



**UADY**

POSGRADO  
INSTITUCIONAL  
EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y  
MANEJO DE RECURSOS  
NATURALES TROPICALES

**Biología reproductiva del pez chak chi' *Haemulon plumieri* (Teleostei: Haemulidae) en Yucatán,  
México**

**TESIS**

**PRESENTADO COMO REQUISITO  
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN MANEJO DE  
RECURSOS  
NATURALES TROPICALES**

**POR**

**Licenciado en Biología:  
David Felipe Solís Flores**

**Directores:  
Dr. Gaspar Román Poot López  
Dr. Raúl Díaz Gamboa**

Mérida, Yuc., México, noviembre de 2017



POSGRADO INSTITUCIONAL  
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y MANEJO  
DE RECURSOS NATURALES TROPICALES



**UADY**

POSGRADO  
INSTITUCIONAL  
EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y  
MANEJO DE RECURSOS  
NATURALES TROPICALES

**POSGRADO INSTITUCIONAL EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
MANEJO DE RECURSOS NATURALES TROPICALES**

**ALUMNO: LICENCIADO EN BIOLOGÍA  
DAVID FELIPE SOLÍS FLORES**

**SÍNODO DEL EXAMEN DE TESIS DE GRADO**

**DR. ALFONSO AGUILAR PERERA  
CCBA-UADY**

\_\_\_\_\_

**DR. SERGIO GUILLÉN HERNÁNDEZ  
CCBA-UADY**

\_\_\_\_\_

**DR. JORGE AUGUSTO NAVARRO ALBERTO  
CCBA-UADY**

\_\_\_\_\_

**DR. CARLOS GONZÁLEZ SALAS  
CCBA-UADY**

\_\_\_\_\_

**DRA. ADRIANA FERREIRA DA SILVA  
CCBA-UADY**

\_\_\_\_\_

**MÉRIDA, YUCATÁN, NOVIEMBRE DEL 2017**

## **DECLARATORIA**

“El presente trabajo no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de título o grado diferente o adicional al actual. La tesis es resultado de las investigaciones del autor, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas. El autor otorga su consentimiento a la UADY para la reproducción del documento con el fin del intercambio bibliotecario siempre y cuando se indique la fuente”.

## RESUMEN

El chak chí' (*Haemulon plumieri*), es un pez tropical que habita en el Atlántico, desde los Estados Unidos hasta Brasil. En Yucatán, se considera un recurso abundante y de interés pesquero. Usualmente se captura de manera incidental en otras pesquerías y representa un importante componente en la pesca artesanal y de subsistencia. La insuficiente información sobre su biología y dinámica poblacional en la región no permite generar medidas de manejo pesquero para su aprovechamiento responsable. En la presente investigación se determinaron diferentes aspectos reproductivos de *H. plumieri*, a partir de los organismos capturados en la costa de Chuburná Puerto, Yucatán, México, durante un ciclo anual (septiembre de 2015 a noviembre de 2016). De cada espécimen se obtuvo la longitud total (LT), el peso eviscerado y de la gónada para calcular el índice gonadosomático (IGS). Asimismo, mediante cortes histológicos de las gónadas se determinó el sexo y el estado de madurez, ya sea inmaduro, en desarrollo, capaz de desovar, en regresión o regeneración. Se estimó la proporción sexual anual y mensual, el factor de condición relativo (KR) y la fecundidad parcial. Con base en la variación mensual del IGS y la presencia de gónadas en desove capaz, se determinó la época de desove. En total se recolectaron 350 organismos, correspondientes a 117 hembras (de 14.5 cm a 29.5 cm,  $23.6 \pm 3.0$  cm de LT) y 223 machos (de 12.0 cm a 34.0 cm,  $23.9 \pm 3.4$  cm de LT), con una proporción sexual anual de 1:2, donde predominaron los machos. Se evidenció valores constantes del factor de condición para ambos sexos, a lo largo del año. La temporada de desove de *H. plumieri* ocurre desde marzo hasta agosto, con un máximo pico en mayo. La fecundidad osciló entre 10,867 a 38,985 huevos y no estuvo relacionada con la longitud total. El presente trabajo es el primero de su tipo para la especie en México, con la finalidad de proporcionar datos que puedan ser usados en la conservación y aprovechamiento de este recurso.

*Palabras clave:* Temporada reproductiva, índice gonadosomático, proporción de sexos, factor de condición, fecundidad parcial.

## ABSTRACT

The chak chi' or white grunt (*Haemulon plumieri*), is a tropical fish that lives in the Atlantic, from the United States of America to Brazil. In Yucatan, it is considered an abundant resource and one of the main scale resources. It is usually caught incidentally and represents an important component in artisanal and subsistence fisheries. There is no sufficient information about its biology and population dynamics in the region, that does not allow the adoption of appropriate administrative measures for its management. In this research, different reproductive aspects of *H. plumieri* were determined from the organisms captured on the coast of Chuburna Puerto, Yucatan, Mexico during an annual cycle (September, 2015 to November, 2016). From each specimen was obtained the total length (TL), eviscerated and gonad weight to obtain the gonadosomatic index (GSI). Likewise, by means of histological sections of the gonads, the sex and the state of maturity were determined, either immature, developing, spawning capable, regressing or regenerating. The monthly and annual sex ratio, relative condition factor and batch fecundity were estimated. Based on the monthly variation of GSI and the presence of gonads in spawning capable, the spawning season was determined. In total, 350 organisms (117 females and 233 males), corresponding to 117 females (from 14.5 cm to 29.5 cm,  $23.6 \pm 3.0$  mm and 223 males (from 12.0 to 34.0 cm,  $23.9 \pm 3.4$  cm of TL) were collected, with an annual sex ratio of 1: 2, where males have predominated. Constant values of the condition factor to both sexes were evidenced throughout the year. The spawning season of *H. plumieri* occurs from February to August with a maximum peak on May. Fecundity ranged from 10,867 to 38,985 eggs and was not related to total length. The present work is the first of its kind for the species in the Yucatan peninsula, laying the foundations for later studies.

**Key words:** Spawning season, gonadosomatic index, sex ratio, relative condition factor, batch fecundity.

## INDICE

CAPÍTULO I .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Familia Haemulidae .....	4
2.2 Chak chi´ ( <i>Haemulon plumieri</i> ).....	5
2.3. Estudios reproductivos con <i>Haemulon plumieri</i> .....	7
2.4 Estrategias reproductivas de teleósteos.....	10
2.5 Reproducción de <i>Haemulon plumieri</i> .....	13
2.6 Métodos empleados para evaluar la biología reproductiva .....	14
2.6.1 Determinación del sexo en peces .....	14
2.6.2 Proporción de sexos .....	15
2.6.3 Madurez sexual y fases reproductivas.....	15
2.6.4 Índice gonadosomático.....	17
2.6.5 Factor de condición .....	18
2.6.6 Fecundidad .....	19
3. OBJETIVOS.....	23
3.1 Objetivo general.....	23
3.2 Objetivos específicos .....	23
4. LITERATURA CITADA.....	24
CAPÍTULO II.....	34
Biología reproductiva del ronco blanco <i>Haemulon plumieri</i> en Yucatán, México .....	35
RESUMEN.....	35
ABSTRACT .....	36
INTRODUCCIÓN.....	36
MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
ÁREA DE ESTUDIO.....	38
PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	38

RESULTADOS .....	40
DISCUSIÓN.....	48
Agradecimientos.....	52
Referencias .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1. <i>H. plumieri</i> .....	5
Figura 2. Modelo conceptual de las fases establecidas para la reproducción de peces, propuesto por Brown-Peterson <i>et al.</i> , (2011). .....	17

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

Fig. 1 . Área de estudio.....	38
Fig. 2. Frecuencia absoluta de hembras y machos de <i>Haemulon plumieri</i> .....	41
Fig. 3. Aspecto microscópico de los ovarios de <i>H. plumieri</i> .....	43
Fig. 4. Aspecto microscópico de los testículos de <i>H. plumieri</i> .....	44
Fig.5. Variación mensual del Índice gonadosomático en hembras y machos de <i>H. plumieri</i> y frecuencias (%) de las fases de madurez gonadal.....	46
Fig. 6. Variación mensual del Factor de condición relativo de <i>H. plumieri</i> en hembras y machos .....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resultados previos de algunos estudios reproductivos de <i>H. plumieri</i> .....	8
<b>Tabla 2.</b> Estrategias reproductivas de peces teleósteos .....	11

## CAPÍTULO I

Tesis-protocolo de investigación: Biología reproductiva del pez chak chi' *Haemulon plumieri* (Teleostei: Haemulidae) en Yucatán, México

## 1. INTRODUCCIÓN

El pez ronco blanco o chak chi' *Haemulon plumieri* (Lacepède, 1801) es una de las especies tropicales más abundante en aguas costeras, arrecifes de coral, praderas de pastos marinos y fondos rocosos; que se distribuye en el Atlántico occidental-central, desde los Estados Unidos hasta Brasil (Darcy, 1983; Lindeman y Toxey, 2002; García *et al.*, 2010).

*Haemulon plumieri* juega un papel ecológico importante como importador de energía en las zonas donde habita, dadas sus migraciones de forrajeo nocturnas (Darcy, 1983; Burke, 1995; García *et al.*, 2010). También actúa como una de las principales presas para especies de mayor tamaño como meros y pargos (Darcy, 1983; Appeldoorn *et al.*, 2009; García *et al.*, 2010) y es una de las especies más capturadas en la pesca recreativa, artesanal y de subsistencia a lo largo del Atlántico (Darcy, 1983; Palazón-Fernández, 2007).

En las aguas del Sureste del Golfo de México, la captura de *H. plumieri* está asociada con la pesca de escama de otras especies objetivo (Carta Nacional Pesquera (CNP), 2012; NOM-065-SAG/PESC, 2007). En Yucatán, se captura incidentalmente en la pesquería de meros y pargos (Salas *et al.*, 2006; Valencia *et al.*, 2007; CNP, 2012) y se considera un recurso abundante en la región, que se encuentra disponible durante todo el año (Gaut y Munro, 1974; Valencia *et al.*, 2007); por lo que representa un importante componente en la pesca artesanal y de subsistencia para las comunidades costeras del estado (Méndez, 2005).

*Haemulon plumieri* se incluye entre los principales recursos de escama de Yucatán (Valencia *et al.*, 2007). En 1988, su captura anual total incrementó de 89 toneladas (t) a 507.70 t en 2002 (Valencia *et al.*, 2007); y en 2004 su captura anual fue de 433 t (Valencia *et al.*, 2007). Sin embargo, se ha determinado que la explotación de *H. plumieri* a un máximo rendimiento sostenible, es de 255 t anuales, por lo que probablemente se encuentra sometida a sobreexplotación (Valencia *et al.*, 2007).

Como recurso pesquero, *H. plumieri* ha adquirido relevancia en la costa de Yucatán (Mexicano *et al.*, 2009); sin embargo, su captura se está desarrollando sin considerar algún tipo de regulación pesquera, ya que no se conoce lo suficiente sobre su biología y dinámica poblacional como para generar medidas administrativas convenientes (Arellano, 1997; Sánchez, 2007, Flores-Nava *et al.*, 2016). El conocimiento de la biología de peces,

especialmente la reproducción, resulta fundamental, ya que se relaciona con la dinámica poblacional y la capacidad de reposición de una población, además de que provee información esencial para el manejo de las pesquerías y llevar a cabo una eficiente administración pesquera del recurso (West, 1990; Villacorta y Saint; 1999).

*Haemulon plumieri* es una especie gonocórica, sin dimorfismo sexual evidente. Su desarrollo ovárico es de tipo asincrónico; es decir, que hay presencia simultánea de ovocitos en todos los estados de desarrollo y sus desoves son parciales; mientras que, en los machos, los testículos continuamente se desarrollan, almacenan y liberan espermatozoides. Se reproducen por medio de fertilización externa y su fecundidad oscila entre los 19,873 y 535,039 huevos (Darcy, 1983; Palazón-Fernández, 2007; Silva, 2015).

Investigaciones relacionadas con la reproducción de *H. plumieri* se han desarrollado en Estados Unidos (Silva y Murphy, 2001), Venezuela (Palazón-Fernández, 2007), Puerto Rico (Mateo y Appeldoorn, 2001) y Brasil (Shinozaki *et al.*, 2013; Silva, 2015). Se ha analizado su proporción sexual y frecuencias de talla por sexo, para determinar la dinámica poblacional; la época reproductiva, a partir de distintas fases de desarrollo e índices reproductivos, como el índice gonadosomático (IGS), índice hepatosomático (IHS) y factor de condición (K), para posteriormente inferir su época reproductiva y sugerir periodos de veda. También la talla media de madurez ( $L_{50}$ ) por sexos, para establecer la talla mínima de captura, y la fecundidad, para conocer su potencial reproductivo y capacidad de reclutamiento (Mateo y Appeldoorn, 2001; Silva y Murphy, 2001; Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), 2006; Palazón-Fernández, 2007; Shinozaki *et al.*, 2013 y Silva, 2015).

A pesar de la importancia de *Haemulon plumieri*, en México no existen registros y/o estudios relacionados con su reproducción, por lo que existe un vacío de datos relativos de esta especie a lo largo de Golfo de México, incluyendo a Yucatán. Actualmente el chak chí' o ronco blanco es una especie no regulada (sin límite de captura y/o tamaño) en la pesca comercial y recreativa del Golfo de México y Mar Caribe (Silva y Murphy, 2001). Así mismo, la información de sus aspectos reproductivos es escasa, por lo que es necesario realizar estudios relacionados sobre la reproducción de *H. plumieri* en la costa norte de Yucatán, como punto de partida para generar conocimientos actuales que permitan llevar a cabo su correcto manejo pesquero.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Familia Haemulidae**

Los peces de la familia Haemulidae se componen principalmente por especies marinas, aunque algunas son estuarinas y unas pocas de agua dulce (Cervigón, 1994). Habitan en aguas marinas tropicales y subtropicales; sin embargo, pueden encontrarse en zonas templadas. Se distribuyen en los océanos Atlántico, Índico y Pacífico, donde forman cardúmenes que abundan en áreas arrecifales, aguas costeras y pastos marinos (Cruz-Romero *et al.*, 1993).

Constituye un componente ecológico importante, dada su diversidad y abundancia (Gómez, 1987; Parra y Ruíz, 2003) y juegan una parte importante en el flujo de nutrientes y energía del ecosistema (Randall, 1968). Dentro de la familia Haemulidae, casi todas las especies tienen en mayor o menor grado importancia para el consumo humano y han adquirido cierto valor comercial, representando un alto potencial en las pesquerías artesanales e incluso a niveles industriales (Cervigón, 1994; Novoa *et al.*, 1998).

A los miembros de esta familia comúnmente se les conoce como roncós, aunque en algunos países de Latinoamérica se les ubica con el nombre de burros, mojarrones, sargos y corocoros. Se les conoce como “roncadores” debido a que emiten fuertes sonidos similares a ronquidos, los cuales se producen al pegar rápidamente los dientes faríngeos y son amplificados a través de la vejiga natatoria (Cummings *et al.*, 1966).

Las características morfológicas más importantes que facilitan la identificación de esta familia se basa en la forma del cuerpo, que es robusto, oblongo y moderadamente comprimido; la cabeza, que está completamente cubierta de escamas ctenoides, excepto el hocico, labios y mentón; el número y tamaño de las espinas de las aletas, dado que la aleta anal contiene tres espinas, de las cuales la segunda es más larga y fuerte que las otras; la aleta dorsal; que es continua o con una hendidura poco profunda entre las dos partes; el patrón de escamas en los costados y la presencia o no que es continua o con una hendidura poco profunda entre las dos partes; el patrón de escamas en los costados y la presencia o no de escamas en las aletas (McKay y Schneider, 1995).

A nivel mundial se reconocen 18 géneros y 133 especies de la familia Haemulidae, siendo el género *Haemulon* el más representativo. En México se han descrito 47 especies, agrupadas en nueve géneros (Froese y Pauly, 2016). Mientras que en la costa de Yucatán se ha registrado un total de 15 especies pertenecientes a cuatro géneros (Vega-Cendeja, 2010), de las cuales *Orthopristis chrysoptera* (Linnaeus, 1766), *Haemulon plumieri* (Lacepède, 1801), *H. aurolineatum* Cuvier, 1830, *H. striatum* (Linnaeus, 1758), *H. flavolineatum* (Desmarest, 1823), *H. macrostomum* Günther, 1859), *H. parra* (Desmarest, 1823), *H. sciurus* (Shaw, 1803), *H. steindachneri* (Jordan & Gilbert, 1882) y *Conodon nodosus* (Randall y Cadwell, 1966) son consideradas de importancia comercial (Valencia *et al.*, 2007; Vega-Cendeja, 2010).

## 2. 2 Chak chi' (*Haemulon plumieri*)

**Phylum:** Chordata

**Clase:** Actinopterygii

**Subclase:** Neopterygii

**Infraclase:** Teleostei

**Superorden:** Acanthopterygii

**Orden:** Perciformes

**Familia:** Haemulidae

**Género:** *Haemulon*

**Especie:** *Haemulon plumieri* (Lacepède, 1801)



Figura 1. *H. plumieri*

© George Burgess

**Sinónimos:** *Labrus plumierii* (Lacepède, 1801) y *Labrus plumierii* (Lacepède, 1801).

El ronco blanco o chak chi' (*Haemulon plumieri*) (Lacépède, 1801), es un pez tropical que habita en la costa occidental del Atlántico, desde la Bahía de Chesapeake en Estados Unidos hasta la costa sur de Brasil, incluyendo las Bermudas, Bahamas y el Golfo de México y Mar Caribe (Zaneveld, 1983; Shinozaki *et al.*, 2013; Villegas *et al.*, 2014). Se puede encontrar tanto en aguas de la plataforma continental como en islas oceánicas con

extendidos arrecifes coralinos. También se ubican en fondos someros semiduros y con formaciones rocosas y/o coralinas, zonas arenosas y fangosas, hasta unos 40 m de profundidad o menos; aunque en el Caribe se le encuentra preferentemente entre los 2 y 25 m de profundidad (Estrada, 1986). Los juveniles se encuentran comúnmente en praderas marinas de *Thalassia testudinum* (Cervigón *et al.*, 1992; Darcy, 1983).

*Haemulon plumieri* comienza su vida como larva planctónica y como juvenil, eventualmente se asienta en los arrecifes y áreas rocosas para posteriormente reclutarse en las poblaciones de adultos. La duración larval en esta especie es relativamente corta (14 días en promedio) (Ogden y Ehrlich, 1977; Darcy, 1983); sin embargo, durante este tiempo, tienden a permanecer en aguas poco profundas. Los adultos son relativamente sedentarios, pero realizan cortas migraciones diarias para alimentarse desde los parches arrecifales hasta las praderas de pastos marinos adyacentes (Ogden y Ehrlich, 1977; Darcy, 1983).

La coloración de su cuerpo es amarillo claro, con reflejos plateados; presenta varias líneas azules alternas en la cabeza y unas pocas continúan en el cuerpo y el color de su vientre es blanco plateado. Las escamas se encuentran situadas por encima de la línea lateral y son mayores que las demás. Su aleta dorsal cuenta con 12 espinas robustas y de 15 a 17 radios, aunque generalmente son 16. La aleta anal presenta 3 espinas y de 8 o 9 radios. La forma de su cuerpo es elongado-comprimido y muestra una boca pequeña, con el interior de color rojo; por lo cual se le conoce como chak chí en maya. Su extremo maxilar alcanza el borde anterior del ojo y consta de 21 a 27 branquiespinas en el 1<sup>er</sup> arco. Los juveniles son similares a los adultos en color, pero presentan dos estrías laterales oscuras y una mancha en la base de la caudal (López, 1981; Cervigón, 1994).

*Haemulon plumieri* es un carnívoro generalizado que se alimenta de una gran variedad de invertebrados que habitan en el fondo marino, principalmente de equinodermos, poliquetos, moluscos, pequeños decápodos y peces, además de restos vegetales y materia orgánica (Vargas *et al.*, 1981). En los estómagos de juveniles se han encontrado pequeños copépodos, isópodos, restos de poliquetos y arena; mientras que, en adultos, pequeños gasterópodos, bivalvos, poliplacóforos, crustáceos decápodos (principalmente camarones), equinodermos (ofiuroideos principalmente) poliquetos, anfípodos, copépodos, isópodos, larvas de crustáceos decápodos y briozoos, además de arena con foraminíferos y

fragmentos de algas (Estrada, 1986). Existe poca información sobre los factores que influyen en la distribución de *H. plumieri*; sin embargo, muy probablemente la temperatura podría influir en el rango de esta especie; al igual que el hábitat y la disponibilidad de alimentos a nivel local (Darcy, 1983).

### **2.3. Estudios reproductivos con *Haemulon plumieri***

Los estudios relacionados con la biología reproductiva de *Haemulon plumieri* son escasos. En la tabla 1, se detallan algunos resultados obtenidos en los estudios reproductivos de *H. plumieri* que se han desarrollado en el Atlántico occidental-central.

**Tabla 1.** Resultados previos de algunos estudios reproductivos de *H. plumieri*.

<i>Parámetros/ autor</i>	<b>Palazón- Fernández (2007)</b>	<b>Silva y Murphy (2001)</b>	<b>Mateo y Appeldoorn, (2001)</b>	<b>Souza <i>et</i> <i>al.</i> (2008)</b>	<b>Shinozaki <i>et</i> <i>al.</i> (2013)</b>	<b>Silva (2015)</b>	<b>Hoffmann <i>et al.</i> (2017)</b>
<b>Periodo de muestreo</b>	1 año	X	4 meses	2 años	1 año, 8 meses	1 año, 6 meses	1 año, 8 meses
<b>Tamaño de muestra (n)</b>	469 232 (H) 237 (M)	X	208 X (H) X (H)	300 189 (H) 111 (M)	255 119 (H) 136 (M)	360 173 (H) 187 (M)	360 173 (H) 187 (M)
<b>Arte de pesca utilizado</b>	Capturas comerciales (trampas)	Cordel y anzuelo cebado	Arpón	Flota artesanal (Cestos de aramé)	Cordel y anzuelo cebado	Flota artesanal (Red de enmalle)	Capturas comerciales (cordel, anzuelo y redes)
<b>Proporción sexual (H, M)</b>	1:1 febrero: 1:4.69	Sesgada hacia machos	1:2.27	1.7:1	1:1	1:1	1:1
<b>LT (M)</b>	18.5-38.9cm	X	X	14.0-29.5 cm	13.7-34.3 cm	X	20.0-53.0 cm

<b>LT (H)</b>	18.3-36.2 cm	X	X	15.0-29.5 cm	13.5-27.7 cm	X	18.5-35.5 cm
<b>L<sub>50</sub> (H)</b>	30.9 cm	16.7	12 cm	20 cm	16.8 cm	21.5 cm	21.4 cm
<b>L<sub>50</sub> (M)</b>	35.7 mm	18.6	8 cm	26 cm	18.5 cm	21 cm	23.5 cm
<b>Fecundidad total (#gónadas)</b>	19,873-535,039 (50)	X	X	X	17,816-120,334 (30)	34,450-711,111 (30)	34,450-1,229,785 (30)
<b>F. parcial (# gónadas)</b>	X	X	X	X	10,702-14,683 PRM: 13,977	X	X
<b>Desarrollo de ovocitos</b>	Asincrónico	Asincrónico	X	X	Asincrónico	Asincrónico	Asincrónico

**H**= hembras, **M**= machos, **X**= ausencia de datos y **L<sub>50</sub>**= talla de primera madurez.

## 2.4 Estrategias reproductivas de teleósteos

Las estrategias reproductivas se definen como el complejo de rasgos o tácticas reproductivas determinados por el genotipo, basado en un patrón general de la reproducción (Potts, 1984; Gross, 1984; Gross, 1996). Su principal propósito consiste en maximizar el número de descendientes reproductivamente activos, como resultado de la asignación diferencial de energía al esfuerzo reproductor y al crecimiento somático (Wootton, 1990; Martínez *et al.*, 2009).

La combinación de los rasgos reproductivos de los individuos referentes al mismo conjunto genético, pueden considerarse como la estrategia reproductiva de los individuos, por lo que presentan poca o nula variación; sin embargo, algunos rasgos son plásticos y se relacionan con fenotipos alternativos, dando lugar a un conjunto de variaciones en los peces (Wootton, 1990; Gross, 1984; Gross, 1996; Saborido y Junquera, 2004).

Los peces teleósteos son los vertebrados más diversificados en términos de sus estrategias reproductivas (Munro *et al.*, 1990), por lo que es posible encontrar gran variedad de estrategias reproductivas; sin embargo, su éxito reproductivo dependerá enormemente de cuándo y dónde se reproduce y de cómo administra sus recursos energéticos (Rochet, 2000; Martínez *et al.*, 2009). También los factores abióticos (ambientales) influyen en la expresión de sus rasgos, principalmente la temperatura, fotoperiodo, salinidad, el patrón de precipitación, oxígeno disuelto, turbidez y magnitud de la producción primaria (Saborido y Junquera, 2004; Sánchez, 2007; Walsh *et al.*, 2013). En la tabla 1 se enlistan algunas de las estrategias reproductivas de peces (Munro *et al.*, 1990; Gross, 1984; Gross, 1996; Kodric, 1998; Rochet, 2000; Saborido y Junquera, 2004; Sánchez, 2007).

**Tabla 2.** Estrategias reproductivas de peces teleósteos

<b>Estrategias reproductivas de peces teleósteos</b>		
Respecto al género	Gonocórica	<i>Sexos separados</i> (mayoría)
	Hermafrodita: inversión sexual	<i>Simultáneo: autofecundación</i>
		<i>Sincrónico: protogínico y protándrico</i>
		<i>Protogínico</i>
	<i>Protándrico</i>	
Partenogénesis: desarrollo del óvulo sin necesidad de que sea fertilizado por un espermatozoide	<i>Hibridogenético</i> <i>Ginecogenético</i>	
Veces en que se reproducen	Iteróparos: que reproduce más de una vez durante su vida (mayoría)	
	Semélparos: que se reproducen una sola vez	
Desarrollo ovárico	Sincrónico: todos los ovocitos se desarrollan, maduran y se ovulan al mismo tiempo	
	Sincrónico por grupos: al menos dos grupos de tamaños de ovocitos presentes al mismo tiempo	
	Asincrónicos: presencia simultánea de ovocitos en todos los estados de desarrollo	
Cópula	Promiscuos, poligámicos, monógamos, poligínicos, y poliándricos	
Características sexuales secundarias	Monomorfismo	
	Dimorfismo sexual	<i>Dimorfismo permanente</i>
		<i>Dimorfismo temporal</i>
	Polimorfismo. - Más de una forma distinguible en uno o en los dos sexos.	
Dicromatismo permanente, temporal y esporádico		
Lugar de freza	Definido	

	No definido
Cuidado parental	Sin cuidado
	Cuidado del macho
	Cuidado de la hembra
	Cuidado biparental
Desarrollo embrionario	Ovíparo
	Vivíparo
	Ovovivíparo
Fertilización	Externa (mayoría)
	Interna
	Bucal

Sin embargo, algunas estrategias reproductivas pueden relacionarse con patrones sociales o de comportamiento. Como ejemplo: se menciona la existencia de organismos de talla pequeña que pueden realizar extensas migraciones hacia aguas interiores, zonas de pastos marinos o raíces de manglares, ya que representan áreas de resguardo y protección para sus huevos y crías (Saborido y Junquera, 2004; Sánchez, 2007; Tzeek, 2013). También algunas especies de tiburones, que regresan a los sitios donde nacieron y crecieron para desovar; e incluso otras especies responden a la periodicidad del día, de las mareas o del ciclo lunar, para llevar a cabo el desove. Las estrategias de cada especie se ajustan con sus necesidades y/o requerimientos, para incrementar las probabilidades de supervivencia de su progenie (Saborido y Junquera, 2004; Sánchez, 2007).

Los estudios sobre las estrategias reproductivas de los peces resultan necesarios, ya que permiten entender cómo responden las especies a los cambios ambientales; además de que sirven como punto de partida para conducir estudios ecológicos a nivel de comunidad y ecosistema y para determinar medidas administrativas adecuadas en el manejo de pesquerías (Sánchez, 2007).

## 2.5 Reproducción de *Haemulon plumieri*

*Haemulon plumieri* es gonocórico; es decir, que poseen sexos separados (machos y hembras). Sus gónadas consisten en estructuras pareadas y alargadas que se encuentran tendidas sobre la porción ventral adyacente a la vejiga natatoria, que se unen y forman caudalmente un conducto genital común que sale del cuerpo a través de poro genital (Darcy, 1983).

Las hembras se caracterizan por presentar desarrollo asincrónico de los ovocitos y ovarios redondeados y translúcidos durante la fase inmadura, pero durante el periodo de madurez permanecen hinchados y adquieren coloración rosado-marrón. Contrario a esto, los machos exhiben testículos grisáceos-opacos vírgenes, que, durante la madurez, muestran coloración blanquecina (Darcy, 1983; Palazón-Fernández, 2007; Shinozaki *et al.*, 2013; Silva, 2015).

Los machos generalmente, miden entre 23 a 30 cm y se ha reportado que alcanza una longitud máxima de 50 cm (Froese y Pauly, 2016). Con base a la longitud en la que maduran sexualmente, Palazón-Fernández (2007) reporta que, en Venezuela, los machos miden entre los 24.0 y 25.9 cm de longitud total y las hembras de 26 - 27.9 cm. Carecen de dimorfismo y dicromatismo sexual; aunque los machos suelen ser más grandes que las hembras (Darcy, 1983; Froese y Pauly, 2016); sin embargo, la diferencia en tamaños, se atribuye principalmente a los diferentes rangos de crecimiento entre sexos. También porque las hembras requieren mayores aportes de energía para la reproducción que los machos, lo que ocasiona que tengan un rango de crecimiento más lento (Shinozaki *et al.*, 2013).

La reproducción de *H. plumieri* ocurre por fertilización externa durante todo el año, principalmente en primavera; cuando forman grandes cardúmenes para el desove, donde los óvulos y espermatozoides son liberados simultáneamente (Billings y Munro, 1974). Los desoves son múltiples o en paquetes, y producen aproximadamente entre 19,873 y 535,039 huevos planctónicos de 0.90 a 0.97 mm de diámetro, con presencia de glóbulos de aceite (de 0.22 a 0.24 mm) y espacio previtelino transparente; los cuales eclosionan dentro de 20 horas a una temperatura promedio de 24.2 ° C (Saksena y Richards, 1975).

En general no existen registros de apareamiento y las áreas de desove y concentración de larvas no son bien conocidas; sin embargo, se considera que probablemente no dedican tiempo y energía en la búsqueda de sitios específicos para el apareamiento. Se ha registrado a parejas de *H. plumieri*, que se enfrentan y empujan unos a otros con la boca abierta, pero no se conoce con precisión si esta actitud está relacionada con el cortejo o territorialidad (Böhlke y Chaplin, 1968).

## **2.6 Métodos empleados para evaluar la biología reproductiva**

### **2.6.1 Determinación del sexo en peces**

En general existen dos vías relacionadas con la determinación sexual en peces. La primera es la más común y se origina desde la concepción del individuo; es decir por su genotipo (*Determinación Genética del Sexo-GSD*). La otra vía está influenciada por factores ambientales (*Determinación ambiental del sexo-ESD*); de los cuales, posiblemente la temperatura sea uno de los más importantes (Lorencio, 1996; Muñoz-Cueto, 2009). Usualmente, los peces presentan sexos separados y la mayor parte de las especies presentan dimorfismo sexual interno, es decir, que los órganos sexuales de hembras y machos son diferentes en color y forma. Sin embargo, distinguir el sexo de un pez no siempre resulta una tarea sencilla (Kodric, 1998; Pola y Padilla, 2012). En algunas especies, la determinación sexual se puede hacer observando las características externas, sin necesidad de abrir al pescado para exponer sus gónadas. También es posible determinar el sexo mediante la examinación a contraluz, ya que la cavidad abdominal de la hembra es más larga que la del macho (Holden y Raitt, 1975).

Cuando no es posible identificar el sexo a simple vista, es necesario abrir la cavidad visceral para exponer las gónadas. En general los ovarios son tubulares, rosados y granulares, en tanto que los testículos son planos, blancos o grisáceos y sus bordes ventrales presentan con frecuencia una línea ondulada (Holden y Raitt, 1975). En algunos casos, aún después de exponer las gónadas, la diferenciación entre sexos mediante un

examen superficial puede ser difícil o imposible entre los individuos pequeños vírgenes (Schaefer y Orange, 1956; Howard y Landa, 1958).

### **2.6.2 Proporción de sexos**

La proporción sexual es uno de los factores más importantes para conocer la situación en que se encuentra determinada población de peces (Nikolsky, 1963; Santamaría y Rojas, 1997). Se refiere a la cantidad de representantes de un sexo con respecto al otro, donde se espera una relación de equilibrio (Sverlij *et al.*, 1993; Lucano *et al.*, 2005), es decir, que las generaciones de individuos registrados estén constituidas en un 50% por machos y la otra mitad por hembras, estableciendo una relación proporcional 1:1 (Trivers, 1985).

La diferencia en el número de hembras y machos en determinadas circunstancias puede ser atribuida a la supervivencia diferencial de uno de los sexos, diferencias o preferencias en cuanto su distribución y/o alimentación, migraciones e incluso pueden darse casos excepcionales en que los padres invierten más energía en un sexo que en el otro (mayor tamaño de los gametos, cuidado y protección de los hijos) (Trivers, 1985). También puede variar de acuerdo a las distintas etapas de desarrollo y por clases de edad (Lorencio, 1996).

### **2.6.3 Madurez sexual y fases reproductivas**

La madurez sexual consiste en la fase durante la cual un pez alcanza el estado adulto con capacidad de reproducirse (Holden y Raitt, 1975; Bagenal y Tesh, 1978; Saborido y Junquera, 2004).

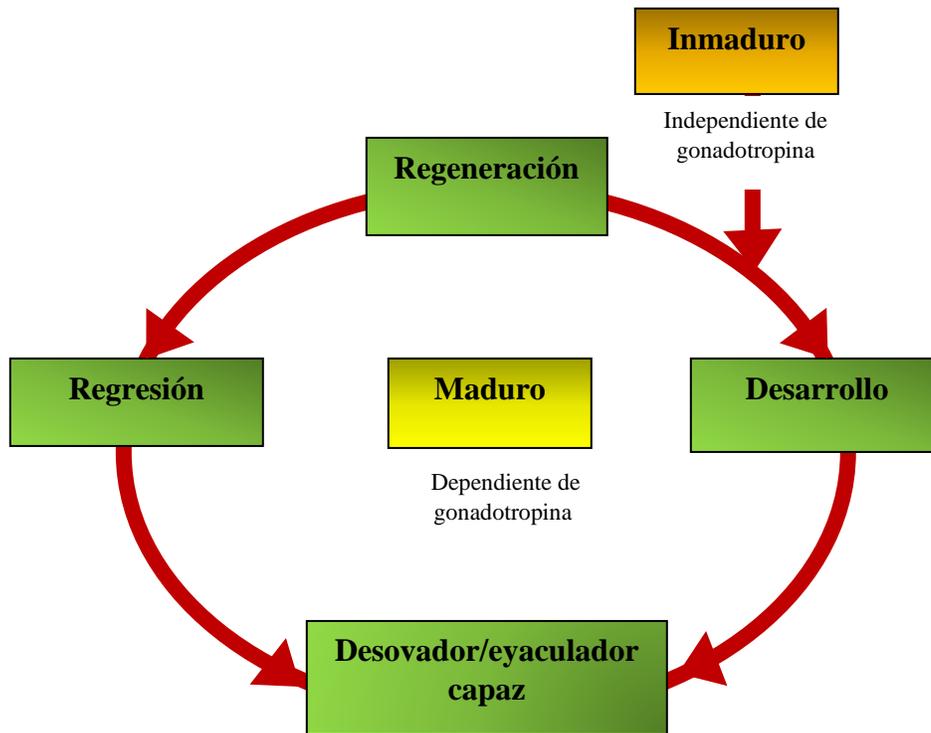
El término “fases reproductivas o de madurez” se emplea para designar el grado de madurez de los ovarios y testículos de los peces, el cual se representa en una escala de estadios de maduración sexual y sirve para describir los ciclos reproductivos (Saborido y Junquera, 2004). Si los peces tienen una o varias estaciones de desove anual, se puede establecer un número determinado de fases, las cuales son distinguibles (Maldonado, 2004; Saborido y Junquera, 2004; Sánchez, 2007; Tzeek, 2013).

Las distintas fases de madurez pueden analizarse por medio de métodos macroscópicos y microscópicos. El primero consiste en asignar a los individuos características que puedan

diferenciarse a simple vista; es sencillo, rápido y económico, pero puede ser subjetivo y su precisión siempre es incierta. Los métodos microscópicos se basan en el análisis de cortes histológicos de gónadas (generalmente ovarios), produciendo información precisa sobre el estado de desarrollo de los ovocitos, especialmente cuando se encuentran en algún estado de transición; sin embargo, su interpretación a menudo resulta confusa debido a las diferencias terminológicas entre los autores (Holden y Raitt, 1975; West, 1990; Saborido y Junquera, 2004).

En la mayoría de los teleósteos las fases reproductivas pueden clasificarse en una escala de cinco puntos: inmaduro (juvenil), maduración inicial, maduración final, puesta y postpuesta; sin embargo, esta clasificación puede variar entre especies, generando diferentes grados de refinamiento y juicios subjetivos (West, 1990; Maldonado, 2004; Saborido y Junquera, 2004). Holden y Raitt (1975) consideran que una escala de no más de ocho puntos es suficiente para casi todas las especies; sin embargo, otros autores como Brown-Peterson *et al.*, (2011) sugieren una terminología estandarizada, para evitar las fuentes de confusión y/o diferencias terminológicas. Su propuesta se basa en adoptar una simple y universal terminología, que puede ser aplicada a todos los peces teleósteos, tanto hembras como machos. Incluye las siguientes fases: inmaduro, en desarrollo, desovador/eyaculador capaz, regresión y regeneración.

Cada fase es definida a partir de marcadores fisiológicos e histológicos; de manera que, durante la fase inmadura, la diferenciación gonadal; al igual que la proliferación y crecimiento gamético, son independientes de la gonadotropina (por ejemplo, oogonias y ovocitos en crecimiento primario en hembras y espermatogonias primarias en machos). Mientras que, un pez entra a la fase de madurez, cuando el primer desarrollo gamético y crecimiento gonádico (fase de desarrollo) dependen totalmente de la gonadotropina (Brown-Peterson *et al.*, 2011).



**Figura 2.** Modelo conceptual de las fases establecidas para la reproducción de peces, propuesto por Brown-Peterson et al., (2011).

#### 2.6.4 Índice gonadosomático

El índice gonadosomático (IGS), también conocido como coeficiente de madurez es un parámetro reproductivo que permite establecer el desarrollo gonádico y los estadios de madurez. A su vez funciona como indicador de la época reproductiva o de desove en peces, con base al incremento del tamaño de la gónada a medida que se acerca el desove, permitiendo interpretar las variaciones del ciclo sexual a lo largo de un periodo anual (Iwazkiw, 1990; Lorencio, 1996).

El IGS varía con el estado de desarrollo de los óvulos y su fórmula de cálculo es  $IGS = (PG/PE) \times 100$ ; donde PG es el peso de la gónada y PE el peso del cuerpo eviscerado. Su

valor se expresa en gramos (Lorencio, 1996; Duponchelle *et al.*, 1999; Saborido y Junquera, 2004; Acevedo *et al.*, 2007).

El IGS es muy útil para estudiar a peces que desovan una sola vez por época de reproducción; sin embargo, puede resultar impreciso para peces que desovan varias veces por época; de manera que, en ese caso, sería recomendable utilizar o complementar el análisis con las proporciones mensuales de los estadios de madurez gonadal (Duponchelle *et al.*, 1999).

El IGS podría relacionarse con las fases de desarrollo sexual, pero solamente si se cumplen el siguiente criterio: que los peces mantengan la misma proporción de peso gonadal con respecto al peso del cuerpo durante todo el ciclo de su vida y bajo cualquier condición ambiental. Si tal situación no sucediera, entonces el índice gonadosomático solamente serviría como una evidencia indirecta para establecer temporadas de desove (Saborido y Junquera, 2004; Acevedo *et al.*, 2007; Tzeek, 2013).

Para analizar el IGS se considera que valores altos se asocian con estadios avanzados de madurez gonádica; mientras que la disminución subsecuente de los valores promedio, es un indicio de que ha ocurrido el desove (Saborido y Junquera, 2004; Acevedo *et al.*, 2007; Tzeek, 2013).

### **2.6.5 Factor de condición**

Este índice, refleja variaciones somáticas a partir de datos morfométricos; indicando que la energía almacenada, como lípidos y proteínas, puede ser movilizada por los organismos para enfrentar requerimientos en períodos sin alimento o durante la reproducción (González y Oyarzun, 2002; Saborido y Junquera, 2004; Palazón-Fernández, 2007).

Usualmente, el costo de la reproducción puede ser muy elevado, por lo que se puede observar una alternancia entre el almacenamiento de reservas energéticas y el desarrollo de las gónadas. De manera que, el factor de condición es utilizado para determinar la posible relación entre las reservas energéticas de los organismos y sus requerimientos en las distintas

fases del ciclo reproductivo, y entonces tiende a asociarse en forma inversa o negativa al IGS (Wootton, 1990; González y Oyarzun, 2002; Palazón-Fernández, 2007; Sánchez, 2007).

El factor de condición también resulta útil para indicar el estado nutritivo de los organismos; especialmente en los cultivos de peces, ya que permite comparar y cuantificar numéricamente la condición o estado en que el pez se encuentra, pudiendo asociarse a una valoración de la contextura y/o estado de delgadez o gordura (García y Cerezo, 2001).

Para determinar la condición fisiológica de los peces, se puede utilizar factor de condición de Fulton (K), que expresa la proporción volumétrica porcentual, basada en la relación entre la talla y el peso del individuo y permite comparar peces de la misma longitud. Se fundamenta bajo la siguiente expresión matemática:  $K=PE/LT^3*100$ , donde PE es el peso eviscerado en gramos y LT la longitud total en centímetros (Ricker, 1975; González y Oyarzun, 2002; Saborido y Junquera, 2004; Palazón-Fernández, 2007; Sánchez, 2007).

El factor de condición de Fulton, es el más utilizado en las pesquerías, pero tiene el problema de asumir un crecimiento isométrico en los peces; es decir, que un individuo mantiene su proporción peso-longitud o forma al crecer ( $b=3$ ). En cambio, cuando  $b>3$ , los individuos de mayor talla han incrementado su peso en mayor proporción que su longitud, presentando crecimiento alométrico positivo. Si resulta  $b<3$ , los individuos incrementan preferencialmente su longitud relativa más que su peso (Ramos-Cruz, 2009).

Si el tipo de crecimiento resulta alométrico, entonces, no se cumpliría el supuesto del factor condición K; sin embargo, se puede recurrir a otras ecuaciones, como el factor de condición relativo de Le Cren; que se basa en la relación porcentual entre el peso eviscerado (PE) y un peso esperado obtenido de la relación LT-PE de la población (Le Cren, 1951).

### **2.6.6 Fecundidad**

La fecundidad se refiere al número de ovocitos puestos por una hembra en un momento dado; es decir, una estimación del potencial reproductivo de una hembra (Hernández, 1994; Arellano *et al.*, 2006; Pliego, 2009).

Con base en el tipo de desarrollo ovogenético, la fecundidad puede ser determinada o indeterminada (Hunter y Leong, 1985; Hunter y Macewicz, 1985; Hernández, 1994; Saborido y Junquera, 2004; Murua y Saborido, 2003; Murua *et al.*, 2003; Arellano *et al.*, 2006; Sánchez, 2007; Pliego, 2009; Tzeek, 2013).

**Fecundidad determinada:** sucede cuando el número de huevos que serán puestos queda fijo en un momento dado y no hay adición de nuevos ovocitos vitelogénicos cuando se ha iniciado la puesta. En peces con este tipo de fecundidad, el conjunto de oocitos vitelados que se encuentran en el ovario, al comienzo de la época de puesta, se consideran equivalentes a la fecundidad potencial anual; es decir, el número de oocitos vitelados que maduran en un año. De manera que el número de huevos vitelados presentes en el ovario decrece con cada puesta, ya que no son reemplazados durante la estación reproductiva. Este tipo de fecundación se asocia con especies con desarrollo sincrónico.

**Fecundidad indeterminada:** ocurre cuando hay un aporte continuo de ovocitos vitelogénicos en lo que dura la puesta. La fecundidad potencial anual no está fijada antes del comienzo de la época de puesta, por lo que pueden desarrollarse ovocitos previtelogénicos que presentan la probabilidad de ser reclutados al conjunto de oocitos vitelados en cualquier momento de la estación reproductiva (vitelogénesis *de novo*); de manera que la estimación de la fecundidad potencial previa al desove, relativamente no tendría sentido. Para obtener en este caso, la fecundidad real anual, se recomienda utilizar la fecundidad parcial, ya que se estima a partir del número de ovocitos liberados por desove y por la presencia de ovocitos hidratados. La fecundación indeterminada es típica en organismos desovadores parciales o múltiples, con maduración de tipo asincrónico.

La fecundidad de una especie resulta de un proceso evolutivo, que se basa en optimizar el reparto de energía obtenida por los alimentos, para el consumo metabólico, crecimiento y la reproducción y tienen un carácter adaptativo en relación a las estrategias  $k$  y  $r$ ; es decir, aquellas estrategias basadas en la reproducción y reclutamiento de los seres vivos, y el modo en que estas interactúan con el ambiente en el que habitan (Saborido y Junquera, 2004).

En especies con estrategia  $k$  la fecundidad tiende a ser reducida, ya que ocupan ambientes más estables o predecibles, sus periodos de puestas son cortos y ponen menos huevos, pero

de mayor tamaño. Los huevos, están más protegidos y su mortalidad larvaria previsiblemente es menor, ya que la puesta es demersal y pueden recurrir a cuidados parentales. En cambio, las especies con estrategia  $r$ , suelen presentar fecundidades altas, debido a habitan ambientes muy variables e impredecibles, donde la mortalidad de los huevos y larvas es muy elevada y no hay cuidados parentales; de manera que deben producir muchos huevos de tamaño reducido, que de alguna forma garantice la continuidad de su progenie (Saborido y Junquera, 2004).

La fecundidad también representa un aspecto básico en el conocimiento de la estrategia reproductiva, ya que constituye un elemento esencial en los estudios sobre el potencial reproductivo de las especies y/o el tamaño de los stocks poblacionales; ambos aspectos son necesarios para planificar el uso sustentable de cualquier recurso (Arellano *et al.*, 2006). De igual manera resulta útil para estimar la supervivencia y determinar el número de individuos necesarios para mantener un stock a un nivel sostenible y como criterio para identificar unidades de stock (Hernández, 1994; Sánchez, 2007).

Para obtener los valores de fecundidad, es necesario saber a qué nivel se debe estudiar una población o especie objetivo. Para ello, debe hacerse mención sobre la manera en que se analizarán los datos. Según el desarrollo gonadal de una especie, se pueden hacer distintas estimaciones de fecundidad; como la fecundidad total, potencial anual, real, relativa y parcial (Hunter y Leong, 1985; Hunter y Macewicz, 1985; Hernández, 1994; Murua y Saborido, 2003; Murua *et al.*, 2003; Saborido y Junquera, 2004; Arellano *et al.*, 2006; Sánchez, 2007; Pliego, 2009; Brown-Peterson *et al.*, 2011; Tzeek, 2013).

**Fecundidad total:** número total de ovocitos que depositará una hembra en un momento dado.

**Fecundidad potencial anual:** cantidad de ovocitos que una hembra puede desovar en la estación reproductora (vitelogénicos avanzados e hidratados).

**Fecundidad real:** se refiere al número de ovocitos que son efectivamente liberados (que son realmente puestos).

**Fecundidad relativa:** número de ovocitos por unidad de peso de la hembra.

**Fecundidad parcial:** número de ovocitos hidratados que son liberados en cada una de las puestas en los desovadores múltiples.

Para poder determinar la fecundidad de los peces, es necesario recurrir a metodologías que permitan validarla de la manera más precisa posible. Dentro de esas metodologías podemos encontrar las siguientes (Hunter y Leong, 1985; Hunter y Macewicz, 1985; Murua y Saborido, 2003; Murua *et al.*, 2003; Perezgomez, 2008):

Método gravimétrico: es uno de los más usados y se basa en el conteo de ovocitos, provenientes de muestras pesadas de tejido ovárico y posteriormente se relacionan las muestras de tejido con el peso del ovario total.

Método volumétrico: el ovario se conserva en líquido de Gilson, el cual libera los ovocitos del tejido ovárico, rompiendo y destruyendo el tejido conectivo. Los ovocitos liberados se limpian y se colocan en un cilindro aforado con un volumen de agua conocido. El recipiente se agita para proporcionar una muestra completa y las submuestras de volumen conocido se retiran usando una pipeta Stempel y los ovocitos en escena son contados.

Estereología: se considera como un grupo de herramientas con una base matemática definida para la exploración del espacio tridimensional a partir de proyecciones sobre el plano o cortes bidimensionales. Consiste en la extrapolación del plano al espacio, para obtener una estimación del volumen, área, longitud o número de partículas contenidas en una matriz.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Determinar la biología reproductiva del chak chi', *Haemulon plumieri*, en Chuburná Puerto, Yucatán, México.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Determinar la época reproductiva en un periodo anual.

Estimar la proporción en sexos total y mensual.

Calcular el índice gonadosomático y factor de condición relativo a lo largo de un ciclo anual.

Determinar la fecundidad parcial.

#### 4. LITERATURA CITADA

- Acevedo, J., Angulo, W., Ramírez, M., y Zapata, L. A. 2007. Reproducción del pez *Brotula clarkae* (Pisces: Ophidiidae) en el Pacífico colombiano. *Revista de biología tropical*, 55(3-4), 957-967.
- Arellano, M. M. 1997. Biología reproductiva del ángel rey *Holacanthus passer* (Valenciennes, 1846) y del ángel de cortés *Pomacanthus zonipectus* (Gill, 1863) (Teleostei: Pomacanthidae), en la Costa Sur-Occidental del Golfo de California, México. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México.
- Arellano, M. M., Ceballos, V. B., Hernández, O. L. y Galvan, M. F. 2006. Fecundidad del ángel de Cortés *Pomacanthus zonipectus* (Teleostei: Pomacanthidae) en la Isla Espíritu Santo, Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, 32.
- Appeldoorn, R. S., Aguilar-Perera, A., Bouwmeester, B. L. K., Dennis, G. D., Hill, R. L., Merten, W., Recksiek, C. W. y Williams, S. J. 2009. Movement of fishes (Grunts: Haemulidae) across the coral reef seascape: A review of scales, patterns and processes. *Caribbean Journal of Science*, v. 45, n. 2-3. 304-316 p.
- Bagenal, T. B. y Tesch, F. W. 1978. Age and growth. In: *Methods for assessment of fish production in freshwaters*, Bagenal T. B. (éd.), IBP Handbook, B. Blackwell, Oxford.
- Billings, V. C. y Munro J. L. 1974. The biology, ecology, exploitation and management of Caribbean reef fishes. Scientific report of the ODA/UWI fisheries ecology research project, Port Royal Marine Laboratory, Jamaica, 1969–1973. Part 5e. The biology, ecology and bionomics of Caribbean reef fishes: Pomadasyidae (grunts). *Res. Rep. Zool. Dept., Univ. West Indies*. 128 p.
- Böhlke, J. E. y Chaplin, C. G. 1968. *Fishes of the Bahamas and Adjacent Tropical Waters*: University of Texas Press.

- Brown-Peterson, N. J., Wyanski, D. M., Saborido-Rey, F., Macewicz, B. J., y Lowerre-Barbieri, S. K. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries* 3, 52-70. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/19425120.2011.555724>
- Burke, N. C. 1995. Nocturnal foraging habitats of French and bluestriped grunts, *Haemulon flavolineatum* and *H. sciurus*, at Tobacco Caye, Belize. *Environmental Biology of Fishes*, 42(4), 365-374.
- Carta Nacional Pesquera (CNP). 2012. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Diario Oficial de la Federación Vol. II. 112 p.
- Cervigón, F., R. Cipriani, W. Fischer, L. Garibaldi, M. Hendrickx, A. J. Lemus. R. Márquez, J. M. Poutiers, G. Robaina y Rodríguez, B. 1992. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. FAO, Roma, 513 p.
- Cervigón, F. 1994. Los peces marinos de Venezuela. Vol III. Ex Libris. Caracas Venezuela.
- Cruz-Romero, M., E. Espino-Barr y García-Boa, A. 1993. Aspectos poblacionales de cinco especies de la familia Haemulidae (pisces) en la costa de Colima, México. *Ciencia Pesquera* 10:43-54.
- Cummings, W. C., Brahy, B. D. y Spires, J. Y. 1966. Sound production, schooling, and feeding habits of the margate, *Haemulon album* Cuvier, off North Bimini, Bahamas. *Bulletin of Marine Science*, 16(3), 626-640.
- Darcy, G. H. 1983. Synopsis of biological data on the grunts *Haemulon aurolineatum* and *H. plumieri* (Pisces: Haemulidae). United States. National Marine Fisheries Service. NOAA Technical Report NMFS Circular (USA).

- Duponchelle, F., Cecchi, P., Corbin, D., Nuñez, J. y Legendre, M. 1999. Spawning season variations of female Nile Tilapia, *Oreochromis niloticuss*, from man-made lakes of Cote D'Ivoire. *Environmental Biology of Fishes*, 56(4), 375-387.
- Estrada, R. M. (1986). Hábitos alimentarios de los peces del género *Haemulon* (Pisces: Haemulidae) de los arrecifes de la región de Santa Marta, Colombia. *Anais Instituto de Investigación Marina*, 15, 49-66.
- Flores, N. A., Villanueva, G. J., Vidal, M. V. Olvera, N. M., Alonzo, M. E., Arreguín, S. F., Poot, L. G., Alonso, A. M., y Maldonado, R. A. 2016. Diagnóstico de los sectores de la pesca y la acuicultura en el estado de Yucatán. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)/Secretaria de Desarrollo Rural/Gob. del Edo. de Yucatán. FAO, Mexico. 120 p.
- Froese, R. y Pauly, D. Editors. 2016. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), ( 01/2016 ).
- García García, B., y Cerezo, J. 2001. Variación del índice de condición en función del tipo de tanque de estabulación en el dentón (*Dentex dentex*). IMIDA-Acuicultura. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia. Apdo. 65. 30740 San Pedro del Pinatar. Murcia.
- García, J. J., Mendes, L. F., Sampaio, C. L. y Lins, J. E. 2010. Biodiversidade marinha da bacia potiguar: ictiofauna. Rio de Janeiro: Museu Nacional. 2010. 195 p.
- Gaut, V. C. y Munro, J. L. 1974. The biology, ecology and bioeconomics of the grunts, Pomadasydae. 110-141 p. In: Munro, J. L. (ed) 1983. Caribbean coral reef fishery resources. ICLARM. Studies and Reviews 7.
- Gómez, A. 1987. Estructura de la comunidad de peces en playas arenosas de la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 26(1-2), 53-66.

- González, P. y Oyarzún, C. 2002. Variabilidad de índices biológicos en *Pinguipes Chilensis*, Valenciennes 1833 (Perciformes, Pinguipedidae): ¿están realmente correlacionados? Concepción., Gayana 66(2): 249-253.
- Gross, M. R. 1984. Sunfish, salmon, and the evolution of alternative reproductive strategies and tactics in fishes. Fish reproduction: strategies and tactics, 55-75.
- Gross, M. R. 1996. Alternative reproductive strategies and tactics: diversity within sexes. Trends in Ecology & Evolution, 11(2), 92-98.
- Hernández H. A. 1994. Patrón reproductivo del pez vela (*Istiophorus platypterus*; Shaw y Nodder, 1791) al Sur del Golfo de California. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Hoffmann, G. C. S., Freitas, M. O., Moura, R. L., Previero, M., y Abilhoa, V. 2017. Reproductive biology of *Haemulon plumierii* in the south- western Atlantic Ocean's most extensive reefs: implications for fisheries management. Journal of Fish Biology 90, 2111-2124. doi: 10.1111/jfb.13293
- Holden, M., y Raitt, D. 1975. Manual de Ciencia Pesquera: Parte 2: Métodos para investigar los recursos y su aplicación: FAO Roma.
- Howard, G. V. y Landa, A. 1958. A study of the age, growth, sexual maturity, and spawning of the anchoveta, *Cetengraulis mysticetus*, in the Gulf of Panama. Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin, 2(9), 389-467.
- Hunter, J. y Leong, R. J. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. NOAA Technical Report NMFS, 36, 67-77.
- Hunter, J. R. y Macewicz, B. J. 1985. Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes. NOAA Technical Report NMFS, 36, 79-94.
- Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA). 2006. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México Evaluación y Manejo. SAGARPA. México, D. F.

- Iwaszkiw, J. 1990. Biología reproductiva. Ecognicion, Supl. Especial (1), 25-28.
- Kodric, A. B. 1998. Sexual dichromatism and temporary color changes in thereproduction of fishes. Amer. Zool., 38:70-81.
- Le Cren, E. D. 1951. The length-weight relationship and seasonal eyele in gonad weight and condition in the perch *Perca fluviatilis*. Animal Ecology 20, 201-219.
- Lindeman K. C. y Toxey C. S. 2002. Haemulidae: grunts. In: Carpenter KE (ed) The living marine resources of the Western Central Atlantic, Vol 3: bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Spec Pub No. 5. FAO, Rome, p 1522–1529.
- Lorenzo, C. G. 1996. Ecología de peces: Universidad de Sevilla.
- Lucano, R. G., Ruiz, R. S. y Rojo, V. J. 2005. Biología reproductiva de *Prionotus ruscarius* (Pisces: Triglidae) en las costas de Jalisco y Colima, México. Revista Digital Universitaria, 6(8), 1-13.
- López, S. M. 1981. Los "roncadores" del género *Pomadasy* (Flaemulopsis)(Pisces: Haemulidae) de la costa Pacífica de Centro América. Revista de Biología Tropical., 29(1), 83-94.
- Maldonado Salazar L. E. 2004. Biología de la reproduccion y crecimiento de *Colossoma macropomum* en la Amazonía Boliviana. La Paz (BOL) ; La Paz : UMSA ; IRD, 83 p. multigr. Magister Scientiarum : Ecol. Acuática, Universidad Mayor de San Andres.
- Martínez, P., Martínez, C., Ramos, E. L. 2009. Dinámica del crecimiento de peces y crustáceos. Rev. electrón. Vet. 16 pp.
- Mateo, J. G. y Appeldoorn, R. S. 2001. Diferenciación sexual e inicio de la madurez de la Cachita Blanca, *Haemulon plumieri* (Pisces: Haemulidae), en la Parguera, Puerto Rico. Proceedings of the 52nd Gulf and Caribbean Fisheries Institute.

- McKay, R. J. y Schneider, M. 1995. Haemulidae. Burros, corocoros, chulas, gallinazos, roncós. p. 1136-1173. In W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter and V. Niem (eds.) Guía FAO para Identificación de Especies para lo Fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental. 3 Vols. FAO, Roma.
- Méndez, F. 2005. Estudio preliminar del aprovechamiento de la flora y fauna silvestre en dos comunidades del norte de Campeche. *Universidad y Ciencia, trópico húmedo*. 23 (2):127-139.
- Mexicano G., Liceaga, C. M. y Salas, S. 2009. Uso de sistemas de información geográfica en pesquerías: la pesca en Yucatán, al sur del Golfo de México. *Universidad y Ciencia*, 25(1), 23-38.
- Munro, A. D., Scott, A. P. y Lam, T. 1990. Reproductive seasonality in teleosts: environmental influences: CRC press.
- Muñoz-Cueto, J. A. 2009. Cerebro y reproducción en peces: bases neurales y neuroendocrinas. pp. 27-31. In: Carrillo-Estévez, M. A. (ed). *Reproducción en peces aspectos básicos y sus aplicaciones*. Fundación Observatorio Español de Acuicultura. España. 718 p.
- Murua, H., Kraus, G., Saborido, R. F., Witthames, P. R., Thorsen, A. y Junquera, S. 2003. Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive strategy. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 33, 33-54.
- Murua, H. y Saborido, R. F. 2003. Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 33, 23-31.
- Nikolsky, G.V. 1963. *The ecology of fishes*. Academic Press. New York, EUA. 352 p.
- Norma Oficial Mexicana NOM-065-PESC-2007, Para regular el aprovechamiento de las especies de mero y especies asociadas, en aguas de jurisdicción federal del litoral del Golfo de México y Mar Caribe. Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

- Novoa, D., S. A., Mendoza, J., Marcano, L., Cardenas, J. y Catarroja, C. 1998. El Atlas Pesquero Marítimo de Venezuela. SARPA, Caracas, Venezuela.
- Ogden, J. y Ehrlich, P. 1977. The behavior of heterotypic resting schools of juvenile grunts (Pomadasyidae). *Marine Biology*, 42(3), 273-280.
- Palazón-Fernández, J. 2007. Reproduction of the white grunt, *Haemulon plumieri* (Lacépède, 1802) (Pisces: Haemulidae) from Margarita Island, Venezuela. *Scientia Marina*, vol. 71, no. 3, p. 429-440. <http://dx.doi.org/10.3989/scimar.2007.71n3429>
- Parra, B. y Ruiz, L. 2003. Estructura de la comunidad de peces en la costa oriental de la isla de Cubagua, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 51 (Supl. 4): 197-203.
- Perezgomez, A. B. 2008. Aplicación de la estereología para la determinación de la fecundidad parcial de la sardina monterrey, *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842) (Teleostei: Clupeidae). Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Pliego, C. R. 2009. Biología reproductiva del pulpo *Octopus hubbosorum* Berry, 1953 (Cephalopoda, Octopodidae) en la Isla Espíritu Santo, Golfo de California, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Pola, P. M. y Padilla, M. C. 2012. Prácticas de zoología aplicada. Biometría pesquera. Determinación de parámetros y cálculo del índice gonadosomático. *Reduca (Biología)*, 5 (3).
- Potts, G. W., Wootton, R. J. y Isles, F. S. 1984. Fish reproduction: strategies and tactics: Academic Press.
- Randall, J. 1968. Caribbean reef fishes. T. F. H. Publications, Inc. Jersey City.
- Ramos-Cruz. 2009. Relación longitud-peso y factor de condición en el barrilete negro *Euthynnus lineatus* (kishinouye, 1920) (Perciformes: Scombridae), capturado en el litoral de Oaxaca, México. *Rev. Invest. Mar.* 30(1):45-53.

- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can, 191, 382.
- Rochet, M. J. 2000. A comparative approach to life-history strategies and tactics among four orders of teleost fish. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil, 57(2), 228-239.
- Saborido, F. y Junquera, S. 2004. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. In: Curso de doctorado. Universidad de Vigo, Vigo, España.
- Salas, S., Mexicano-Cintora, G. y Cabrera, M. A. 2006. ¿ Hacia dónde van las pesquerías en Yucatán? Tendencias, Retos y Perspectivas. CINVESTAV Unidad Mérida. Mérida, Yucatán, México.
- Saksena, V. P. y Richards, W. J. 1975. Description of eggs and larvae of laboratory-reared white grunt, *Haemulon plumieri* (Lacepede)(Pisces, Pomadasyidae). Bulletin of Marine Science, 25(4), 523-536.
- Sánchez. R. C. 2007. Estrategia reproductiva de *Sphoeroides annulatus* (Jenyns, 1842) (Tetraodontidae) en la costa de Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México.
- Santamaría, M. A. y Rojas, H. A. 1997. Análisis de la variación morfológica del huachinango, *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Pisces:Lutjanidae) en el litoral de la costa chica de Guerrero, México. Periodo noviembre 1992-diciembre 1994. Resúmenes del V Congreso Nacional de Ictiología. Mazatlán, Sinaloa., 170 pp.
- Schaefer, M. B., y Orange, C. J. 1956. Studies of the sexual development and spawning of yellowfin tuna, *Neothunnus macropterus*, and skip jack, *Katsuwonus pelamis*, in three areas of the Eastern Pacific Ocean, by examination of gonads. Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin, 1(6), 281-349.

- Shinozaki, R. A., Santander, N. J., Silva, J. R. y Hazin, F. H. 2013. Gonad maturation of *Haemulon plumieri* (Teleostei: Haemulidae) in Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 73(2), 383-390.
- Silva, G. H. D. C. 2015. Ecología alimentar e reprodução de *Haemulon plumieri* (Lacepède, 1801)(Teleostei-Haemulidae) no Banco dos Abrolhos, Bahia-Brasil.
- Silva, J. A. y Murphy, M. D. 2001. A Summary of the status of white grunt *Haemulon plumieri* from the East Coast of Florida. Florida Marine Research Institute. 18 p.
- Souza, M. M., Hazín, f. H.; Vaske, J. T.; Rego, M. G. y Soares, M. G. 2008. Biología reproductiva e alimentar da biquara *Haemulon plumieri* (Lacepède, 1801)(Teleostei-Haemulidae) capturada na costa central do estado de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*.
- Sverlij, S. B., Espinach, A. R. y Orti, G. 1993. Sinopsis de los datos biológicos y pesqueros del sabalo, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847): Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Trivers, R. L. 1985. *Social Evolution*. Benjamin/Cummings Publ., Menlo Park.
- Tzeek, T. J. 2013. Biología de la reproducción de *Strongylura notata* y *Sphoeroides testudineus*, de la laguna “La Carbonera” en Sisal Yucatán. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Unidad Sisal. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Sisal, Yucatán, México.
- Valencia, L., Salas, C. O. y Cendejas, S. V. 2007. Recursos pesqueros de Yucatán. Fichas técnicas y referencias bibliográficas. CINVESTAV Unidad Mérida. Mérida, Yucatán, México.
- Vargas-Maldonado, I., Yáñez-Arancibia, A., y Amezcua-Linares, F. 1981. Ecología y estructura de las comunidades de peces en áreas de *Rhizophora mangle* y *Thalassia testudinum* de la Isla del Carmen, Laguna de Términos sur del Golfo de México. *An. Inst. Cienc. Mar y Limnol., UNAM*, 8, 241-266.

- Vega, C. M. 2010. Vertebrados: Peces. Anexo IIIa. En: Durán R. y M. Méndez (Eds). Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. pág. 250-252.
- Villacorta, C. M. y Saint, P. U. 1999. Structural indexes and sexual maturity of tamabaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Characiformes: Characidae) in Central Amazon, Brasil. Rev. Brasil. Biol. 59 (4): 637-652p.
- Villegas, H. H., Rodríguez, C. R., Guillén, H. S., Zamora, B. R. y González, S. C. 2014. Population differentiation in *Haemulon plumieri* juveniles across the northern coast of the Yucatan Peninsula. Aquatic Biology, 20(2), 129-137.
- Walsh, C., Reinfelds, I., Ives, M., Gray, C. A., West, R. J., y Van der Meulen, D. E. 2013. Environmental influences on the spatial ecology and spawning behaviour of an estuarine-resident fish, *Macquaria colonorum*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 118, 60-71.
- West, G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 41: 199 – 222.
- Wootton, R. J. 1990. Ecology of teleost fishes. Ed. Chapman y Hall, London, 404p.
- Zaneveld, J. S. 1983. Caribbean fish life: Index to the local and scientific names of the marine fishes and fishlike invertebrates of the Caribbean area (Tropical Western Central Atlantic Ocean): E.J. Brill.

## CAPÍTULO II

Artículo elaborado de acuerdo con la guía de autores establecida por “*Journal of Fish Biology*”.

## **Biología reproductiva del ronco blanco *Haemulon plumieri* en Yucatán, México**

D. F. SOLIS\*, G. R. POOT‡ R. E. DÍAZ‡

*\*Posgrado Institucional en Manejo de Recursos Naturales Tropicales. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán, México. Apdo. 4-116 Itzimmá, km 1. 5 carret. Mérida- Xmatkuil. Mérida, Yucatán. México, ‡Departamento de Biología Marina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán, México. Apdo. 4-116 Itzimmá, km 1. 5 carret. Mérida- Xmatkuil. Mérida, Yucatán. México.*

### **RESUMEN**

Se describe la biología reproductiva del ronco blanco, *Haemulon plumieri*, a partir de 350 individuos capturados, de manera independiente a la pesca comercial, con línea de mano y carnada en Chuburná Puerto, Yucatán, México de septiembre 2015 a noviembre 2016. Se registraron 233 machos (120 a 310 mm) y 117 hembras (145 a 295 mm), correspondiendo a una proporción sexual de 2:1, en la que predominaron los machos todo el año. Mediante la frecuencia relativa de especímenes en desove capaz y los valores máximos del índice gonadosomático, se determinó que la temporada reproductiva ocurre de marzo a agosto, con un máximo pico en mayo. El factor de condición se mantuvo por arriba del 90% en ambos sexos gran parte del año, indicando que mantienen su biomasa constante, inclusive durante la reproducción. La fecundidad parcial osciló entre 10 867 a 38 985 huevos. Este estudio constituye el primer aporte de información sobre la reproducción de *H. plumieri* en Yucatán, México.

Palabras clave: Índice gonadosomático, desarrollo gonadal, proporción de sexos, factor de condición relativa, fecundidad parcial.

## ABSTRACT

The reproductive biology of the white grunt *Haemulon plumieri* was studied from 350 individuals captured, fishery independent with hook and line in Chuburna Puerto coast, Yucatan, Mexico from September 2015 to November 2016. Overall, 233 males (120 a 310 mm) and 117 females (145 to 295 mm) were recorded with a sex ratio 2:1, where males predominating throughout the year. By means of the relative frequency of spawning capable specimens and the maximum values of the gonadosomatic index, we suggest that the spawning season is from March to august, with a peak in May. The condition factor remained above 90% in both sexes for much of the year, indicating than they maintain their biomass constant, even during reproduction. Batch fecundity ranged from 10,867 to 38,985 eggs. This study constitutes the first contribution of information on the reproduction of *H. plumieri* in Yucatan, Mexico.

Key words: Gonadosomatic index, gonadal development, sex ratio, relative condition factor, batch fecundity.

## INTRODUCCIÓN

Los peces de la familia Haemulidae desempeñan un componente ecológico importante, como importadores de energía hacia las comunidades arrecifales y son una de las mayores presas para especies de mayor talla, como meros y pargos (Cushing, 1975; Darcy, 1983). A nivel mundial se reconocen 133 especies y 18 géneros (Nelson *et al.*, 2016), siendo *Haemulon* uno de los géneros más representativos con 23 especies (Froese y Pauly, 2017).

*Haemulon plumieri* (Lacepède, 1801) se distribuye desde los Estados Unidos hasta Brasil y ocupa una gran variedad de hábitats, como aguas de la plataforma continental, arrecifes

coralinos y rocosos, manglares y praderas de pastos marinos (Darcy, 1983; Lindeman y Toxey, 2002; García *et al.*, 2010). En Florida, *H. plumieri* se captura principalmente en la pesca recreativa, con línea de mano y anzuelo (Padgett, 1997; Murphy *et al.*, 1999; Murie y Parkyn, 2005) y es uno de los recursos pesqueros más representativos de Brasil (Agostinho y Julio, 1999; Hoffmann *et al.*, 2017), además de un importante componente en la pesca artesanal (Potts, 2000; Potts y Manoch, 2001; Neves y Silva, 2007; Palazón-Fernández, 2007; Shinozaki *et al.*, 2013). En el Golfo de México y Mar Caribe, se captura incidentalmente en la pesquería de pargos, jureles, peces sierra y meros (Carta Nacional Pesquera (CNP), 2012). En Yucatán, se considera un recurso abundante y disponible durante el año, que se captura en los principales puertos de la costa (Valencia *et al.*, 2007). Representa un componente importante en la pesca artesanal y de autoconsumo y se comercializa locamente (Salas *et al.*, 2006; Méndez y Montiel, 2007; Mexicano *et al.*, 2009; CNP, 2012). Se captura principalmente con palangre y línea de mano y anzuelo (Valencia *et al.*, 2007).

El conocimiento sobre la dinámica poblacional y reproducción en peces resulta fundamental para proponer medidas sustentables de manejo, como temporadas de veda y tallas mínimas de captura, que garanticen la continuidad de una especie (Villacorta y Saint, 1999; Domeier *et al.*, 2002); sin embargo, a pesar de la importancia y abundancia que representa *H. plumieri* en el Golfo de México y Mar Caribe mexicano, aspectos sobre su reproducción y dinámica poblacional es nulo. Investigaciones recientes, relacionadas con la reproducción de *H. plumieri*, han sido desarrolladas por Murie y Parkin (1999) en Florida, Palazón-Fernández (2007) en Venezuela y por Souza *et al.* (2008), Shinozaki *et al.* (2013), Silva (2015) y Hoffmann *et al.* (2017) para Brasil; de manera que existe un vacío de información sobre esta especie en las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe, incluyendo Yucatán. El objetivo del actual estudio es determinar la biología reproductiva de *H. plumieri* en la costa norte de la Península de Yucatán.

## MATERIALES Y MÉTODOS

## ÁREA DE ESTUDIO

Se realizaron muestreos mensuales en la costa de Chuburná Puerto ( $22^{\circ} 13' 57.2''\text{N}$ ;  $89^{\circ} 53' 25.0'' \text{O}$ ), de septiembre de 2015 a noviembre de 2016, independientes de la pesca comercial. Los peces fueron capturados de arrecifes rocosos y fondos arenosos, mediante lancha y utilizando líneas de mano y anzuelos de número 8 y 14; así como tentáculos de calamar como carnada.

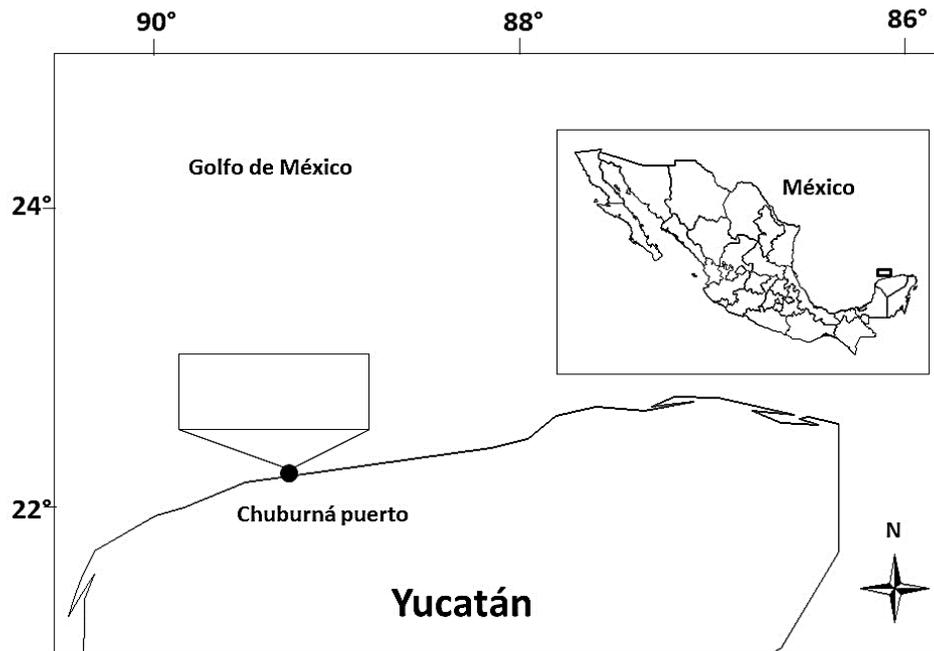


Fig. 1 . Área de estudio 

## PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

En laboratorio, los ejemplares fueron eviscerados y pesados con una báscula digital marca Denver a una precisión de 0.01 g (Denver Instrument.; [www.denverinstrument.com](http://www.denverinstrument.com)) para registrar el peso eviscerado ( $P_E$ ). También fueron medidos con un ictiómetro a 0.1 mm de precisión para obtener la longitud total ( $L_T$ ). El número de clases y la amplitud de intervalos de  $L_T$  se definieron a partir de la regla de Sturges (Scott, 2009), resultando en 11 clases para

los machos y ocho para las hembras respectivamente, con una amplitud de 20 mm para ambos sexos. Diferencias en  $L_T$  y  $P_E$  entre sexos se comparó con una prueba W de Mann Whitney para muestras independientes. Las gónadas fueron removidas, pesadas ( $P_G$ ) e inmediatamente fijadas en solución Bouin para evitar la descomposición de los procesos celulares. De cada lóbulo, se tomó una muestra para el análisis histológico estándar que consisten en la deshidratación de las muestras, inclusión en parafina y formación de bloques de parafina para realizar cortes longitudinales de los tejidos (7  $\mu$ m). Las muestras se tiñeron mediante la técnica de hematoxilina-eosina (Martoja y Martoja-Pierson, 1970; Awruch *et al.*, 2008; Villegas *et al.*, 2015).

Mediante las muestras histológicas obtenidas, se determinó microscópicamente el sexo de los individuos, con base a la presencia de ovocitos o células espermatogénicas y se identificaron las fases de madurez gonádica a partir de los estadios microscópicos establecidos por Brown-Peterson *et al.*, (2011) para ambos sexos: inmaduro (IM), desarrollo (DS), desove capaz (DC), regresión (RS) y regeneración (RN).

Se determinó la proporción sexual anual y mensual y fueron evaluadas con una prueba de chi-cuadrada ( $X^2$ ) con factor de corrección de Yates (Zar, 1999).

El periodo reproductivo de los organismos sexualmente maduros, se determinó mediante las frecuencias relativas de madurez gonadal, encontradas en la fase DC. Esto se contrastó con el índice gonadosomático ( $I_G$ ), a partir de los valores máximos. Se calculó como:  $I_G = P_G/P_E \times 100$  (De Vlaming *et al.*, 1982).

La condición somática fue evaluada mediante el Factor de Condición Relativo ( $K_R$ ), a partir de la fórmula  $K_R = P_E/P_O \times 100$ , donde  $P_O$  respecto al peso esperado, obtenido de la relación  $L_T$ - $P_E$ . (Le Cren, 1951). Ambos pesos se expresaron en g. La relación entre  $L_T$  y  $P_E$  fue modelada mediante el análisis de regresión potencial  $P_E = a L_T^b$ , cuyos datos fueron transformados a logaritmo natural ( $L_n$ ). Para determinar diferencias entre sexos se aplicó un Análisis de Covarianza (ANCOVA de una vía), donde  $P_E$  es la variable dependiente, el sexo el factor y  $L_T$  la co-variable. Diferencias de  $K_R$  entre sexos fueron evaluadas con una prueba- $t$  de Student para muestras independientes y se aplicó una prueba de correlación por rangos de Spearman para explorar la relación entre  $K_R$  y  $I_G$ .

La fecundidad se realizó por el método gravimétrico (Murua *et al.*, 2003), a partir de gónadas de hembras identificadas en fase DC. Se descartaron aquellas con ovarios que presentaron folículos post-ovulatorios (*FPOS*), ya que su presencia indica que ha ocurrido el desove de ovocitos maduros. De cada gónada se extrajo una submuestra de aproximadamente 0.05 g de la región central y se disgregaron sus ovocitos del tejido conectivo mediante sucesivos procesos de lavado, en tamices con diferentes diámetros de abertura (de 600 a 210  $\mu\text{m}$ ) para facilitar el conteo de los ovocitos. La fecundidad parcial ( $F_P$ ), determinada como el número de ovocitos hidratados por desove (Gonçalves, *et al.*, 2008); aunque por la poca presencia de OH también se incluyeron los OVT3. La fecundidad parcial se estimó con la fórmula:  $F_P = P_G \times (O/P_S)$ , donde  $P_G$  es el peso de la gónada antes de ser fijada,  $O$  es el número de ovocitos hidratados en la submuestra y  $P_S$  es el peso de la submuestra.  $P_G$  y  $P_S$  se expresaron en g. Para explorar la relación entre  $F_P$ - $L_T$  y  $F_P$ - $P_E$  se aplicaron modelos de regresión potencial.

## RESULTADOS

En total se capturaron 350 individuos de *Haemulon plumieri*, con un rango de  $L_T$  mínimo de 120 mm y máximo de 340 mm. Respecto al  $P_E$ , se encontraron entre 30.2 g y 417.6 g. En hembras ( $n=117$ ) la talla mínima y máxima de  $L_T$  fue de 145 mm y 295 mm, respectivamente, con un promedio $\pm$ d.e. de  $236\pm 30$  mm; mientras que en machos ( $n=233$ ) la talla mínima y máxima fue de 120 mm y 340 mm respectivamente, con una media de  $239\pm 34$  mm de  $L_T$ . La mayoría de los especímenes para ambos sexos, estuvieron presentes entre los 200 hasta los 280 mm, principalmente en el intervalo 240-260 mm ( $n=49$  hembras y  $n=65$  machos) y las tallas más pequeñas y grandes solamente estuvieron representadas por machos. No se encontraron diferencias significativas entre sexos, con relación a la  $L_T$  ( $W= 14206.0$ ,  $P>0.05$ ) y el  $P_E$  ( $W= 14963.0$ ,  $P>0.05$ ).

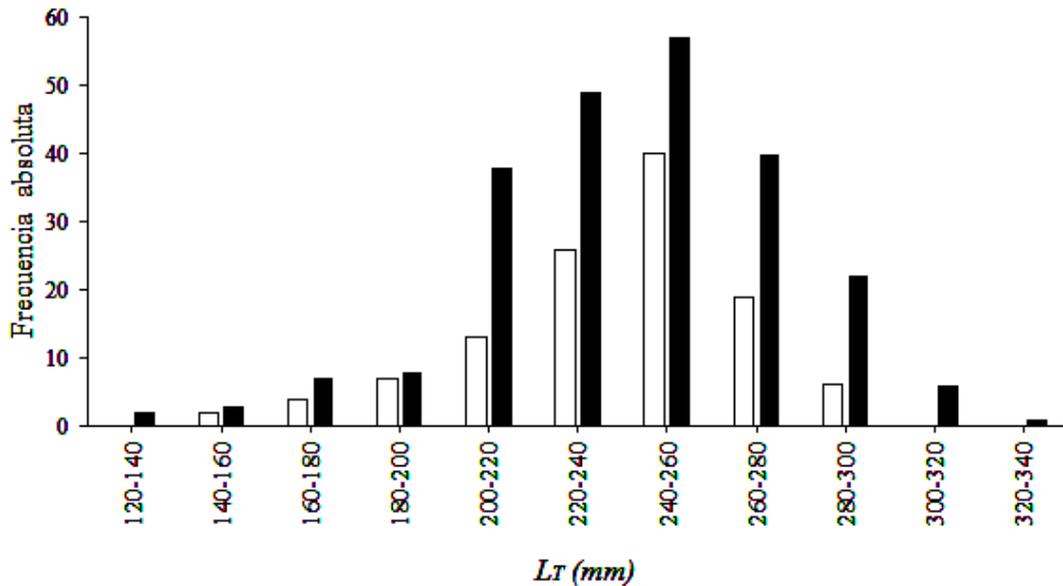


Fig. 2. Frecuencia absoluta de hembras (□) y machos (■) de *Haemulon plumieri* por intervalos de talla (20 mm) en Chuburná Puerto, Yucatán.

La proporción sexual entre machos y hembras por clases de  $L_T$  mostraron diferencias estadísticas entre 200-220, 220-240, 260-280 y 280-300 mm ( $P < 0.05$ ), siendo los machos más abundantes que las hembras en todos los casos.

La proporción sexual anual (233 machos y 117 hembras) fue de 1:2.1 y difirió significativamente de la distribución 1:1 ( $\chi^2 = 37.78$ ,  $P < 0.001$ ). Los machos fueron los más abundantes durante todo el año, aunque en marzo ( $\chi^2 = 0.51$ ), abril ( $\chi^2 = 0.51$ ), mayo ( $\chi^2 = 2.7$ ), junio ( $\chi^2 = 1.04$ ), julio ( $\chi^2 = 2.06$ ), septiembre ( $\chi^2 = 2.20$ ) y noviembre ( $\chi^2 = 0$ ), no hubo diferencias significativas entre sexos ( $P > 0.05$ ).

En ambos sexos se identificaron cuatro fases de desarrollo reproductivo: DS, DC, RS y RG. Solamente se obtuvo un macho IM. Hembras en fase DS, contenían ovocitos en crecimiento primario (CP), alveolos corticales (AC), ovocitos vitelogénicos primarios (OVT1) y en algunos casos vitelogénicos secundarios (OVT2). Ovarios en DC mostraron ovocitos en AC, OVT1, OVT2 y vitelogénicos terciarios (OVT3), con una presencia casi nula de ovocitos hidratados (OH). En hembras con RS, los FPOS y ovocitos atrésicos (A) raramente se observaron; sin embargo, se utilizaron otras características del ovario para su

identificación, como la presencia de lamelas ovígeras desorganizadas, ovocitos espaciados y OVT3 residuales. En ovarios con RG se observó principalmente CP y OVT1. En el único macho en fase IM, se evidenció el tejido epitelial y espermatogonias (SG) en la periferia de la gónada; machos en DS presentaron principalmente SG, espermatocitos (SC), espermátidas (ST) y en algunos casos, espermatozoides (SZ) fuera del lumen; testículos con DC, evidenciaron gran acumulación y concentración de SZ en el lumen. Machos en fase RS mostraron gónadas vacías con algunos SZ residuales y en RG comenzaban a surgir SG y SC en la periferia de las gónadas.

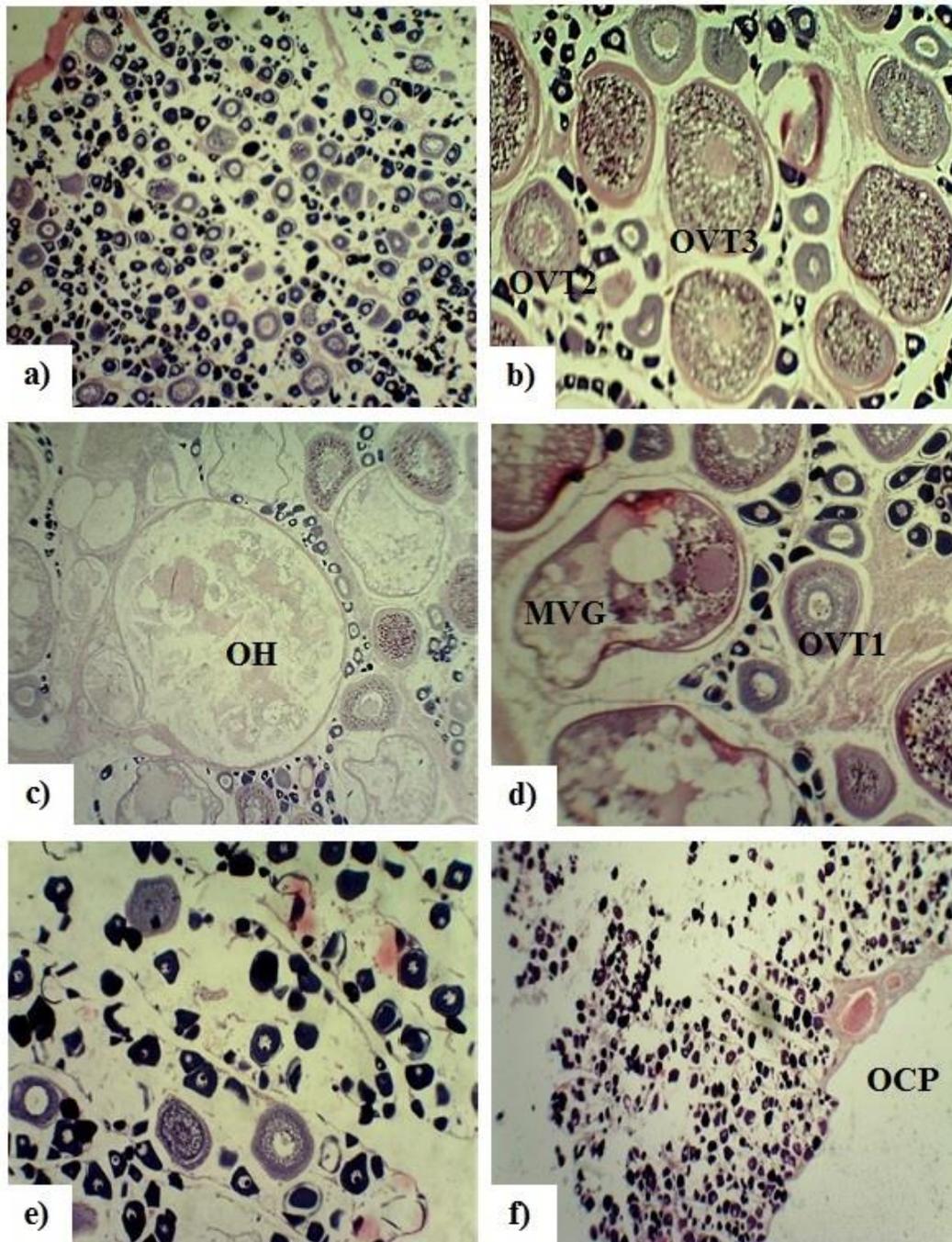


Fig. 3. Ovarios de *H. plumieri* en distintas fases de madurez. a) desarrollo (objetivo 4X), b) desovador capaz (objetivo 4X), C) ovocito hidratado (objetivo 10X), D) migración de vesícula germinal, E) regresión (objetivo 10X) y F) regeneración (objetivo 4X). Ilustración de algunas etapas de desarrollo de las células sexuales. OCP= ovocitos en crecimiento primario, OVT1=ovocito vitelogénico primario, OVT2 =ovocito vitelogénico secundario, OVT3=ovocito vitelogénico terciario, OH= ovocito hidratado y MVG= migración de la vesícula germinal.

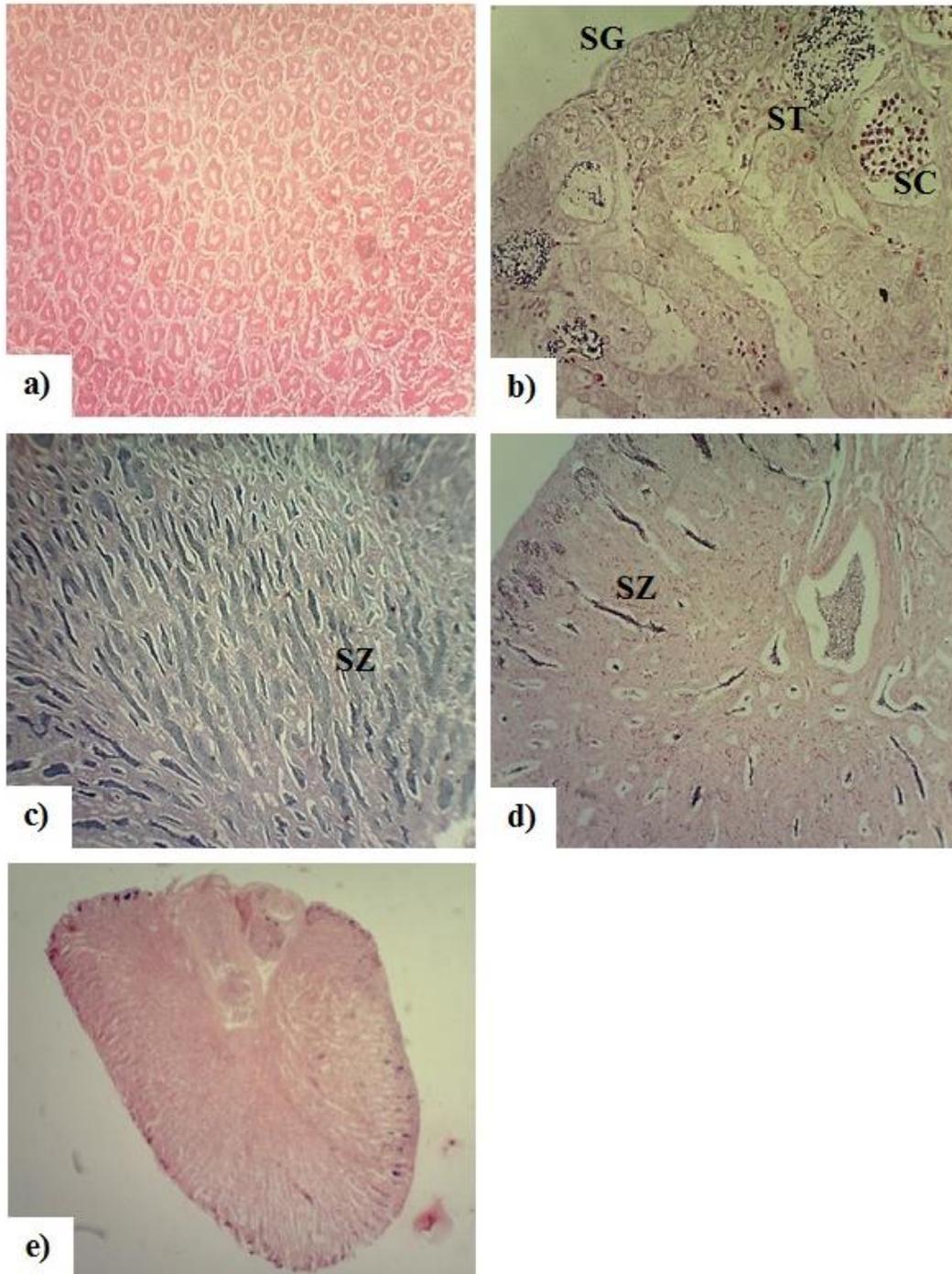


Fig. 4. Testículos de *H. plumieri* en diferentes fases de madurez. a) inmaduro (objetivo 10X), b) desarrollo (objetivo 10X), c) eyaculador capaz (objetivo 10X), d) regresión (objetivo 10X) y e) regeneración (objetivo 4X). Ilustración de algunas etapas de desarrollo de las células sexuales masculinas. SG=espermatogonias, SC=espermatocitos, ST=espermátidas y SZ=espermatozoides.

En hembras, se evidenció un incremento del  $I_G$  desde marzo hasta agosto, con valores máximos en mayo, mientras que, los valores mínimos fueron estimados de septiembre a febrero. En machos, no se observó una variación anual evidente; aunque el  $I_G$ , alcanzó los valores más altos en marzo, junio y noviembre, presentándose el mayor valor en marzo.

Hembras en fase DS fueron registradas en enero, febrero abril, junio, diciembre y principalmente en noviembre. Hembras en DC se identificaron desde marzo hasta agosto, sobre todo en abril y mayo. Hembras en RS y RG fueron registradas a lo largo del año, con un mayor número en octubre y septiembre respectivamente. Machos en DC estuvieron representados desde febrero hasta junio, con mayores valores en marzo; mientras que machos en DS, RS y RG fueron identificados en todo el año. El IM se registró en marzo. Con base a los valores máximos del  $I_G$  y las frecuencias de los organismos en DC, se estableció que el periodo reproductivo de *Haemulon plumieri* abarca de marzo hasta agosto, con un máximo pico reproductivo de marzo a mayo.

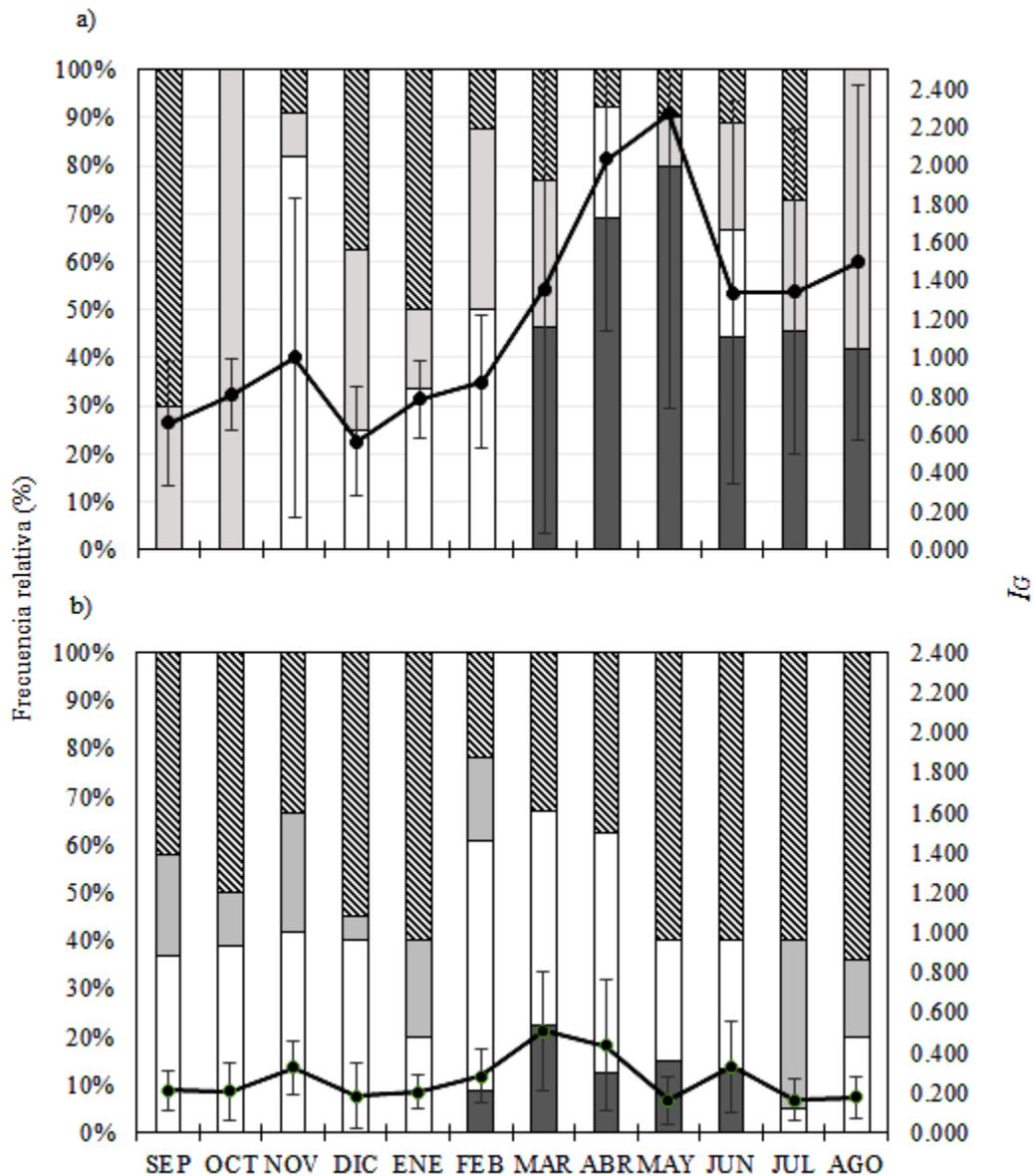


Fig. 5. Variación mensual del Índice gonadosomático ( $I_G$ ) en hembras (a) y machos (b) de *H. plumieri* y frecuencias (%) de las fases de madurez gonadal. Desarrollo  $\square$ , desove capaz  $\blacksquare$ , regresión  $\square$  y regeneración  $\text{▨}$ .

La prueba ANCOVA no mostró diferencias significativas entre las pendientes ( $F=0.44$ ,  $P>0.05$ ) e interceptos ( $F=2.64$ ,  $P>0.05$ ) de ambos sexos, por lo que se obtuvo una sola relación  $L_T-P_E$ , dada por el modelo potencial  $P_E = 0.0383 * L_T^{2.6846}$  ( $R^2 = 0.9069$ ). Los valores promedio de  $K_R$  para machos y hembras mostraron un patrón de variación similar, y no fueron significativamente diferentes ( $t= -1.52$ ,  $P>0.05$ ). Los valores más altos de  $K_R$  en

hembras y machos se encontraron en enero, mayo y noviembre y lo más bajos en abril y junio. La relación entre  $K_R$  y el  $I_G$  resultó no significativa en hembras (Spearman,  $p = -0.0412$ ,  $P > 0.05$ ) ni en machos (Spearman,  $p = -0.0078$ ,  $P > 0.05$ ), a pesar de que en abril los valores altos del  $I_G$  coincidieron con la disminución de  $K_R$ .

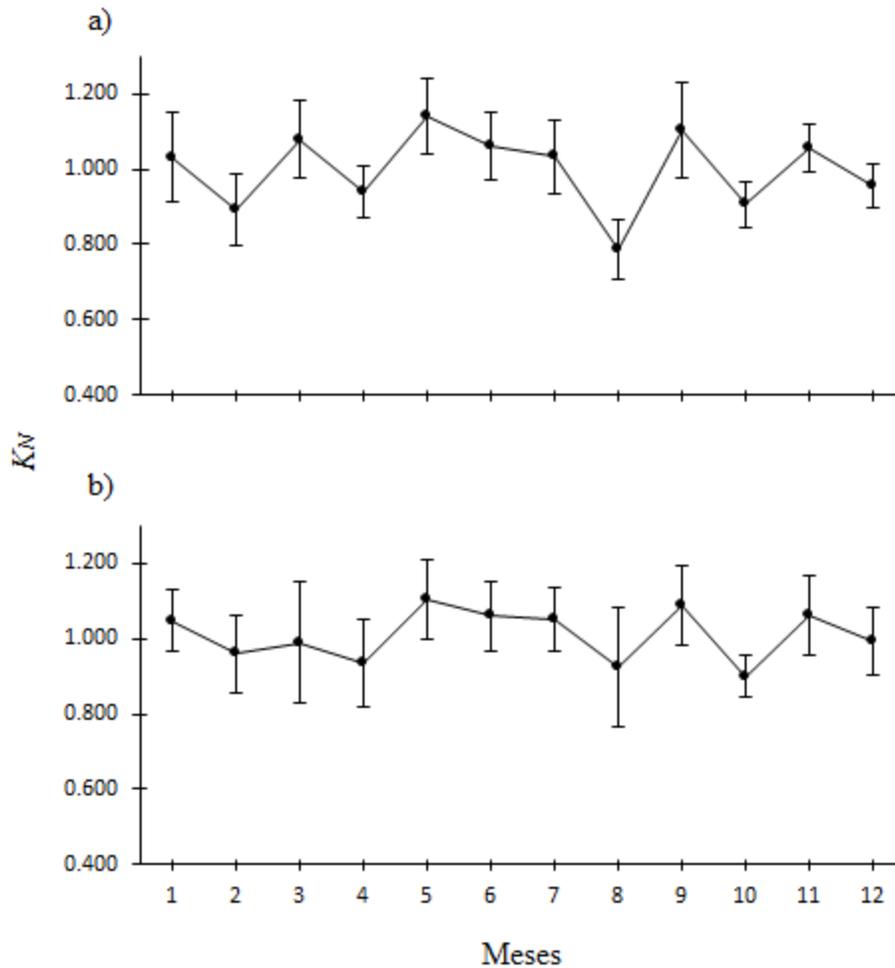


Fig. 6. Variación mensual del Factor de condición relativo en hembras (a) y machos (b) de *H. plumieri*

La fecundidad se determinó a partir de 15 hembras con rangos de  $L_T$  entre 220 a 280 mm y  $P_E$  entre 143 y 309.3 g. La fecundidad parcial ( $F_P$ ) fluctuó entre 10 867 y 38 985 huevos, con un valor promedio de  $24\ 200 \pm 8\ 374$ . El modelo potencial  $F_P = 3.6338 * L_T^{2.7391}$  resultó no significativo ( $P > 0.05$ ), mientras que el modelo  $F_P = 113.64 * P_E^{0.9913}$  fue significativo

( $P > 0.05$ ). Ambas variables mostraron una asociación y/o relación débil con respecto a  $F_P$ , con un coeficiente de determinación de  $r^2 = 0.26$  para  $L_T$  y de  $r^2 = 0.32$  para  $P_E$ .

## DISCUSIÓN

El presente estudio se llevó a cabo con la finalidad de determinar la biología reproductiva de *H. plumieri* en Yucatán, México durante un ciclo anual, enfocado a establecer su periodo y/o época reproductiva, proporción entre sexos, condición fisiológica respecto a la reproducción y la fecundidad. A partir de los resultados derivados de la distribución de las etapas de madurez gonádica, en conjunto con el  $I_G$ , se sugiere que la época reproductiva de *H. plumieri* ocurre de marzo a agosto, con una mayor actividad entre marzo a mayo, y esto es similar a lo reportado por Darcy (1983) en el banco de Campeche, Murie y Parkin (1999) en Florida y Palazón-Fernández (2007) en Venezuela. Souza *et al.* (2008); Shinozaki *et al.*, (2013); Silva (2015) y Hoffman *et al.*, (2017) en Brasil, también reportaron la mayor actividad reproductiva de *H. plumieri* entre marzo y mayo, coincidiendo tanto en el hemisferio norte como el sur, aun cuando difieren las estaciones de cada hemisferio durante los mismos meses (norte-primavera-secas y sur otoño-lluvias), indicando que su reproducción probablemente está relacionada con alguna de las características ambientales constantes y propias de las regiones tropicales, como la temperatura.

A partir de la frecuencia de organismos de *H. plumieri* por clases de  $L_T$ , se determinó que la mayoría de las hembras presentaron tallas más pequeñas (hasta 295 mm), en comparación con los machos quienes alcanzaron mayores tamaños (entre 300 mm hasta 340 mm). Araujo y Martins, (2007), Palazón-Fernández (2007) y Shinozaki *et al.* (2013), también reportan mayores valores de  $L_T$  en machos que en hembras, por lo que sugiere que este es un patrón de tallas característico y propio de la especie. Sin embargo, la mayoría de los organismos presentaron tallas superiores a los 200 mm de  $L_T$ , cuya proporción sexual anual y mensual fue dominada por ejemplares machos, respecto a las hembras, en una proporción 2:1. La proporción sexual del estudio difiere de la reportada para *H. plumieri* en diferentes áreas geográficas del Atlántico, como en Venezuela (Palazón-Fernández, 2007) y Brasil (Araujo y Martins, 2007; Shinozaki *et al.*, 2013; Hoffmann *et al.*, 2017) donde se ha

reportado una relación 1:1. En contraste, Murie y Parkyn (1999) obtuvieron en Florida una proporción sexual sesgada hacia los machos, aunque es importante mencionar que al igual que el presente estudio, los organismos fueron capturados con línea de mano y anzuelo. En peces, la proporción macho: hembra puede variar dentro de la misma especie y de un periodo a otro; aunque en especies gonocóricas, la relación tiende a ser cercana a uno (Nikolsky, 1963). Diferencias en la proporción de sexos, tiende a relacionarse con segregaciones sexuales por preferencias de alimento o diferencias en el hábitat (Wearmouth y Sims, 2008). En el caso de *H. plumieri*, la interpretación de la proporción de sexos puede estar afectada por el esfuerzo pesquero de la pesca independiente durante el muestreo, ya que posiblemente resulta menor en comparación con las capturas artesanales y/o industriales, que ocupan mayor tiempo de pesca y que cuentan con mayores flotas y utilizan varias artes de pesca, favoreciendo la captura de un mayor número de organismos, lo que permitiría reflejar de manera más real la proporción de la población (Salas *et al.*, 2016). La proporción sexual de *H. plumieri* en el presente estudio también podría relacionarse con el tipo de arte de pesca utilizado; ya que, según las artes de pesca, es posible que se capturen más organismos de un sexo que de otro (Nikolsky 1963, Oxenford 1999; Arellano-Martínez *et al.*, 2001; Perera-García, 2008). Sin embargo, en los meses en los que se estableció el periodo reproductivo de *H. plumieri* (marzo a julio), no se observaron diferencias significativas en la proporción de sexos ( $P > 0.05$ ), aun cuando porcentualmente los machos representaron la fracción dominante, indicando que, durante la temporada reproductiva, la población mantiene una proporción sexual equilibrada.

De las cinco fases de desarrollo gonádico, los organismos inmaduros no estuvieron representados, posiblemente por la ubicación de la zona de muestreo y profundidad (de aproximadamente 5 m). También podría deberse por la carnada utilizada y los hábitos alimenticios de *H. plumieri*, ya que, durante las etapas tempranas de su vida, se alimentan principalmente de copépodos e isópodos (Estrada, 1986). Además, Lindeman (1989), Nagelkerken *et al.* (2000) y Bravo (2009), señalan que los juveniles se dirigen a los estuarios y zonas de manglar en busca de refugio, permaneciendo fuera del área de pesca hasta alcanzar cierta talla en la cual se reclutan al stock de adultos. La ausencia de inmaduros en el presente estudio, estaría indicando una posible segregación espacial entre estadios de desarrollo ontogénico.

Durante la revisión de hembras en regresión y regeneración, los folículos post-ovulatorios (FPOS) fueron escasamente observados. De acuerdo con Saborido y Junquera (2004) esto podría estar relacionado con las temperaturas cálidas características de las regiones tropicales que favorecen su acelerada absorción. Así mismo en hembras con desove capaz (DC), la presencia de ovocitos hidratados (OH) fue casi nula. Esto podría deberse a que la hidratación ocurre a pocas horas antes de la ovulación (Wootton, 1990; Brown-Peterson *et al.*, 2011). También se ha reportado en algunos Haemulidos que OH son raramente observados, debido a que los desoves son realizados durante la noche (Gaut y Munro, 1983; Palazón-Fernández, 2007; Trott *et al.*, 2010), lo que probablemente dificultó su observación en las hembras, dado que su captura se realizó durante el día.

Los valores del  $I_G$  en hembras resultaron mucho más altos en comparación con el  $I_G$  en machos, lo que indica que hay una mayor asignación energética en hembras, destinada a la reproducción (Kunz, 2004; Saborido y Junquera, 2004). De igual manera, los promedios de  $I_G$  en hembras permitieron evidenciar el periodo de mayor actividad reproductiva; a diferencia de los machos cuyos valores se mantuvieron constantes durante el ciclo, dificultando distinguir su periodo reproductivo. Esta situación tiende a observarse en la mayoría de los peces teleósteos que presentan desarrollo asincrónico de sus células germinales/sexuales con desoves múltiples como en *Haemulon plumieri* (Brown-Peterson *et al.*, 2001; Angeles y Mendo, 2005), por lo que se recalca en este estudio la importancia de utilizar criterios microscópicos-histológicos que, a pesar de ser costosos y estar sujetos a variaciones terminológicas, generan mayor certeza de las etapas de madurez y estacionalidad, actividad reproductiva y el sexo, en el caso de peces que carecen de dimorfismo y/o dicromatismo sexual.

El  $K_R$  de *H. plumieri* en la costa de Yucatán, evidenció una buena condición para ambos sexos durante gran parte del año. Esto sugiere que llevan a cabo la captación simultánea de energía externa (por ejemplo: del alimento) en el momento próximo a la reproducción (estrategia *income breeding*); lo que permite mantener los niveles de energía constantes en el tejido muscular y la biomasa, sin comprometer las reservas energéticas necesarias para la regulación de los procesos metabólicos, crecimiento y supervivencia (Chong y González, 1995; Rodrigues *et al.*, 2003; Alonso-Fernández y Saborido-Rey, 2011).

La fecundidad parcial estimada en este estudio fluctuó entre 10 867 y 38 985 huevos (promedio de  $24\,200 \pm 8\,374$  huevos) y es mayor a la reportada por Shinozaki *et al.* (2013) de 10 702 y 14 683 (promedio de 13 977 huevos); sin embargo, diferencias entre los valores de fecundidad parcial reportados en dicho estudio podrían atribuirse a los criterios utilizados en su clasificación, ya que dichos autores solamente incluyeron ovocitos hidratados, mientras que en el presente estudio la fecundidad parcial se estableció a partir de hembras con ovocitos vitelogénicos terciarios e hidratados, debido a la poca presencia de ovocitos hidratados posiblemente relacionado con el momento en el que ocurrió el desove y los muestreos (McBride *et al.*, 2002; Cubillos *et al.*, 2011). Se considera importante destacar que los resultados obtenidos en el estudio no podrían contrastarse con investigaciones desarrolladas con *H. plumieri* en otras regiones del Atlántico, como Venezuela (Palazón-Fernández, 2007) y el Banco Abrolhos de Brasil (Hoffman *et al.*, 2017) ya que solamente estiman la fecundidad total y, en especies con fecundidad indeterminada como *H. plumieri* resultaría impreciso y poco confiable determinar la fecundidad total, dada la posibilidad de incorporación de ovocitos previtelogénicos al lote (batch) de los ovocitos más maduros con potencial de ser liberados (Gordo *et al.*, 2008).

En la mayoría de los peces, se ha asociado una mayor fecundidad en relación con la talla y peso, con un mejor ajuste mediante un modelo potencial (Coward y Bromage, 1999; Cubillos *et al.*, 2011). Sin embargo, en el presente estudio, la fecundidad estuvo débilmente asociada con la talla ( $r^2 = 0.26$ ) y el peso ( $r^2 = 0.32$ ), lo que podría sugerir que para esta especie el mejor ajuste entre variables podría ocurrir a partir de otros modelos de regresión como el lineal, que de acuerdo con Hunter *et al.* (1985) y Cerna y Oyarzún (1998) explican mejor la relación entre las variables que en el modelo curvilíneo. Un resultado similar fue reportado para la misma especie por Hoffman *et al.* (2017) en Brasil, al relacionar la fecundidad con el peso y la talla, quienes asumen que factores como la disponibilidad de alimento, variaciones en la temperatura, la edad y el número de desoves pueden afectar la fecundidad. Además, diferencias entre  $F_P-LT$  y  $F_P-PE$ , también se ha reportado en otras especies marinas y de agua dulce, sobre todo en especies tropicales con fecundidad indeterminada (Fitzhugh *et al.*, 2012; Cubillos *et al.* (2011).

Este estudio constituye el primer aporte de información sobre la reproducción de *H. plumieri* en Yucatán y México, que puede ser usado para comparar el comportamiento y potencial reproductivo de esta especie con otros stocks de diferentes regiones y como marco de referencia para futuros trabajos sobre la pesquería de *H. plumieri* en Yucatán.

### **Agradecimientos**

Agradecemos al Departamento de Biología Marina de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) por facilitar el laboratorio y equipos necesarios para realizar la investigación. También a la M. M. Arjona Torres, por el apoyo y asesoría facilitada en la preparación y montaje de las muestras histológicas. También se agradece al D. H. Villegas Hernández, por la asesoría facilitada en el análisis e identificación de los tejidos y datos.

### **Referencias**

- Agostinho, A. A. y Júlio, H. F. (1999). Peixes da bacia do alto rio Paraná. Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais, 374-400.
- Alonso-Fernández, A., y Saborido-Rey, F. (2011). Influencia maternal en la variación del ciclo reproductivo de *Trisopterus luscus* (Gadidae). *Ciencias Marinas* **37**, 619-632.
- Angeles, B., y Mendo, J. (2005). Crecimiento, fecundidad y diferenciación sexual del lenguado *Paralichthys adspersus* (Steindachner) de la costa central del Perú. *Ecología aplicada*, **4**, 105-112.
- Araújo, J. N. y Martins, A. S. (2007). Age, growth and mortality of white grunt (*Haemulon plumieri*) from the central coast of Brazil. *Scientia Marina* **71**, 793-800.
- Arellano-Martínez, M., Rojas-Herrera, A., García-Domínguez, F., Ceballos-Vázquez, B. P. y Villalejo-Fuerte, M. (2001). Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en las costas de Guerrero, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* **36**, 1-8. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572001000100001>

- Awruch, C. A.; Lo Nostro, F. L. Somoza, G. M. y Giácomo, E. D. (2008). Reproductive biology of the angular angel shark *Squatina guggenheim* (Chondrichthyes: Squatinidae) off Patagonia (Argentina, southwestern Atlantic). *Ciencias Marinas*. 34. 17–28.
- Bravo, E., Eslava, N. y González, L. (2009). Crecimiento y mortalidad natural del pez *Haemulon aurolineatum* (Teleostei: Haemulidae) del suroeste de la isla de Margarita, Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 57, 699-706.
- Brown-Peterson, N. J., Wyanski, D. M., Saborido-Rey, F., Macewicz, B. J. y Lowerre-Barbieri, S. K. (2011). A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries* **3**, 52-70. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/19425120.2011.555724>
- Carta Nacional Pesquera (CNP). (2012). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Diario Oficial de la Federación Vol. II. 112 p.
- Cerna, J. F., y Oyarzún, C. (1998). Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial de la merluza común (*Merluccius gayi*, Guichenot 1848) del área de la pesquería industrial de la zona de Talcahuano, Chile. *Investigaciones Marinas* **26**, 31-40.
- Chong, J. y González, P. (1995). Reproductive cycle of the small-eyed flatfish, *Paralichthys microps* (Gunther, 1881) (Pleuronectiformes, Paralichthyidae) off Concepción bay, Chile. *Biología Pesquera* **24**, 39-50.
- Coward, K., y Bromage, N. R. (1999). Spawning periodicity, fecundity and egg size in laboratory-held stocks of a substrate-spawning tilapiine, *Tilapia zillii* (Gervais). *Aquaculture* **171**, 251-267.
- Cubillos, L. A., Alarcón, C., Castillo-Jordán, C., Claramunt, G., Oyarzún, C., y Gacitúa, S. (2011). Cambios espaciales y temporales en la fecundidad parcial de la sardina común y anchoveta frente al centro y sur de Chile (2002-2007). *Ciencias Marinas* **37**, 547-564.
- Cushing, D.H. (1975). *Marine Ecology and Fisheries*. Cambridge University, Gran Bretaña. 278.
- Darcy, G. H. (1983). Synopsis of biological data on the grunts *Haemulon aurolineatum* and *H. plumieri* (Pisces: Haemulidae). United States. National Marine Fisheries Service. NOAA Technical Report NMFS Circular (USA).

- De Vlaming, V., Grossman, G. y Chapman, F. (1982). On the use of the gonosomatic index. *Biochemical Physiology*, 73A, 31-39.
- Domeier, M.L., P.L. Colin, T. Donaldson, W. Heyman, J. Pet, M. Russell, Y. Sadovy, M. Samoilys, A. Smith, B. Yeeting y S. Smith. (2002). Transforming Coral Reef Conservation: Reef Fish Spawning Aggregations Component. Working Group Report. 85 p.
- Estrada, R. M. (1986). Hábitos alimentarios de los peces del género *Haemulon* (Pisces: Haemulidae) de los arrecifes de la región de Santa Marta, Colombia. *Anais Instituto de Investigación Marina*, **15**, 49-66.
- Fitzhugh, G. R., Shertzer, K. W., Kellison, G. T., y Wyanski, D. M. 2012. Review of size-and age-dependence in batch spawning: implications for stock assessment of fish species exhibiting indeterminate fecundity. South Carolina State Documents Depository.
- Froese, R. y Pauly, D. Editors. (2017). FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), ( 03/2017 ).
- García, J. J., Mendes, L. F., Sampaio, C. L. y Lins, J. E. (2010). Biodiversidade marinha da bacia potiguar: ictiofauna. Rio de Janeiro: Museu Nacional. 195 p.
- Gaut, V. C. y Munro, J. L. (1983). The biology, ecology and bionomics of the grunts, Pomadasyidae. In: J.L. Munro (ed.) ICLARM studies and reviews 7. Caribbean Coral Reef Fishery Resources, pp. 110-141. *International Center for Living and Aquatic Resources Management*, Manila, Philippines.
- Gonçalves, P., Costa, A. M. y Murta, A. G. (2009). Estimates of batch fecundity and spawning fraction for the southern stock of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in ICES Division IXa. *ICES Journal of Marine Science* **66**, 617-622. doi: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp066>
- Gordo, L. S., Costa, A., Abaunza, P., Lucio, P., Eltink, A. T. G. W. y Figueiredo, I. (2008). Determinate versus indeterminate fecundity in horse mackerel. *Fisheries Research*, **89**, 181-185. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2007.09.024>
- Hoffmann, G. C. S., Freitas, M. O., Moura, R. L., Previero, M. y Abilhoa, V. (2017). Reproductive biology of *Haemulon plumierii* in the south- western Atlantic Ocean's most extensive reefs:

- implications for fisheries management. *Journal of Fish Biology* **90**, 2111-2124. doi: 10.1111/jfb.13293
- Hunter, J.R., N.C.H. Lo y R. Leong (1985). Batch fecundity in multiple spawning fishes. In: R. Lasker (ed.). An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. *NOAA tech. Rep. NMFS* **36**, 67-77.
- Kunz, Y. W. (2004). Developmental biology of teleost fishes, The Netherlands.
- Le Cren, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal eye in gonad weight and condition in the perch *Perca fluviatilis*. *Animal Ecology* **20**, 201-219.
- Lindeman, K. (1989). Coastal construction, larval settlement, and early juvenile habitat use in grunts, snappers and other coastal fishes of southeast Florida. *Bulletin of Marine Science*, **44**, 1068-1089
- Lindeman, K.C. y Toxey, C. (2002) Haemulidae – Grunts. In: Carpenter, K.E. (Ed), The living marine resources of the Western Central Atlantic. FAO species identification guide for fishery purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5, FAO, Rome, Italy, pp. 1375–2127.
- Martoja, R. y Martoja-Pierson, M. (1970). Técnicas de histología animal, 1st edn. Barcelona: Toray-Mason S.A.
- McBride, R., Stengard, F., y Mahmoudi, B. (2002). Maturation and diel reproductive periodicity of round scad (Carangidae: *Decapterus punctatus*). *Marine Biology* **140**, 713-722. doi: 10.1007/s00227-001-0759-4
- Méndez, F. y Montiel, S. (2007). Diagnóstico preliminar de la flora y fauna silvestre utilizada por la población maya de dos comunidades costeras de Campeche, México. *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo* **23**, 127-139. doi: <http://dx.doi.org/10.19136/era.a23n2.287>
- Mexicano, G., Liceaga, C. M. y Salas, S. (2009). Uso de sistemas de información geográfica en pesquerías: la pesca en Yucatán, al sur del Golfo de México. *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo* **25**, 23-38. doi: <http://dx.doi.org/10.19136/era.a25n1.218>
- Murie, D.J. y D.C. Parkyn. (1999). Age, growth, and sexual maturity of white grunt in the eastern Gulf of Mexico: Part II. Final Report to the Florida Dept. of Environmental Protection

under P.O.# S 3700831415 to the Florida Marine Research Institute, St. Petersburg, FL. 57 pp.

Murie, D. J. y Parkyn, D. C. (2005). Age and growth of white grunt (*Haemulon plumierii*): a comparison of two populations along the west coast of Florida. *Bulletin of Marine Science* **76**, 73–93.

Murphy, M. D., Murie, D. J. y R. G. Muller. (1999). Stock assessment of white grunt from the west coast of Florida. Report from the FMRI, St. Petersburg, to the FFWCC, Tallahassee. 56 p.

Murua, H., Kraus, G., Saborido-Rey, F., Witthames, P. R., Thorsen, A. y Junquera, S. (2003) Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive strategy. *J. Northwest Atl. Fish Science* **33**, 33–54.

Nagelkerken, I., Van der Velde, G., Gorissen, M. W., Meijer, G. J., Van't Hof, T., y Den Hartog, C. (2000). Importance of mangroves, seagrass beds and the shallow coral reef as a nursery for important coral reef fishes, using a visual census technique. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **51**, 31-44. doi: 10.1006/ecss.2000.0617

Nelson, J. S., Grande, T. y Wilson, M. V. H. (2016). *Fishes of the World*, 5th edn. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Neves, A. J. y Silva, M. A. (2007). Age, growth and mortality of white grunt (*Haemulon plumierii*) from the central coast of Brazil. *Scientia Marina* **71**, 793-800. doi: 10.3989/scimar.2007.71n4793

Nikolsky, G. (1963). *The ecology of fishes*. Academic Press, London, 352 pp.

Oxenford, H.A. (1999). Biology of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western central Atlantic: A review. *Science Marine* **63**, 277–301. doi: 10.3989/scimar.1999.63n3-4303

Palazón-Fernández, J. (2007). Reproduction of the white grunt, *Haemulon plumieri* (Lacépede, 1802) (Pisces: Haemulidae) from Margarita Island, Venezuela. *Scientia Marina* **71**, 429-440. <http://dx.doi.org/10.3989/scimar.2007.71n3429>

Padgett, S. M. (1997). Age, growth, and reproductive biology of the white grunt, *Haemulon plumieri*, along the southeast Atlantic Coast of the United States. M.S. Thesis, Univ. Charleston, South Carolina. 61 p.

- Perera-García, M. A., Mendoza-Carranza, M. y Páramo-Delgadillo, S. (2008). Dinámica reproductiva y poblacional del robalo, *Centropomus undecimalis* (Perciformes: Centropomidae), en barra San Pedro, Centla, México. *Universidad y Ciencia* **24**, 49-59.
- Potts, J. C. (2000). Population assessment of two stocks of white grunt, *Haemulon plumieri*, from the southeastern coast of the United States. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-442.
- Potts, J. C. y Manooch, C. S. (2001). Differences in the age and growth of white grunt (*Haemulon plumieri*) from North Carolina and South Carolina compared with southeast Florida. *Bull. Marine Science*. **68**, 1–12.
- Rodrigues, K. A., Macchi, G. J., Massa, A. y Militelli, M. I. (2013). Seasonal analysis of condition, biochemical and bioenergetic indices of females of Brazilian flathead, *Percophis brasiliensis*. *Neotropical Ichthyology*, **11**, 153-162.
- Saborido, F. y Junquera, S. (2004). Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. In: Curso de doctorado. Universidad de Vigo, Vigo, España.
- Salas, S., Mexicano-Cintora, G. y Cabrera, M. A. (2006). ¿Hacia dónde van las pesquerías en Yucatán? Tendencias, Retos y Perspectivas. CINVESTAV Unidad Mérida. Mérida, Yucatán, México.
- Scott DW. 2009. Sturge's rule. *Wires Comp Stat* **1**, 303–306.
- Shinozaki, R. A., Santander, N. J., Silva, J. R. y Hazin, F. H. (2013). Reproductive biology of *Haemulon plumieri* (Teleostei: Haemulidae) in Ceará state, Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* **73**, 391-396. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842013000200020>
- Silva, J. A. y Murphy, M. D. (2001). A summary of the status of white grunt *Haemulon plumierii* from the east coast of Florida. Florida Fish Wildlife Commission, Florida Marine Research Institute.
- Silva, G. H. C. (2015). Ecologia alimentar e reprodução de *Haemulon plumieri* (Lacepède, 1801) (Teleostei-Haemulidae) no Banco dos Abrolhos, Bahia-Brasil.
- Souza, M. M., Hazín, F. H., Vaske, J. T., Rego, M. G. y Soares, M. G. (2008). Biología reproductiva e alimentar da biquara *Haemulon plumieri* (Lacepède, 1801)(Teleostei-Haemulidae) capturada na costa central do estado de Pernambuco, Brasil.

- Trott, T. M., Luckhurst, B. E. y Pitt, J. M. (2010). Occurrence and management of a spawning aggregation of Bluestriped grunt (*Haemulon sciurus*) in Bermuda. *In Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **62**, 260-266.
- Valencia, L., Salas, C. O. y Cendejas, S. V. (2007). Recursos pesqueros de Yucatán. Fichas técnicas y referencias bibliográficas. CINVESTAV Unidad Mérida. Mérida, Yucatán, México.
- Villacorta, C. M. y Saint, P. U. (1999). Structural indexes and sexual maturity of tamabaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Characiformes: Characidae) in Central Amazon, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* **59**, 637-652. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71081999000400013>
- Villegas-Hernández, H., Lloret, J. y Muñoz, M. (2015). Reproduction, condition and abundance of the Mediterranean bluefish (*Pomatomus saltatrix*) in the context of sea warming. *Fisheries Oceanography* **24**, 42-56. doi: 10.1111/fog.12091
- Wearmouth, V. J., y Sims, D. W. (2008). Sexual segregation in marine fish, reptiles, birds and mammals: behaviour patterns, mechanisms and conservation implications. *Advances in Marine Biology* **54**, 107-170. doi: 10.1016/S0065-2881(08)00002-3
- Wootton, R. J. (1990). Ecology of teleost fishes. Ed. Chapman y Hall, London, 404p.
- Zar, J. H. (1999). Bioestatistical analysis. Prentice Hall, Nueva Jersey, EEUU.