modo de alimentación de *S. reticulatus*, que se encuentra en fondos rocosos, y al tener una coloración críptica es un depredador al acecho. Durante las recolectas se observó a un individuo de *S. reticulatus* mantenerse



inmóvil, mientras un pez se acercaba a tratar de morder sus barbillas, que ondeaban por el movimiento del agua, cuando la presa estuvo lo suficientemente cerca *S. reticulatus* lo devoró. Esta táctica de alimentación de depredador al acecho, permite a los individuos obtener alimento con un menor esfuerzo y riesgo y maximizar los beneficios de acuerdo con lo reportado por Krebs y Davies (1984).

La información obtenida, en cuanto a la posición trófica de *S. reticulatus*, indica que este pez es un depredador de posición terciaria, al presentar un valor TROPH de 3.55. Este es similar a lo encontrado por Amezcua & Portillo (2010), para *Cyclopsetta panamensis*, en donde el valor TROPH reportado es de 3.77 y considerar a este lenguado como depredador tope. Cortés (1999) menciona que los consumidores herbívoros/detrítvoros tienen valores de TROPH, que oscilan de 2.0, mientras que los piscívoros/carnívoros mantienen un valor de 5.0, aunque resulta ser poco frecuente.

Por lo anterior, se le considera a *S. reticulatus* como una especie carnívora generalista, con tendencia hacia la alimentación sobre crustáceos.

Factor de condición

Es utilizado para comparar la condición o bienestar en que se encuentra un pez o población de peces, se basa en que los peces de mayor peso, a una determinada longitud presentan una mejor condición (Froese, 2006). Para *S. reticulatus*, el registro que se obtuvo fue mayor en los meses correspondientes a septiembre y noviembre, este último coincide con las escalas de madurez y el IGS obtenido para hembras y machos. Sin embargo, el índice de condición depende de factores como disponibilidad de alimento, estacionalidad (Blackwell *et al* 2000; Trudel *et al* 2005 y Rennie & Verdon 2008) y reproducción. Sisneros *et al* (2009), mencionan que los valores del factor de condición disminuyen debido a los costos metabólicos y la tensión de anidación durante la reproducción de *Porichthys notatus*.



CONCLUSIONES

- *S. reticulatus* es una especie bentónica, dioica, sin dimorfismo sexual externo, con un crecimiento isométrico y que puede registrar tallas de hasta 41.6 cm de longitud total.
- Tiene una distribución restringida al norte de la Península de Yucatán, con un área de ocurrencia limitada a las zonas rocosas donde se alimenta y resguarda.
- La estrategia reproductora de *S. reticulatus* consiste en depositar pocos (247 a 508) pero grandes (5.6 mm de diámetro) huevos bentónicos, en varios eventos de desove durante una época reproductora relativamente corta, que va de octubre a noviembre, durante la temporada de nortes.
- *S. reticulatus* es un depredador terciario (especie carnívora generalista), que basa su alimentación principalmente en cangrejos (Majidae y Porcellanidae) seguida de peces y moluscos.
- Debido a que *S. reticulatus* es una especie endémica, de baja respuesta, con un área de ocurrencia limitada a las zonas rocosas distribuidas a manera de parches dentro y frente a la Reserva Estatal El Palmar debe ser incluida en la NOM-059.



BIBLIOGRAFÍA

- Amezcua. F. & Portillo. A. 2010. Hábitos alimenticios del lenguado panamíco *Cyclopsetta panamensis* (Paralichthyidae) en el Sureste del Golfo de California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 2 (45):335-340.
- Anonymous, 2000. The ichthyological collection of the Zoological Museum Hamburg (ZMH). Division of Ichthyology and Herpetology, Zoological Museum Hamburg (ZMH).
- Anonymus, 2001. Fish collection database of the National Museum of Natural History (Smithsonian Institution). Smithsonian Institution-Division of Fishes.
- Arceo. D. C., 2002. Comparación trófica de la familia Belontiidae en el sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Fac. de Est. Sup. Iztacala. Univ. Nac. Aut. Mex.
- Barni, A., Mazzoldi. C., Rasotto. B., 2001. Reproductive apparatus and male accessory structures in two batrachoid species (Teleostei, Batrachoididae). *Journal of Fish Biology* 58: 1557-1569.
- Blackwell, B., Seamans, T., Helon, D. & Dolbeer, R. 2000. Early loss of Herring Gull glutches after egg-oiling. *Wildlife Society Bulletin* 28(1):70-75.
- Breder, C. 1941. On the reproduction of *Opsanus beta*. *Goode & Bean. Zoological* 26: 229-232.
- Brown-Peterson, N., D. M. Wyanski, F. Saborido-Rey, B. J. Macewicz y S.K. Lowerre- Barbieri. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*. 3: 52-70.
- Canto, M. W., Vega, C. E., 2007. Distribución, abundancia y preferencias alimenticias del pez sapo *Opsanus phobetron* (Batrachoididae) en la laguna costera de Chelem, Yucatán, México. *Rev. Biol. Trop.* 55 (3-4) 979-978.
- Castillo-Rivera M, Moreno G, Iniestra R. 1994. Spatial, seasonal, and diel variation in abundance of the bay anchovy, *Anchoa mitchilli* (Teleostei: Engraulidae), in a tropical coastal lagoon of Mexico. *Southwest. Nat.* 39: 263-268
- Cathleen , B. 2005. *Opsanus beta*/Species Account. Florida Museum of Natural History (Accessed November 2009) <http://www.flmnh.ufl.edu/fish/gallery/Descript/GulfToadfish/GulfToadfish.html>
- Ceballos, G. et al. 2009. Zonas críticas y de alto riesgo para la conservación de la biodiversidad de México, pp. 575-600, en *Capital natural de México*, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio, Conabio, Ciudad de México.



- Cervigon, F., Cipriani, R. & Fischer, W. 1992. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional del Sur de América Roma, FAO. 513 p.
- Claro, R. 1994. Ecología de los peces marinos de Cuba. Centro de Investigación de Quintana Roo. Editorial Academia, México D.F., México.
- Collete. B. 1983. Two new species of coral toadfishes, family Batrachoiididae, genus Sanopus, from Yucatan, Mexico, and Belize. Proceedings of the Biological Society of Washinton. 96 (4): 719-724.
- Collette, Bruce B. 1974. A review of the coral toadfishes of the genus Sanopus with descriptions of two new species from Cozumel Island, Mexico. —Proceedings of the Biological Society of Washington 87:185-204.
- Cortés E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. ICES Journal of Marine Science 56: 707-717.
- Costa, J. L., 2004. A biología do xarroco, *Halobatrachus didactylus* (Bloch and Schneider, 1801), e o seu papel na estruturacao e funcionamento das comunidades em que se insere; referencia special 'a populacao do estuario do Mira. PhD. Dissertation, University of Lisbon, Lisbon, Portugal, unpublished, 925 p. (in Portuguese).
- Costello, M.J. 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. J. Fish Biol. 36:261-263.
- De Martini, E. E. (1988). Spawning success of the male plainfin midshipman. I Influences of male body size and area of spawning site. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 121, 177–192.
- Echeverria. G. W., Piña. H. A. 2003. Ficha informativa de los Humedales de Ramsar. Departamento de Áreas Naturales Protegidas de la Secretaria de Ecología del Estado de Yucatán, México.
- Espinosa-Pérez, H., M. T. Gaspar-Dillanes y P. Fuentes-Mata. 1993. Listados faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos. Univ. Nal. Autón. Mexico. Ciudad de México. 98 pp.
- Froese BR. 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: History, meta-analysis and recommendations. J. Appl. Ichthyol. 22: 241–253.
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2009. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2015).
- Gallardo, T. A., Martinez, P. J., Lezina, B. J. 2004. Reproductive structures and early life history of the gulf toadfish, *Opsanus beta*, in the Tecolutla Estuary, Veracruz, Mexico. *Gulf and Caribbean Research*. 16: 109-113.
- Gallardo. T. A. 1998. Algunos aspectos de la biología de *Opsanus beta* Goode & Bean (Osteichthyes: Batrachoididae) en el sistema Estuarino de Tecolutla, Veracruz, Mexico. Tesis de Licenciatura. UNAM.



- Gallardo-Torres, A., M. Badillo-Alemán, C. Galindo-Santiago, J. Loera-Pérez, T. García-Galano y X. Chiappa-Carrara. 2012. Catálogo de peces de la costa norte de Yucatán. CONCIYTEY - UNAM, Mérida, Yucatán. 182 p.
- Gallardo-Torres, A., M. Badillo-Alemán, C. Galindo-Santiago, J. Loera-Pérez, T. García-Galano y X. Chiappa-Carrara. 2014. Catálogo de peces de la costa norte de Yucatán. CONCIYTEY - UNAM, Mérida, Yucatán. 2ª Ed. 182 p.
- García-Díaz, M.M., V.M. Tuset, J.A. González & J. Socorro. 1997. Sex and reproductive aspects in *Serranus cabrilla* (Osteichthyes: Serranidae): macroscopic and histological approaches. *Mar. Biol.* 127: 379-386.
- Gray, G. A. Winn. H. 1961. Reproductive ecology and sound production of the toadfish *Opsanus tau*. *Ecology*, 42 (2): 274-282.
- Greenfield, D. Winterbottom, R. y Collette, B. (2008). Review of the toadfish genera (Teleostei: Batrachoididae). *Proceedings of the California Academy Sciences* 59 (15): 665-710.
- Hoffman, G. S., Robertson. R. D. 1983. Foraging and reproduction of two caribbean reef toadfishes (Batrachoididae). *Bulletin of Marine Science*. 33(4): 919-927.
- Hoffman, R. 1962. Gonads, spermatid ducts and spermatogenesis in the reproductive system of male toadfish *Opsanus tau*. *Chesapeake Science*, 4(1): 21-29.
- Hoffman, R. 1963. Accessory glands and their ducts in the reproductive system of the male toadfish *Opsanus tau*. *Chesapeake Science Solomons*. Md. 4 30-29.
- <http://www.danielsoper.com/statcalc3/calc.aspx?id=8>
- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *J. Fish Biol.* 17: 411-429.
- Krebs, J.R., y Davies, N.B. (1984). *Behavioural ecology: An evolutionary approach*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. Segunda edición.
- McEachran, J. D., Fechhelm, J. D. (1998). *Fishes of the Gulf of Mexico*. Vol. 1. University of Texas Press. Austin, 1112 pp.
- Miller, R. R., W. L. Minckley y S. M. Norris. 2009. *Peces dulceacuícolas de México*, Conabio/ Simac/ Ecosur/ Consejo de Peces del Desierto, Ciudad de México. 559p.
- Mosca. T. M. E. 2010. Selección de alimento y hábitat por vicuñas silvestres de la reserva provincial los andes (salta, argentina). Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 140 p.



- Muñetón Gómez, M.S., M. Villalejo-Fuerte y G. García-Melgar. 2000. Manual de técnicas histológicas aplicadas a organismos marinos. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 81p
- Murua. H., Kraus. G. Saborido-Rey. F., Witthames. P. R. Thorsen. A. Junquera. S. 2003. Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive strategy. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 33: 33-54.
- Nelson, J. (2006). Fishes of the world. Cuarta edición. John Wiley. Nueva York, 624 pp.
- Nelsomn, J.S., E.J. Crossman, H. Espinosa-Pérez, L.T. Findley, C.R. Gilbert, R.R. Lea and J.D. Williams, 2004. Common and scientific names of fishes from the United States, Canada, and Mexico. American Fisheries Society, Special Publication 29, Bethesda, Maryland ix, 386 p. + 1 CD.
- Palazón, F. J., Arias, M., Sarasquete, C., 2001.Aspects of the reproductive biology of the toadfish, *Halobatrachus didactylus* (Schneider, 1801) (Pisces: Batrachoididae).Scientia Marina. 65 (29): 131-138.
- Palazón, J. L., Potts, C. J., Manooch III, C.S., Sarasquete, C.2010. Age, growth and mortality of the toadfish, *Halobatrachus didactylus* (Schneider, 1801)(Pisces: Batrachoididae), in the Bay of Cádiz (southwestern Spain). Scientia Marina. 74(1): 121-130.
- Pauly, D., V. Christensen, R. Froese & M.L. Palomares. 2000. Fishing down aquatic food webs. American Scientist 88(Jan.-Feb.):46-51.
- Pereira. J. T., Silva. G., Costa. J., Costa. L.J. 2011. Life strategies of *Halobatrachus didactylus* (Bloch and Schneider, 1801) in the Tagus estuary: Comparison among different morphotypes. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 93(2011) 328-335.
- Pinkas, L., Oliphant, M. S. & Iverson, 1. L. K. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in Californian Waters. *Calif: Fish Game* 152, 1-105
- Rennie, M.D. & Verdón, r. 2008. Evaluation of condition indices for the lake whitefish, *Coregonus clupeaformis*.North American Journal of Fisheries Management 28:12701293.
- Richard. L. R. 1985. Somatic and otolith growth in the oyster toadfish (*Opsanus tau* L.). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 90:259-275.
- Ricker, W. E., 1975. Computation and interpretation of the biological statistics of fish populations. Bulletin Fisheries. Research Board of Canada. 191: 1-382.
- Rita. S., Bexiga. C., Veiga. P., Viera. L., Erzini. K. 2006. Feeding ecology and trophic relationships of fish species in the lower Guadiana River Estuary and Castro Marim e Vila Real de Santo António Salt Marsh. Estuarine Coastal and Shelf Science. 70: 19-26.



- Rodríguez, G. M. 1992. Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. AGT Editor, S. A. México, D. F.
- Russell B. C., F. H. Talbot, G. R. V. Anderson & B. Goldman. 1978. Collection and sampling of reef fishes, p. 329-345. En: D. R. Stoddart & R. E. Johannes (Eds.) Coral reefs: research methods. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 581 pp.
- Russo. J.L. 1981. A revision of the scaly toadfishes, genus *Batrachoides*, with descriptions of two new species from the Eastern Pacific — Bulletin of Marine Science 31(2): 197-233.
- Saborido, F. y S. Junquera. 2003. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Curso de doctorado 2001 2003, Universidad de Vigo, España. 71 pp.
- Santes. G. A. 2010. Aspectos biológicos y ecológicos de *Opsanus beta* en pastos sumergidos en la laguna de Alvarado, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Univ. Nac. Aut. México.
- Sisneros, J. A., Alderks, P. W., Leon, K., Sniffen, B., 2009. Morphometric changes associated with the reproductive cycle and behaviour of the intertidal-nesting, male plainfil midshipman *Porichthys notatus*. Journal of Fish Biology. 74: 18-36.
- Torres. O. B., Perez. H. M., 2011. Los peces de México: una riqueza amenazada. Revista Digital Universitaria. 1(12): 1-15.
- Trudel, M., Tucker, S., Morris, J., Higgs, D. & Welch, D. 2005. Indicators of energetic status in juvenile coho and chinook salmon. North American Journal of Fisheries Management 25:374-390.
- Varas, E. & F. Ojeda. 1990. Intertidal fish assemblages of the central Chilean coast diversity, abundance and trophic patterns. Revista de Biología Marina. 25: 59-70.
- Vega-Cendejas, M.E. 1990. Interacción trófica entre dos bagres *Arius melanopus* (Agassiz, 1829) y *Arius felis* (Linnaeus, 1776) en las costas de Celestún Yucatán, México. An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México 15: 185-194.
- Vega-Cendejas, M.E., M. Hernández de Santillana & A.G. Cruz. 1997. Los peces de la reserva de Celestún. Pronatura Península de Yucatán, A.C. The Nature Conservancy. CINVESTAV-IPN. Unidad Mérida, Yucatán, México.
- Vianna, M., Tomas, A. R., Verani, J. R., 2000. Aspects of the biology of the Atlantic Midshipman *Porichthys porosissimus* (Teleostei, Batrachoididae): an Important by-catch species of shrimp trawling off southern Brazil. Rev. Bras. Oceanogr. 48 (2): 131-140.



- Wilson, A. C., Dean, M. J. Radtke, R. 1982. Age, Growth rate and feeding habits of the Oyster Toadfish, *Opsanus tau* (Linnaeus) in South Carolina. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 62: 251- 259.
- Wootton, R.J. 1990. Ecology of teleost fishes. Chapman & Hall. USA.
- Zanuy, S., M. Carrillo, A. Rocha & G. Molés. 2009. Regulación y control hormonal del proceso reproductor de los teleósteos. In: M.A. Carrillo (ed.) La reproducción de los peces: aspectos básicos y sus aplicaciones en acuicultura. p 99. Publicaciones científicas y tecnológicas de la fundación observatorio español de acuicultura. Madrid, España.
- Zar, J.H. (2010). Biostatistical analysis. 5ª ed. Prentice Hall. USA.
- Zarco, P. S., Moreno, M. R., Nuno, S., 2014. Checklist of fishes from Madagascar Reef, Campeche Bank, México. Biodiversity Data Journal 2: e1100 doi: 10. 3897/BDJ.2. e110