



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

7  
2ej.  
2010 011 20251 8703 8112

VARIACIONES EN EL DESARROLLO DE LAS GONADAS Y  
PARAMETROS REPRODUCTIVOS DE *Pseudopterogorgia americana*  
(CNIDARIA: GORGONACEA).

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
B I O L O G O  
P R E S E N T A :  
CARLA GUTIERREZ RODRIGUEZ



MEXICO, D. F.

1994

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

**M. EN C. VIRGINIA ABRIN BATULE**

Jefe de la División de Estudios Profesionales

Facultad de Ciencias

Presente

Los abajo firmantes, comunicamos a Usted, que habiendo revisado el trabajo de Tesis que realiz(ó)ron la pasante(s) Carla Gutiérrez Rodríguez

con número de cuenta 8955235-1 con el Título:

"Variaciones en el desarrollo de las gónadas y parámetros reproductivos de Pseudopterogorgia americana (Cnidaria: Gorgonacea)".

Otorgamos nuestro Voto Aprobatorio y consideramos que a la brevedad deberá presentar su Examen Profesional para obtener el título de Bióloga

GRADO	NOMBRE(S)	APELLIDOS COMPLETOS	FIRMA
M. en C.	Mario	Lara Pérez Soto	<i>[Firma]</i>
Director de Tesis			
M. en C.	María del Pilar	Torres García	<i>[Firma]</i>
Biólogo	Zenón	Cano Santana	<i>[Firma]</i>
M. en C.	Aurora Claudia	Padilla Souza	<i>[Firma]</i>
Suplente			
M. en C.	César Eduardo	Montalvo Arenas	<i>[Firma]</i>
Suplente			

Variaciones en el desarrollo de las gónadas y parámetros reproductivos de *Pseudopterogorgia americana*

---

A mis papás Eloisa y Rogelio

Con todo mi amor y respeto

**Variaciones en el desarrollo de las gónadas y parámetros reproductivos de *Pseudopterogorgia americana***

---

**El presente trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Invertebrados de la Facultad de Ciencias, en la Estación de Investigaciones Puerto Morelos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, y en el Departamento de Biología Celular y Tisular de la Facultad de Medicina; todos pertenecientes a la Universidad Nacional Autónoma de México.**

### AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la M. en C. Ma. del Pilar Torres García y al M. en C. Mario Lara Pérez Soto ya que sin su apoyo este trabajo no hubiera podido realizarse.

A los sinodales que lo revisaron por sus valiosos comentarios: Biólogo Zenón Cano Santana, M. en C. Claudia Padilla Souza y en especial al M. en C. César Montalvo Arenas por su orientación en la interpretación de los cortes histológicos, la toma y ampliación de las fotografías de los mismos.

Así mismo agradezco al Personal de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) la beca que me otorgaron para la elaboración de la tesis.

Al personal de la Estación Puerto Morelos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y al Laboratorio de Invertebrados de la Facultad de Ciencias por las facilidades brindadas. A la Bióloga Georgina Quiroz Rocha por su asesoría en la histología de invertebrados. A las Histotecnólogas María Luisa Rodríguez Méndez, Ma. Isabel Vega García y Ana Socorro Ojeda Ávila del Departamento de Biología Celular y Tisular de la Facultad de Medicina quienes me orientaron y ayudaron en las técnicas histológicas empleadas.

A Margarita Silva Peña y a la Q.B.P. Concepción Rugero Vargas por su apoyo y valiosos comentarios.

Muy en especial al Dr. Jorge González González por su siempre desinteresada ayuda durante mi formación académica.

Por los momentos agradables que pasamos juntos en Puerto Morelos a Claudia Padilla, Javier Pizaña, Luis Mendoza, Oscar Ríos y en particular a Mario Lara por sus valiosas enseñanzas y amistad.

A mis papás por su cariño, apoyo, confianza, enseñanzas, amistad y TODO lo demás que me han dado durante el tiempo que llevamos juntos. Espero que este trabajo junto con mi amor recompense, de alguna forma lo que han hecho por mí. A mi hermana porque sé que me quiere como yo a ella.

Por su amor, comprensión, compañía y valiosa ayuda en la edición de la tesis a Oscar Ríos con quien espero compartir más y mejores momentos.

Finalmente a mis amigos con quienes he pasado muy buenos momentos: Paty, Claudia, Ana, Berenice, Luis, Arturo, Iriana, Sonia, Nacho, Norma, Julio y en forma especial a Mary por su incondicional ayuda en los momentos difíciles.

## CONTENIDO

RESUMEN	iv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	2
ANTECEDENTES	3
2.1 Biología de los gorgonáceos	3
2.1.1 Ubicación taxonómica	3
2.1.2 Morfología de <i>Pseudopterogorgia americana</i>	3
2.1.3 Histología del Pólipo	4
2.1.4 Reproducción en octocorales	6
2.2 Parámetros reproductivos	8
2.2.1 Fecundidad	9
2.2.2 Edad de primera reproducción	9
2.2.3 Proporción sexual	9
2.2.4 Éxito reproductivo	9
3. ÁREA DE ESTUDIO	11
4. MATERIAL Y MÉTODOS	15
4.1 Trabajo de campo	15
4.2 Análisis de laboratorio	15
4.3 Análisis de datos	16
5. RESULTADOS	17
5.1 Variación en el desarrollo de las gónadas	17

**Variaciones en el desarrollo de las gónadas y parámetros reproductivos de *Pseudopterogorgia americana***

---

5.1.1 Ubicación y descripción	17
5.1.1.1 Gónadas femeninas	17
5.1.1.2 Gónadas masculinas	22
5.1.2 Variación de las gónadas dentro de la colonia	22
5.1.3 Variación de las gónadas entre las colonias	28
5.1.3.1 Número de gónadas en colonias femeninas	28
5.1.3.2 Número de gónadas en colonias masculinas	29
5.1.3.3 Tamaño de las gónadas en las colonias femeninas	31
5.1.3.4 Tamaño de las gónadas en las colonias masculinas	33
5.2 Parámetros reproductivos	34
5.2.1 Tamaño de la colonia en la primera reproducción	35
5.2.2 Proporción sexual	35
5.2.3 Proporción de ovocitos maduros	35
5.2.4 Fecundidad	36
6. DISCUSIÓN	38
7. CONCLUSIONES	41
8. LITERATURA CITADA	42
APÉNDICE 1	46
APÉNDICE 2	50

## RESUMEN

El presente trabajo constituye una contribución al conocimiento de la biología reproductiva de *Pseudopterogorgia americana*, gorgonácea abundante en el Caribe Mexicano. Se realizó un seguimiento del desarrollo de las gónadas por un año, a través de la observación de cortes histológicos de ocho colonias, seis del arrecife posterior y dos del arrecife frontal de Puerto Morelos, Quintana Roo.

El coral blando *P. americana* es dioico, y sin dimorfismo sexual. Sus gónadas se desarrollan en los mesenterios laterales de los pólipos. Los folículos están formados básicamente por células foliculares y un ovocito, el cual presenta un núcleo y un pie el cual los une a la pared del pólipo, antes de ser liberados. En el último estadio los ovocitos adquieren la mayor cantidad de su reserva alimenticia. El tiempo que tardan en alcanzar su madurez no pudo determinarse con exactitud. No existe sincronización en el desarrollo de los ovocitos, ni dentro ni entre las colonias. La proporción de ovocitos maduros a lo largo del año es diferente para cada una de las colonias, siendo las de mayor cantidad de tejido las que tienen una fecundidad mayor.

Los sacos espermáticos, rodeados por células endodermales, tienen un pie que los une a la pared del pólipo. Cada estadio presenta un tipo celular diferente. Aparentemente existe sincronización entre las colonias masculinas, las gónadas alcanzan su madurez sexual aproximadamente en seis meses. En octubre se registró la mayor proporción de espermarios.

La fecundación y desarrollo larvario son externos.

## 1. INTRODUCCIÓN

Gran parte del conocimiento de la ecología y de la biología reproductiva de los organismos sésiles marinos, está basada principalmente en estudios realizados con animales de ciclos de vida "sencillos", por ejemplo, mejillones lapas y ostiones. Sin embargo, muchos ambientes marinos, en particular los arrecifes coralinos, están dominados por animales modulares, como los octocorales, los hexacorales y las esponjas, cuyos ciclos de vida son más complejos. Estos organismos tienen la capacidad de separar módulos de un mismo clon a través de reproducción asexual, o bien, por muerte de algunos módulos entre ellos (Jackson y Hughes, 1985).

Los octocorales, gorgonáceos o corales blandos son organismos que pertenecen *phylum* Cnidaria, clase Anthozoa, subclase Alcyonaria. En la región del Caribe son un componente importante de la comunidad arrecifal, ya que son muy abundantes y llegan a dominar el sustrato en muchas plataformas arrecifales (Kinzie, 1982).

Los antozoarios son capaces de reproducirse sexualmente en una gran variedad de formas (Campbell, 1974; Chia, 1976; Fadlallah, 1983 en: Benayahu y Loya, 1986). Sin embargo, a pesar de que los gorgonáceos conforman uno de los principales componentes de los arrecifes coralinos, poco se sabe de su biología reproductiva. En cambio, la reproducción sexual de los escleractinios se ha convertido en un tópico de particular interés para los investigadores, posiblemente por sus diversas estrategias reproductivas (Harrison, 1985; Szmant, 1986).

La mayoría de los gorgonáceos parecen ser gonocóricos (i.e. dioicos) e incubadores de larvas (i.e. con desarrollo larval interno) (Grigg, 1977; Brazeau y Lasker, 1989). La combinación de sexos separados y fertilización interna, o sobre la superficie de las colonias hembras, es una estrategia poco usual en otros antozoarios y es rara para sus similares, los corales escleractinios.

La amplia distribución y gran abundancia de los gorgonáceos en los arrecifes, así como sus poco comunes estrategias reproductivas, sugieren la necesidad de ampliar las investigaciones sobre la biología reproductiva de éste grupo de organismos.

En este sentido, son escasos los estudios sobre la biología reproductiva de los octocorales en las especies del Caribe (Martín, 1980; Brazeau y Lasker 1989), la mayoría de los trabajos se basan en especies del Pacífico, (Benayahu y Loya, 1986; Farrat, 1986; Benayahu, *et al.*, 1988; Babcock, 1990).

Los estudios en torno a los gorgonáceos han consistido, en su mayoría en listados de especies y patrones de zonación. (Jordán *et al.*, 1981; Jordán, 1989; Jordán, 1990; Romero, 1991; Padilla *et al.* 1992), sin considerar la reproducción.

Por ello, este trabajo pretende contribuir al conocimiento de la biología reproductiva de *Pseudopterogorgia americana*, un gorgonáceo de amplia distribución en el Caribe mexicano (Padilla *et al.* 1992).

### **1.1 Objetivos**

- i) Describir el ciclo reproductivo de *Pseudopterogorgia americana*.
- ii) Establecer si existe diferencia en el número y tamaño de las gónadas femeninas dentro y entre las colonias.
- iii) Establecer si existe diferencia en el número y tamaño de las gónadas masculinas entre las colonias.
- iv) Estimar algunos parámetros reproductivos de éste gorgonáceo como son la proporción sexual, el tamaño de primera reproducción, la proporción de ovocitos maduros y la fecundidad.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Biología de los gorgonáceos

#### 2.1.1 Ubicación taxonómica de *Pseudoterogorgia americana*.

**Phylum** Cnidaria  
**Clase** Anthozoa  
**Subclase** Alcyonaria  
**Orden** Gorgonacea  
**Suborden** Scleraxonia  
**Familia** Gorgonidae  
**Género** *Pseudopterogorgia*  
**Especie** *americana*

(Colin, 1988).

#### 2.1.2 Morfología de *Pseudopterogorgia americana*

La especies pertenecientes al género *Pseudopterogorgia* se caracterizan porque sus colonias crecen en forma similar a una pluma, son altas y presentan una ramificación pinada, generalmente en un sólo plano. La especie *P. americana* se distingue, por la gran cantidad de moco que la cubre. Las colonias más grandes están compuestas de numerosas ramas principales con ramificaciones largas y aplanadas, en un arreglo pinado (Cairns, 1977; Colin, 1988; Fig. 1). Su distribución geográfica es muy amplia en el Caribe (Bayer, 1961) y se le encuentra a una profundidad de 1 hasta 45 metros, tanto en arrecifes de parche como en las pendientes de barlovento (Opresko, 1973).

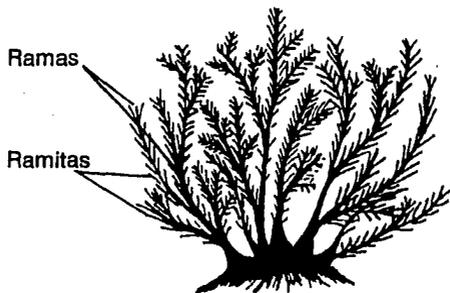


Figura 1. Colonia de *Pseudopterogorgia americana*.

### 2.1.3 Histología del pólipo

Este gorgonáceo, como todos los Cnidarios, es un metazoario con simetría birradial (Fig.2).

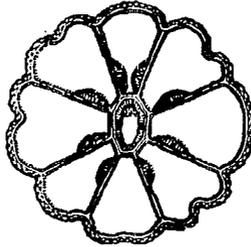


Figura 2. Simetría birradial de un pólipo de octocoral (tomado de Brusca y Brusca, 1990).

Presenta solo dos capas embrionarias: el ectodermo y el endodermo que en el adulto constituyen la epidermis y la gastrodermis respectivamente. La mesoglea o mesénquima derivada del ectodermo, se encuentra entre ambas capas de tejido (Brusca y Brusca, 1990).

El pólipo es una estructura tubular rodeada de epidermis, con un celenterón en su parte interna, revestido por gastrodermis. Entre ésta y la epidermis se encuentra la mesoglea (Brusca y Brusca, 1990). La epidermis está compuesta principalmente por células epitelio-musculares, cnidocistos, células sensoriales y secretoras (Fautin y Mariscal, 1991). La mesoglea es una capa gruesa formada por fibras de colágena, elastina, células mesenquimatosas y granulocitos. Está embebida en una matriz amorfa de una proteína altamente hidratada y con polímeros de polisacáridos (Fautin y Mariscal, 1991). La gastrodermis tiene células fagocíticas, glandulares: enzimáticas y mucosas (Brusca y Brusca, 1990; Fig.3).

El celenterón o cavidad gastrovascular sirve para la digestión, la circulación, y la distribución de los alimentos (Brusca y Brusca, 1990). Se encuentra compartimentalizada por ocho mesenterios y cada espacio intermesenterial está asociado con un tentáculo que tiene ramas pinadas (Fautin y Mariscal, 1991; Fig.4).

Variaciones en el desarrollo de las gónadas y parámetros reproductivos de *Pseudopterogorgia americana*

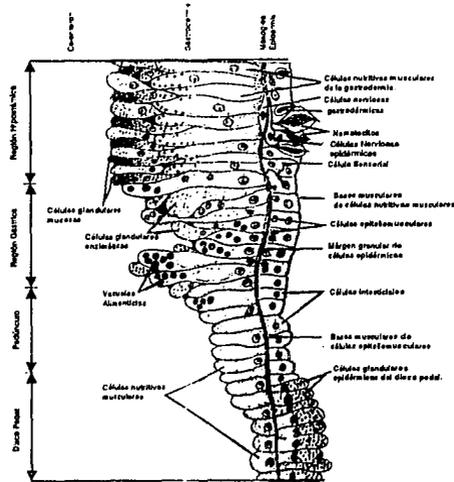


Figura 3. Pared del pólipos de un Cnidario, corte transversal, ilustra las células y tejidos básicos de estos organismos (tomado de Brusca y Brusca, 1990).

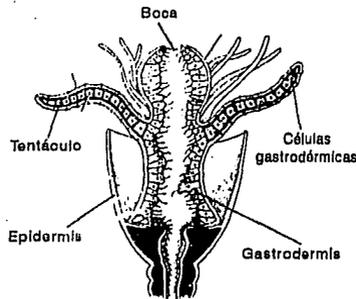


Figura 4. Tentáculos asociados con la boca (tomado de Brusca y Brusca, 1990).

## 2. ANTECEDENTES

En la región aboral se encuentra la boca, conectada a una faringe muscular que se extiende hasta el celenterón. La boca está rodeada por tentáculos con extensiones del celenterón. En el extremo basal se localiza el pie, que presenta músculos retractores (Fautin y Mariscal, 1991; Fig.5).

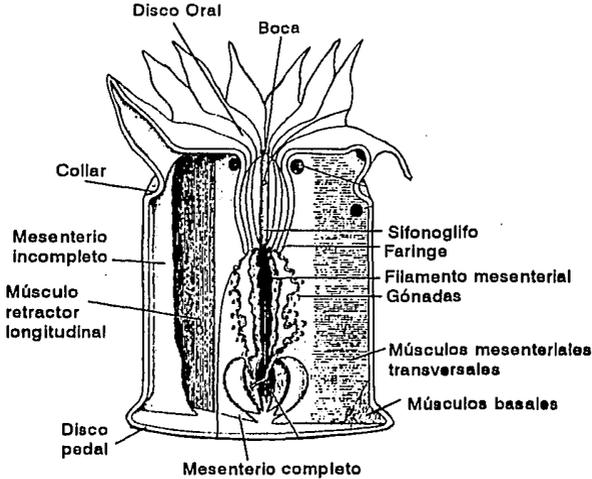


Figura 5. Corte longitudinal de un pólipo de antozoario (tomado de Fautin y Mariscal, 1991).

Los octocorales sintetizan un esqueleto axial, de origen orgánico, dentro del tejido vivo, constituido principalmente por la proteína gorgonina y por espículas de calcita que contienen porciones de magnesio.

### 2.1.4 Reproducción en octocorales

Hasta el momento no se han encontrado especies hermafroditas de octocorales, todos son dioicos y las formas básicas de reproducción son: 1) expulsión de gametos flotantes y fertilización externa; 2) fertilización interna y 3) fertilización externa sobre la colonia. (Alino y Coll, 1989).

*Lobophytum crassum*, de los arrecifes de Okinawa en Japón se reproduce por expulsión de gametos flotantes (Uehara, *et al.*, 1981). También éste tipo de reproducción lo tienen varias especies de *Lobophytum* de la Gran Barrera Australiana (Bowden, *et al.*, 1985), *Sarcopyton glaucum* del Mar Rojo (Benayahu y Loya, 1986) y la especie de mares templados *Alcyonium digitatum* (Hartnoll, 1975).

Algunas especies de octocorales de la Gran Barrera Arrecifal Australiana, son gonocóricas (Alino y Coll, 1989). Dieciséis de estas, en su mayoría pertenecientes a la familia Alcyoniidae

(géneros *Cladiella*, *Lobophytum*, *Sarcophyton* y *Simularia*) expulsan los gametos. Esto sucede de dos a cinco noches después de la luna llena, entre octubre y diciembre, y coincide con la liberación de gametos de los corales escleractinios.

Se ha observado fecundación sobre la superficie de las colonias en *Parerythropodium fulvum fulvum* (Benayahu y Loya, 1983), y *Clavularia crassa* del Mediterráneo (Weinberg, 1978), y en *Eflatounaria* sp. (Dinesen, 1985) y *Capnella gaboensis* (Farrat, 1986) de Australia.

El coral azul, *Heliopora coerulea*, que habita en el Indopacífico, tiene un período lunar o semilunar. Su desarrollo larvario se lleva a cabo dentro de la colonia y se inicia en luna nueva o en luna llena (Babcock, 1990).

El desarrollo de la larva del alcioniario *Parerythropodium fulvum fulvum* es dentro del pólipa (Benayahu y Loya, 1983) y la especie de mares templados *Alcyonium hibernicum* presenta partenogénesis interna del desarrollo de la plánula (Hartnoll, 1975).

Se ha reportado para algunos gorgonáceos que el desarrollo y la liberación de los gametos al mar es sincrónico, por ejemplo en *Sarcophyton glaucum* se lleva a cabo durante una sola noche (Benayahu y Loya, 1986) y en la especie del Mar Caribe *Plexaura A* es en un período de 4 a 7 días después de la luna llena de mayo, junio y julio (Brazeau y Lasker, 1989) Sin embargo Farrat en 1986 encontró que en *Capnella gaboensis* no existe tal sincronización, ni siquiera dentro de una misma colonia.

El ciclo de desarrollo gonadal de la mayoría de los octocorales del Hemisferio Sur es anual. Tal es el caso de *Capnella gaboensis*, cuyos gametos se desarrollan durante los meses cálidos para ser expulsados a finales del otoño y principios del invierno (Farrat, 1986). En *Heliopora coerulea* ocurre algo similar, la etapa más temprana de los ovocitos es a finales de enero y principios de febrero. Conforme la temperatura del agua aumenta los ovocitos crecen, en junio incrementan su tamaño al doble. Son expulsados a finales de diciembre y principios de enero. Los espermiarios aparecen en abril y muestran poco desarrollo hasta octubre, mes en el cual crecen en forma acelerada hasta el momento de ser liberados (Babcock, 1990).

Son pocos los estudios de este tipo que se han hecho en octocorales del Hemisferio Norte, en *Plexaura A*, se encontraron ovocitos durante todo el año. Su ciclo de desarrollo es multi-anual (Brazeau y Lasker, 1989). Los estadios tempranos aparecen en la base de los pólipos cada noviembre. A partir de éste mes, el volumen de ovocitos por pólipo empieza a incrementarse, hasta alcanzar su máximo a principios de mayo. Después su volumen decrece en el verano, que es cuando los ovocitos maduros son expulsados. No se encontraron colonias machos (Brazeau y Lasker, 1989).

Las características de los gametos y gónadas varían en los diferentes gorgonáceos, pero de acuerdo con lo descrito por Benayahu *et al.* (1988) y Farrat (1986) en general presentan las siguientes: i) las gónadas o los gametos empiezan a desarrollarse en los mesenterios laterales y/o ventrales de los pólipos; ii) en un principio los ovarios y testículos no están diferenciados. Ambos están constituidos por racimos de células endodérmicas adheridas por un pie al mesenterio del

pólipo. Conforme las gónadas crecen, empiezan a ocupar toda la cavidad del mismo; iii) en las hembras, cada ovocito está rodeado por una fina capa de mesoglea y ésta a su vez por una capa de células foliculares endodermales; iv) el núcleo con su nucléolo se encuentran en la periferia del ovocito; v) cada saco espermático tiene una cubierta de endodermo y contiene una densa masa de esperma; vi) cada espermiario tiene gametos en diferente estadio de desarrollo, primero son espermátocitos, luego espermátidas y finalmente espermatozoides con cabezas cónicas que se distribuyen en hileras radiales en los espermiarios; vii) en los últimos estadios de desarrollo tanto los ovocitos como los espermiarios se desprenden de la pared del pólipo para migrar a la boca.

El tamaño varía dependiendo de la especie, por ejemplo en *Heliopora coerulea* los ovocitos tienen un diámetro que va de 90  $\mu\text{m}$  en los jóvenes hasta 920  $\mu\text{m}$  en los maduros; los espermiarios son mucho más pequeños, al principio miden 100  $\mu\text{m}$  y conforme crecen alcanzan las 350  $\mu\text{m}$  (Babcock, 1990). En *Capnella gaboensis* los ovocitos inmaduros miden 20  $\mu\text{m}$  y los que ya han completado su desarrollo 520  $\mu\text{m}$ ; el tamaño de los espermiarios en un principio es de 180  $\mu\text{m}$  para finalmente llegar a las 400  $\mu\text{m}$  (Farrat, 1986). En *Sarcophyton glaucum*, el diámetro de los ovocitos inmaduros es de 80  $\mu\text{m}$ , al completar su desarrollo alcanzan de 500 a 650  $\mu\text{m}$ ; los espermiarios jóvenes miden 80  $\mu\text{m}$ , llegando a las 400 antes de ser expulsados (Benayahu y Loya, 1986). Finalmente los ovocitos del coral blando *Lobophytum crassum*, son grandes, miden 500  $\mu\text{m}$ ; no se tiene información sobre sus espermiarios (Uehara *et al.*, 1987).

En cuanto al número de gametos por pólipo, los reportes son escasos. La cantidad de estos varía dependiendo del tamaño de la cavidad del pólipo (Benayahu y Loya, 1986). En las colonias grandes de *Sarcophyton glaucum*, la cavidad puede rebasar los 10 cm y llegar a los 25 cm, encontrándose de 23 a 25 ovocitos o de 50 a 70 sacos espermáticos por cm (Benayahu y Loya 1986). En las colonias de *Capnella gaboensis* el número de espermiarios por pólipo es mucho mayor que el de ovocitos. Los ovocitos y espermiarios encontrados como máximo por pólipo es de 14 y 55 respectivamente (Farrat, 1986).

El estudio de la biología reproductiva en especies de octocorales en las que los pólipos son muy pequeños es necesario el empleo de técnicas histológicas (Farrat, 1986; Benayahu *et al.*, 1988; Brazeau y Lasker, 1989; Babcock, 1990).

## 2.2 Parámetros reproductivos

La historia de vida de una especie es descrita como una secuencia de estados de desarrollo desde el nacimiento hasta la muerte, y por los procesos vitales asociados como son crecimiento, reproducción y mortalidad. Los organismos pasan varias etapas de su vida en fase de crecimiento y diferenciación antes de reproducirse. La reproducción puede ocurrir una o varias veces durante su vida y puede coincidir con el término de su crecimiento, o bien, hay individuos que pueden continuarlo durante su vida reproductiva (Beagon *et al.*, 1990). La reproducción, entonces es un componente importante de la historia de vida de los organismos. Para realizar estudios sobre reproducción de los organismos es necesario tomar en cuenta diversos parámetros, tales como fecundidad, tamaño de primera reproducción, proporción sexual y éxito reproductivo.

### 2.2.1 Fecundidad

La fecundidad es el número de huevos, de semillas o de crías, producida por un individuo. Se puede estimar como el promedio del número total de huevos producidos por un individuo sobreviviente de edad  $X$  ( $m_x$ ) o bien como el número de descendientes producidos por una hembra de una determinada edad (Beagon *et al.*, 1990). Estudios recientes han demostrado que la fecundidad de los corales, está más relacionada con el tamaño de las colonias, que con la edad de los organismos (Hughes, 1984). La fecundidad de una colonia de coral es el producto del número de pólipos (área de tejido vivo) y de la fecundidad de cada pólipo (Babcock, 1991), de modo que los organismos grandes son más fecundos (Hughes, 1984).

### 2.2.2 Edad de primera reproducción

La edad de la primera reproducción es aquella a la cual los organismos son sexualmente maduros; es decir, producen gametos para comenzar su reproducción. Los individuos que se reproducen a una edad temprana, tienen más probabilidad de que su descendencia se reproduzca con respecto a aquellos que lo hacen a una edad avanzada. Una hembra que se reproduce más temprano que otra, tiene un valor reproductivo mayor (Futuyma y Montgomery, 1983). Con base en el tamaño de la colonia, se puede conocer el estado reproductivo de los gorgonáceos, así como la edad de primera reproducción (Brazeau y Lasker, 1989). El tamaño de primera reproducción es variable entre los celenterados, tales como los alcionarios (Benayahu y Loya, 1986) y escleractinios (Szmant, 1986). Por ello, es de suponerse que entre los gorgonáceos puede haber una gran variabilidad en la talla en que ocurre la primera reproducción. Cabe resaltar que en organismos con crecimiento arborescente como *Plexaura A*, la altura de la colonia funciona como medida de aproximación del tamaño de toda la colonia. Así, en colonias con alturas similares puede variar el número de ramas, y por lo tanto, la biomasa total (Brazeau y Lasker, 1989).

### 2.2.3 Proporción sexual

La proporción sexual es el cociente entre el número de hembras y machos de una población. En la mayoría de los estudios sobre reproducción de gorgonáceos, se ha reportado una proporción sexual de 1 (Benayahu y Loya, 1986; Babcock, 1990). Brazeau y Lasker (1989) no encontraron machos entre 265 colonias de *Plexaura A* monitoreadas durante dos años, aunque hasta el momento no se ha reportado ninguna especie hermafrodita.

### 2.2.4 Éxito reproductivo

El éxito reproductivo es el número de descendientes producidos por un individuo (Futuyma, 1983). En la mayoría de los invertebrados marinos sésiles, éste se determina indirectamente con el conteo de los huevos presentes, asumiendo que todos producirán una descendencia viable (Brazeau y Lasker, 1992). Pocos datos de éxito reproductivo se han obtenido en el campo; sin embargo, Brazeau y Lasker (1992), estudiaron dicho parámetro en el octocoral *Briararum asbestinum*, midiendo las densidades de embriones en cuarenta hembras de dos arrecifes. Encontraron que el porcentaje de

---

las colonias hembras con huevos maduros que subsecuentemente expulsaron los embriones fue bajo, con un rango entre 46.6% en 1986 y de 5.0% en 1988. El éxito reproductivo en ambos arrecifes fue significativamente diferente.

### 3. ÁREA DE ESTUDIO

El estado de Quintana Roo se localiza en la parte noreste de la península de Yucatán, en la República Mexicana, tiene aproximadamente 400 Km de litoral marino (Loreto, 1991).

La región del Mar Caribe mexicano se considera, desde el punto de vista geológico, como parte de la plataforma continental de la Península de Yucatán (Gómez-Pedrozo, 1987; Wells, 1988), la cual es estrecha en la región caribeña y prácticamente desaparece al sur de Puerto Morelos (López-Ramos, 1974).

En el Caribe Mexicano se encuentra una formación arrecifal de tipo bordeante con canal, según la clasificación de Guilcher (1988). La barrera arrecifal de Quintana Roo es discontinua, su longitud aproximada es de 350 Km y abarca desde Punta Nizuc en el norte hasta Xcalak en el Sur (Otero, 1988).

Este trabajo se realizó en el arrecife de Puerto Morelos, localizado en la parte norte del estado de Quintana Roo, entre los  $20^{\circ} 48'$  y  $20^{\circ} 52'$  de latitud norte y los  $86^{\circ} 54'$  de longitud oeste, cubriendo una extensión de aproximadamente 6 Km (Jordán, 1980; Fig.6).

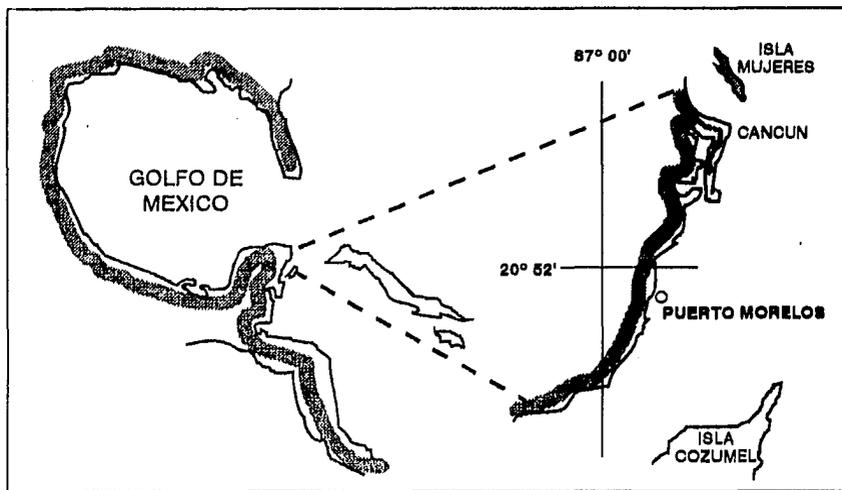


Figura 6. Área de estudio, frente a la estación de investigaciones Puerto Morelos, Quintana Roo, en el Caribe Mexicano (tomado de Romero, 1991).

El clima de la región, según la clasificación de Köppen modificada por García (1973), es cálido subhúmedo entre Aw1 y Aw2, con precipitación pluvial máxima en los meses de verano. Los únicos aportes de agua dulce en el área, son lagunas y cenotes, localizados principalmente en el centro y sur del estado (García, 1973).

En el Caribe hay tres estaciones dominantes a lo largo del año: nortes, secas y lluvias. La primera es de octubre a febrero, la segunda de marzo a junio y la última de julio a septiembre (Merino y Otero, 1991).

Los vientos dominantes durante el año provienen del este y sureste, aunque entre noviembre y febrero es común el efecto de los "nortes" (vientos fríos provenientes del norte) (Merino y Otero, 1991).

La temperatura media mensual del agua varía entre 25.6 °C en enero (20.3 °C en caso de nortes), hasta 29.1 °C en agosto. La temperatura media anual es de 27.5 °C (Merino y Otero, 1991).

Las mareas son mixtas y de poca amplitud, la corriente superficial se desplaza de sur a norte (Secretaría de Marina, 1979).

El arrecife bordeante de Puerto Morelos presenta una zonación similar al patrón típico de la región caribeña (Padilla *et al.*, 1992), el cual consta de tres zonas estructurales, de la línea de costa hacia mar abierto; en lo que se considera el eje morfológico:

1. Laguna Arrecifal, se forma sobre el canal.
2. Cresta Arrecifal, es la parte más somera del arrecife.
3. Arrecife frontal, es la parte más profunda, se forma en el barlovento.

Dentro de estas zonas se reconocen varias subzonas. En la laguna arrecifal hay un área de "bajos" (conjunto de "cabezos" o crecimientos masivos de escleractinios) que colindan con el arrecife posterior y se le nombró como posterior-laguna. En la cresta arrecifal se reconocen dos subzonas, la rompiente arrecifal y la transición hacia el barlovento. Finalmente en el arrecife frontal se encuentran el frontal interior, el frontal exterior, el frontal profundo y el cantil.

Los sitios de muestreo se establecieron en el arrecife posterior de la cresta arrecifal y en el frontal interior del arrecife frontal (Fig.7).

Variaciones en el desarrollo de las gónadas y parámetros reproductivos de *Pseudopterogorgia americana*

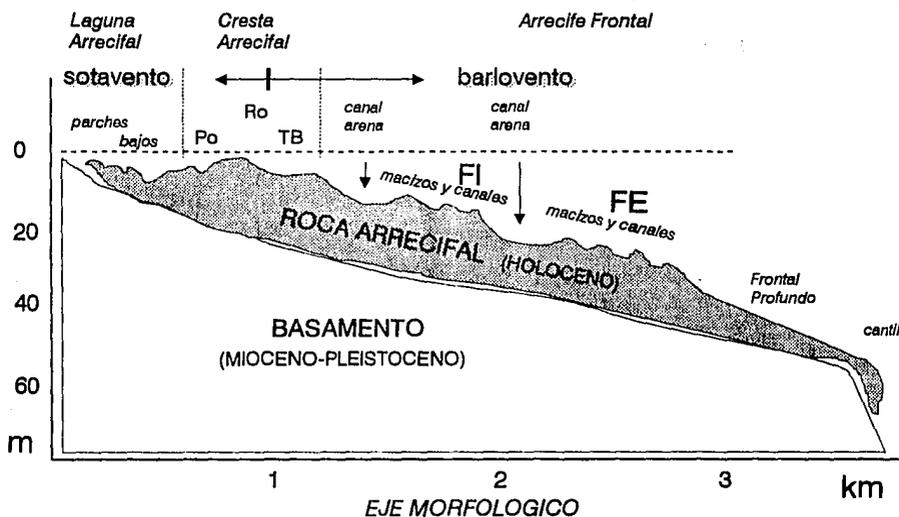


Figura 7. Modelo de zonación del arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo, se señalan las zonas y subzonas según se indica en el texto Po= posterior-laguna, Ro= rompiente arrecifal, TB= transición hacia el barlovento, FI= frontal interior, FE= frontal exterior (tomado de Lara *et al.*, manuscrito no publicado).

La cresta arrecifal es una zona con gran energía de oleaje y mucha turbulencia. En esta área la losa calcárea presenta su menor profundidad e incluso algunas áreas son expuestas con la bajamar (Lara *et al.*, manuscrito no publicado).

El arrecife posterior es la subzona de la cresta arrecifal más variable en extensión y fisiografía. Está sometida a la menor energía del oleaje en la cresta arrecifal. Tiene una profundidad promedio de 1.5 m y su extensión nunca es mayor 300 m. El sustrato está formado por arena gruesa, pedacería de coral, y crecimientos ramificados de *Acropora palmata* y *Porites porties*, o los formados por láminas verticales de *Agaricia tenuifolia* y *Agaricia agaricites* o planos masivos como los de *Montastrea annularis* y *Diploria clivosa*. Estos crecimientos pueden presentar tejido vivo o simplemente son exoesqueletos en pie, algunas veces cubiertos por algas de varios tipos y/o por esponjas incrustantes como *Cliona langae*. También hay una gran cantidad de gorgonáceos y poco pasto marino (Lara *et al.*, manuscrito no publicado).

La profundidad de los canales que comunican a la zona protegida del arrecife con el mar abierto, "bocana", es de 6 metros (Espejel-Montes, 1983)

### 3. AREA DE ESTUDIO

El arrecife frontal es continuo a lo largo de toda el area arrecifal del estado de Quintana Roo. En algunas zonas se observan crecimientos espectaculares debido a la acumulación masiva de esqueletos coralinos y coberturas elevadas de tejido vivo de escleractinios. La característica más importante de esta zona en el centro de Quintana Roo, es la presencia de un sistema de macizos y canales, que son elevaciones de losa calcárea ("macizos") que dejan espacios entre ellos donde se depositan sedimentos más finos ("canales"). Este sistema forma de dos a tres franjas paralelas a la costa (Goreau y Goreau, 1973).

El arrecife frontal interior es la subzona más heterogénea del frontal. Presenta pendientes entre los 15 y 20° y se desarrolla entre los 7 y 27 m de profundidad. En el centro de Quintana Roo destacan en esta subzona los crecimientos masivos de *Acropora palmata* y *Agaricia tenuifolia*, generalmente sobre grandes "cabezos" de *M. annularis* (Lara, *et al.*, manuscrito no publicado). En otros lugares como Puerto Morelos el arrecife frontal interior, quedó prácticamente sepultado por arena después del huracán "Gilberto" ocurrido en 1988, por lo que no hay un sistema de macizos y canales bien desarrollado, pero sí una gran abundancia de pequeñas colonias de gorgonáceos y escleractinios (Lara, *com. pers.*).

#### 4. MATERIAL Y MÉTODOS

##### 4.1 Trabajo de campo

Con base en diversas prospecciones realizadas en el arrecife de Puerto Morelos, se establecieron dos estaciones de muestreo: una en el arrecife posterior y otra, en el frontal. Se marcaron ocho colonias de *Pseudopterogorgia americana* con placas de aluminio numeradas, dos en el arrecife frontal (626 y 627) y seis en el posterior (620,621,622,623,624 y 625). Se realizaron colectas mensuales, durante un año, de febrero de 1993 a febrero de 1994, las cuales consistieron en cortar al azar, una ramita de cada una de las colonias marcadas en ambas regiones del arrecife. De febrero a julio de 1993 se realizaron cortes de ramitas de la parte superior, media e inferior de tres de las colonias del arrecife posterior.

La altura de las colonias se estimó a partir de la cantidad de tejido vivo, que es la suma de la longitud total de tejido de cada una de sus ramas.

En el arrecife frontal se colocó un termómetro de registro continuo, para así conocer la temperatura del agua a lo largo del año.

##### 4.2 Análisis de laboratorio

Cada ramita colectada fue anestesiada con una solución saturada de nicotina, para lograr la mayor exposición de sus pólipos. Se contó el número de pólipos por cm de cada ramita.

De cada colecta mensual se desprendieron los siguientes datos: características, medida y número de gametos de cada pólipo. Esto se obtuvo sometiendo a procesamiento histológico un centímetro de las ramitas colectadas. Las técnicas de tinción utilizadas fueron: Hematoxilina-Eosina, Tricrómica de Masson, Acido Periódico Schiff (PAS) y Sudán III (Apéndice 1 y 2). De cada centímetro cortado, se obtuvieron 45 cortes seriados.

Para saber si existían variaciones en el tamaño y en el número de los ovocitos dentro de las colonias, se contaron y se midieron los encontrados en los pólipos de tres niveles (superior, medio e inferior) de tres de colonias, en el periodo comprendido entre febrero y julio de 1993.

Las estimaciones de los parámetros reproductivos se hicieron a partir de la información obtenida de las preparaciones histológicas. Los conteos y medidas de los ovocitos sirvieron para conocer la fecundidad por mes y año de las colonias; mientras que mediante los datos de ausencia/presencia de gametos, se pudo obtener la proporción sexual y el tamaño de la primera reproducción del gorgonáceo.

### 4.3 Análisis de datos

Se hicieron correlaciones lineales para determinar si existía relación entre el tamaño del ovocito y el tamaño de su núcleo y de sus células foliculares, así como entre el tamaño del saco espermático y el de las células endodermales que lo rodean, en los diferentes estadios de desarrollo.

Se hicieron análisis de varianza (ANDEVA): de una vía y multifactoriales. Ambos se estimaron con la prueba de rangos de mínima diferencia significativa (MDS) con un intervalo de confianza al 95%. Se tomaron como variables de respuesta el número y tamaño de los ovocitos y de los espermiarios; y como factores de varianza las colonias, los niveles de las ramas, los meses y las estaciones del año.

Finalmente para hacer las estimaciones de fecundidad se hicieron los siguientes cálculos: número de ovocitos por pólipo, número de pólipos por longitud de tejido y número de ovocitos maduros por mes y por año.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Variación en el desarrollo de las gónadas

#### 5.1.1 Ubicación y descripción

Se encontraron colonias femeninas y masculinas del gorgonáceo *Pseudopteroqorgia americana*.

**5.1.1.1 Gónadas femeninas.** Las gónadas femeninas estaban representadas por folículos que se desarrollaban en la región lateral de los mesenterios de las cavidades de los pólipos, hasta ocuparlas en su totalidad. Se encontraron tres estadios de desarrollo en los gametos femeninos, los cuales se designaron como A, B, y C.

Las células germinales primordiales, encontradas en la mesoglea de los pólipos, evaginaban la pared de éste arrastrando con ellas mesoglea y células endodérmicas, para así formar ovocitos en estadio A (Fig.8).

Los ovocitos en estadio A tenían las siguientes características: i) tamaño de 8.8 a 100  $\mu\text{m}$ ; ii) un pedicelo que las unía a la pared del pólipo; iii) núcleo periférico que crecía guardando una relación de 1:2 con respecto al citoplasma que apenas empezaba a acumularse (Fig.9); iv) citoplasma basófilo; v) se encontraban rodeados por una cubierta fina de mesoglea (PAS positiva) y por una capa de células foliculares, la cual creció en la misma proporción que el ovocito (Figs.10 y 11). En ocasiones se encontraron cúmulos de folículos en estadio A, constituidos por una capa de endodermo que rodeaba al conjunto de ovocitos y por un pie que los une a la pared del pólipo (Fig.12).

En los estadios B y C los ovocitos tenían pie, núcleo periférico y presentaban puntos de cromatina sin un arreglo especial. El citoplasma variaba en su constitución dependiendo del diámetro de los ovocitos, en los del estadio B, que midieron de 100 a 200  $\mu\text{m}$ , era basófilo, mientras que en el estadio C, en el cual los ovocitos midieron más de 200  $\mu\text{m}$ , el citoplasma se volvió acidófilo, vacuolado, con lípidos y proteínas (Fig.13). La relación del aumento entre el núcleo y el citoplasma en el estadio B fue de 1:3, mientras que en el C fue de 1:4, cesando el aumento del volumen del núcleo en este último estadio (Fig.9). Por otro lado, en el estadio B se observó un incremento en el tamaño de las células foliculares, con una relación 1:3 con respecto al ovocito (Fig.10).

En ocasiones, se observó que los folículos maduros incorporaban en su cubierta de células foliculares ovocitos inmaduros, mucho más pequeños que ellos (Fig.14).

No se encontraron larvas dentro de los pólipos de las colonias.

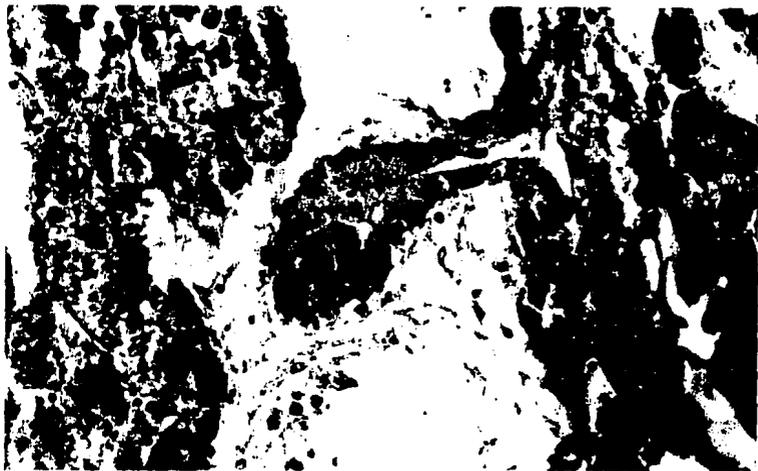


Figura 8. Evaginación de la pared del pólipo por la células germinales primordiales.

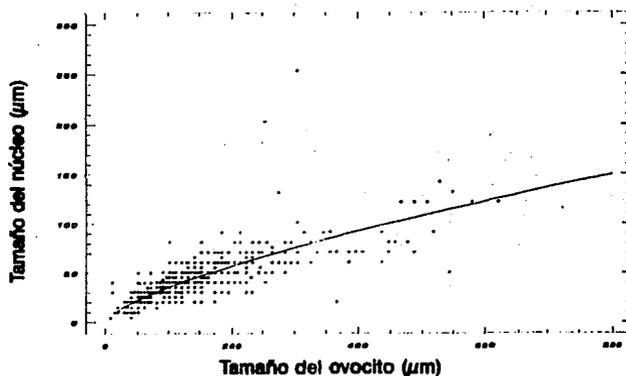


Figura 9. Relación entre la talla de los ovocitos ( $\mu\text{m}$ ) y el tamaño de su núcleo ( $X$ ) ( $\mu\text{m}$ ) en colonias de *Pseudopterogorgia americana*.  $y=0.3663X^{0.6945}$ ; ( $r^2=0.736$ ; e.e. ordenada: 0.0526; e.e. pendiente: 0.0115).

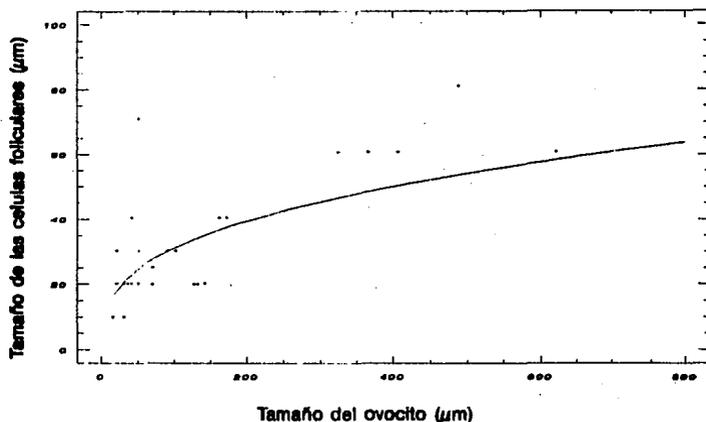


Figura 10. Relación entre la talla de los ovocitos ( $\mu\text{m}$ ) y el tamaño de sus células foliculares ( $W$ ) ( $\mu\text{m}$ ), en colonias de *Pseudopterogorgia americana*.  $y=1.8569W^{0.3437}$ ; ( $r^2=0.458$ ; e.e. ordenada: 0.3088; e.e. pendiente: 0.0694).



Figura 11. Ovocito en estadio A, con pedicelo, núcleo periférico, citoplasma basófilo, cubierta fina de mesoglea, y células foliculares.

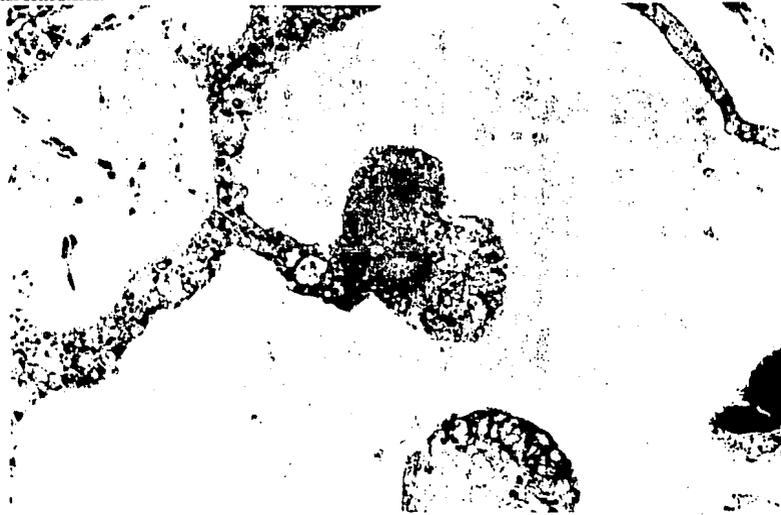


Figura 12. Cumulo de folículos en estadio A, se puede apreciar la capa de endodermo rodeando al conjunto de ovocitos y el pie que los une a la pared del pólip.

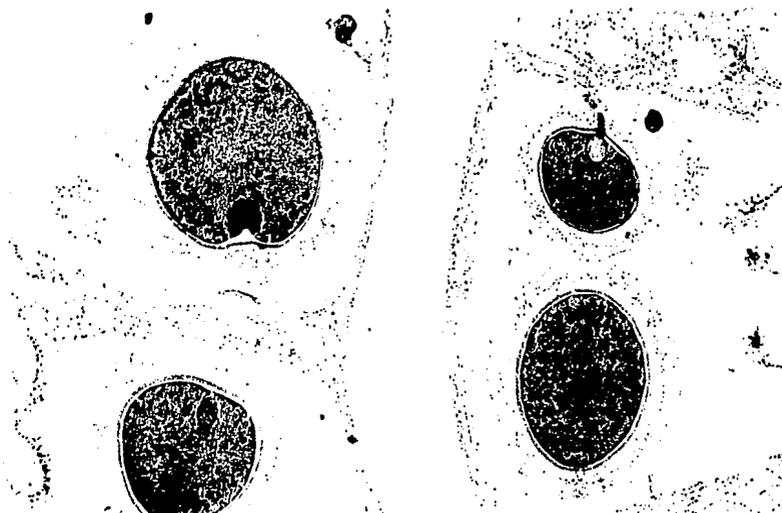


Figura 13. Los más pequeños son vocitos en estadio B, su citoplasma es basófilo, mientras que los más grandes se encuentran en estadio C, su citoplasma es acidófilo, vacuolado con lípidos y proteínas.



Figura 14. Folículo incorporando a uno más pequeño en sus células foliculares.

5.1.1.2 **Gónadas masculinas.** Las gónadas masculinas, llamadas espermiarios (Farrat, 1986) o sacos espermáticos (Benayahu, *et al.* 1988) se desarrollaban en la región lateral de los mesenterios de las cavidades de los pólipos. Los espermiarios se encontraban rodeados por una cubierta de células endodermales y cada uno de ellos tenía gametos masculinos en diferente estadio de desarrollo, no se encontraron dos o más estadios en un mismo saco espermático, pero sí espermiarios en diferentes estadios en un mismo pólipo (Fig.15).

Las etapas de espermatogénesis de las células en el espermiario, sirvieron para determinar cada uno de los estadios de desarrollo. El estadio A se formaba a partir de las células germinales primordiales, las cuales se encontraban en la mesoglea, evaginaban la pared del pólipo, arrastrando consigo parte de ésta y células del endodermo. Este estadio estaba constituido por espermatogonias, que eran células pequeñas formadas principalmente por núcleo, ya que casi no tenían citoplasma. El saco espermático presentaba un pie que lo unía a la pared del pólipo y medía entre 10.1 y 325  $\mu\text{m}$  (Fig.16).

El estadio B eran las espermátidas; con núcleo grande, redondo y excéntrico, rodeado por poco citoplasma. Presentaban flagelo en crecimiento, orientado hacia la luz del saco, el cual tenía pie. Medían entre 20.3 y 386  $\mu\text{m}$ . La distribución de las espermatogonias y las espermátidas en su respectivo saco espermático, era en forma radial y la luz del mismo era menor en el estadio A que en el B (Fig.17).

El estadio C estaba formado por espermatozoides, células ovaladas, con un núcleo teñido intensamente y un flagelo bien desarrollado. Los espermatozoides se distribuían por todo el espermiario, el cual también presentaba un pie. Medían entre 152.4 y 406.4  $\mu\text{m}$  (Fig.18).

### 5.1.2 Variación de las gónadas dentro de la colonia

La información que se presenta se generó a partir de los cortes histológicos de los niveles de las ramas superiores, medias e inferiores de tres colonias de la parte protegida del arrecife, durante cuatro meses.

Se encontró que existían diferencias significativas en el número de ovocitos entre los niveles de altura en que se encontraban los pólipos en las ramas, entre meses y entre colonias (Tabla 1). Los niveles superior y medio presentaron un mayor número de ovocitos con respecto al inferior, llegando a tener de 2 a 3 ovocitos en diferente estadio (Fig.19).

Al considerar el tamaño del ovocito como variable de respuesta y al nivel de la muestra en la colonia como factor de varianza, no se observaron diferencias significativas, lo cual indicó que se podían encontrar ovocitos en cualquier estadio a lo largo de toda la colonia (Tabla 2).

Los ovocitos de cada uno de los niveles, alcanzaron su mayor diámetro en diferente tiempo. Dentro de las colonias no hubo sincronización en la madurez de los ovocitos, no coincidieron los picos de madurez de los diferentes niveles, excepto en junio para el superior y el medio (Fig.20).



Figura 15. Sacos espermáticos en diferentes estadios de desarrollo en un mismo pólipo.

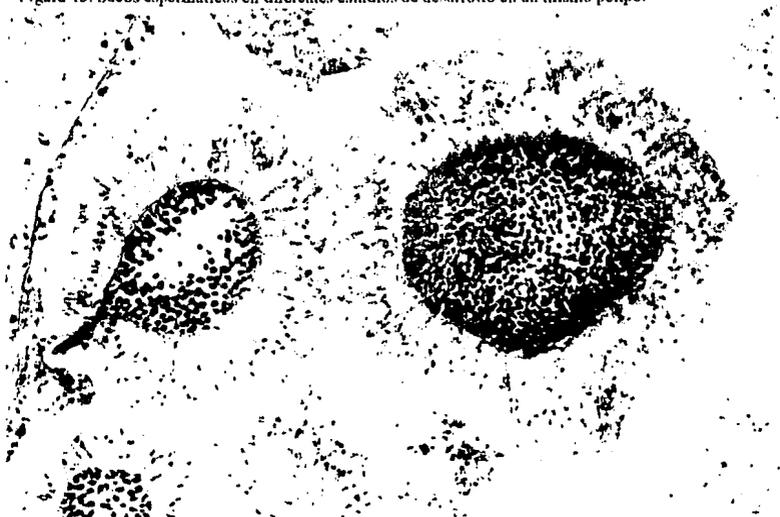


Figura 16. Espermarios en estadio A, con espermatogonias, capa de células endodermales y pie.



Figura 17. Saco espermático en estadio B, formado por espermatidas, cubierta de endodermo y pie uniéndolo a la pared del pólip.



Figura 18. Saco espermático en estadio C, con espermatozoides, cubierta de células endodermales y pie.

Variaciones en el desarrollo de las gónadas y parámetros reproductivos de *Pseudopterogorgia americana*

Tabla 1.- ANDEVANs para evaluar el efecto del número de ovocitos sobre el nivel de altura de los pólipos en las ramas, el tiempo (mes, estación) y entre las colonias, n.s = no hay efecto significativo a  $P < 0.05$ .

Factor	F	gl	P
Datos de colonias 621, 622 y 624, para los niveles superior, medio e inferior y para febrero, marzo, abril, junio y julio.			
Nivel	21.543	2	<0.0005
Mes	12.281	4	<0.0005
Interacción	7.383	8	<0.0005
Nivel	40.884	2	<0.0005
Colonia	7.534	2	n.s.
Interacción	8.393	4	<0.0005
Datos de colonias 620, 621, 622 y 624, para lluvias, inviernos y secas y para los meses de febrero de 1993 a febrero de 1994			
Estación	0.132	2	n.s.
Colonia	2.722	3	n.s.
Interacción	4.158	6	n.s.
Mes	10.2613	12	<0.0005
Colonia	6.32241	3	<0.0005
Interacción	9.98961	36	<0.0005

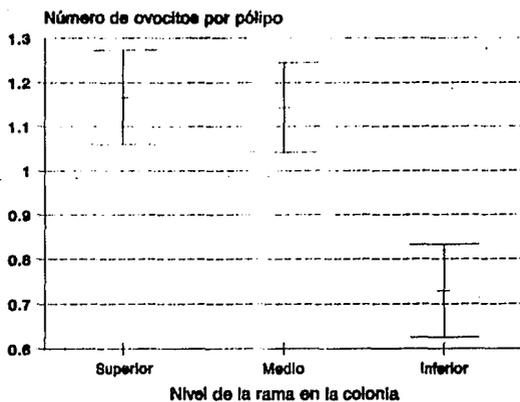


Figura 19. Número de ovocitos (promedio  $\pm$  límites de confianza) a diferentes niveles de altura de las cuatro colonias femeninas de *Pseudopterogorgia americana*.

Variaciones en el desarrollo de las gónadas y parámetros reproductivos de *Pseudopterogorgia americana*

Tabla 2.- ANDEVAN para evaluar el efecto de la talla de los ovocitos sobre el nivel de altura de los pólipos en las ramas, el tiempo (mes), y entre las colonias, n.s. = no hay efecto significativo a  $P < 0.05$ .

Factor	F	g.l.	P
Datos de colonias 621,622 y 624 para los niveles superior, medio e inferior, para los estados A,B, y C y para febrero, marzo, abril, junio y julio.			
Nivel	1.46	2	n.s.
Mes	9.147	4	<0.0005
Interacción	0.079	8	n.s.
Nivel	0.089	2	n.s.
Estado	1074.62	2	<0.0005
Interacción	4.598	4	n.s.
Nivel	0.526	2	n.s.
Colonia	55.466	2	<0.0005
Interacción	5.105	4	<0.0005
Datos para las colonias 620,621,622,624, para los estados A,B, y C y para los meses de febrero de 1993 a febrero de 1994.			
Estado	1709.47	2	<0.0005
Colonia	13.139	3	<0.0005
Interacción	18.773	6	<0.0005
Mes	8.681#20	12	<0.0005
Colonia	7.922600	3	<0.0005
Interacción	5.347523	36	<0.0005

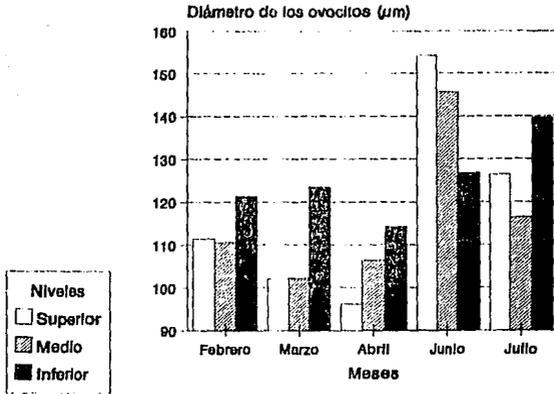


Figura 20. Tamaño de los ovocitos de las cuatro colonias femeninas de *Pseudopterogorgia americana*, en función del nivel de la colonia.

### 5.1.3 Variación de las gónadas entre las colonias

Se analizaron las variaciones entre las colonias, a partir del estudio microscópico de las preparaciones histológicas de las mismas, a lo largo de todo el año.

**5.1.3.1 Número de gónadas en colonias femeninas.** El número de ovocitos estimado por póliipo fue de  $0.989 \pm 1.06$ . Mientras que algunos pólipos no tuvieron ovocitos, en otros se encontraron hasta ocho, los cuales en este último caso nunca estuvieron todos maduros.

El número de ovocitos por póliipo en cada colonia varió entre las estaciones del año (Fig.21). Así mismo hubo diferencias significativas en el número de ovocitos entre colonias y meses (Tabla 1).

En septiembre *P.americana* contó con la mayor cantidad de ovocitos, mientras que en mayo se observó el menor número registrado (Fig. 22). En todos los meses se encontraron ovocitos a excepción de mayo, en una colonia.

Variaciones en el desarrollo de las gónadas y parámetros reproductivos de *Pseudopterogorgia americana*

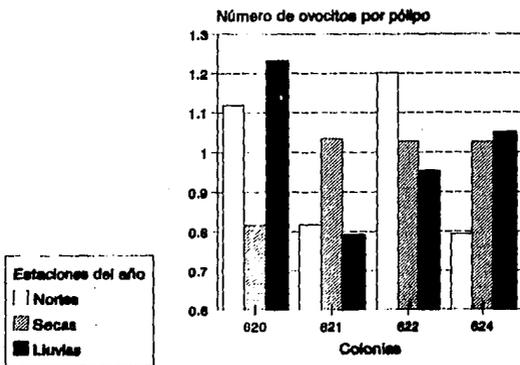


Figura 21. Número de ovocitos por pólipo de las cuatro colonias femeninas de *Pseudopterogorgia americana* en función de las estaciones del año.

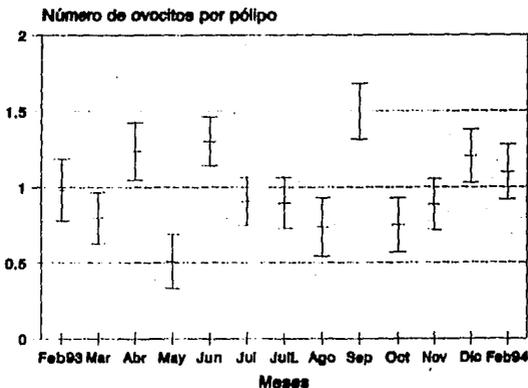


Figura 22. Diferencias en el número de ovocitos (promedio  $\pm$  límites de confianza) por pólipo de las cuatro colonias femeninas de *Pseudopterogorgia americana* a lo largo de un año. JulL= julio después de la luna llena.

5.1.3.2 Número de gónadas en colonias masculinas. El número promedio de sacos espermáticos por pólipo fue de uno, siendo el máximo doce. En un mismo pólipos varios de estos sacos podían estar maduros, aunque se observaron varios estadios en un mismo pólipos.

No se encontraron diferencias significativas en el número de espermarios por pólipos entre las colonias ( $P > 0.0005$ ), pero sí entre meses ( $P < 0.0005$ ). Los sacos espermáticos estuvieron ausentes en los meses de febrero a mayo de 1993 y en febrero de 1994. Estos empezaron a observarse en junio, el número empezó a aumentar paulatinamente, alcanzando su máximo en octubre, para

después desaparecer poco a poco, hasta que en febrero del año siguiente ya no se encontraron. Las dos colonias masculinas estuvieron sincronizadas entre sí, es decir el desarrollo gonadal de ambas colonias se llevó a cabo al mismo tiempo. El período de liberación de los espermatozoides es de octubre a noviembre (Figs.23 y 24).

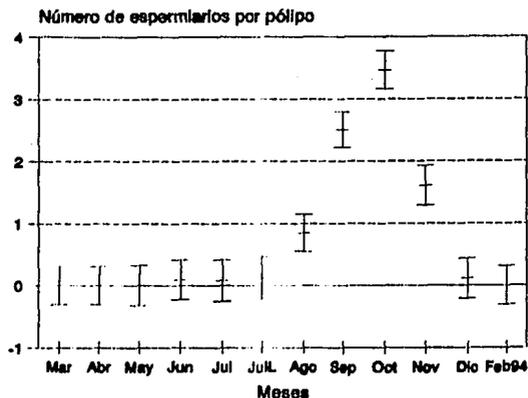


Figura 23. Diferencias en el número de espermarios (promedio  $\pm$  límites de confianza) por pólipo en las dos colonias masculinas de *Pseudopterogorgia americana* a lo largo de un año. JulL.= julio después de la luna llena.

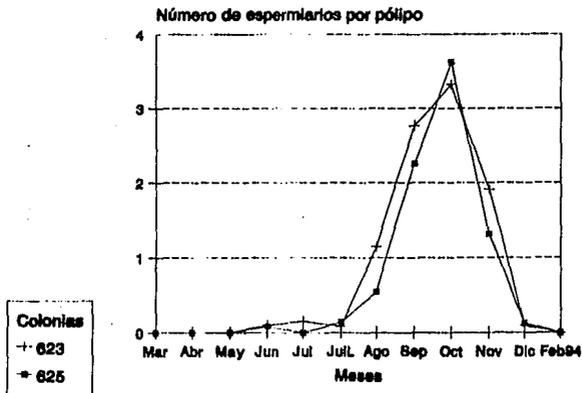


Figura 24. Número de espermarios (promedio  $\pm$  límites de confianza) por pólipo en las dos colonias masculinas de *Pseudopterogorgia americana* a lo largo de un año. JulL.= julio después de la luna llena.

Variaciones en el desarrollo de las gónadas y parámetros reproductivos de *Pseudopterogorgia americana*

5.1.3.3 **Tamaño de las gónadas en las colonias femeninas.** La variación del tamaño de los ovocitos en el tiempo se debió a la presencia de distintos estadios de desarrollo.

Se encontraron diferencias significativas en el tamaño de los ovocitos entre las colonias y los meses (Tabla 2). En junio, julio y septiembre se advirtió un mayor tamaño de los ovocitos, pero al analizar el patrón temporal de variación en el tamaño de los ovocitos en cada colonia por separado, se encontró que los valores máximos se alcanzaron en diferentes meses (Fig.25). En la colonia 620 el pico máximo se alcanzó en julio, en la 621 en agosto, en la 622 en mayo y en la 624 en septiembre (Fig.26). Esto es, algunas coincidieron en obtenerlo en la temporada de lluvias, julio y agosto, otra en la de secas y en la de nortes.

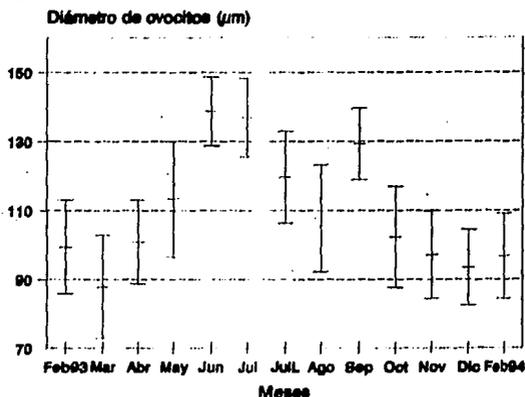


Figura 25. Variación temporal en el tamaño de los ovocitos ( $\mu\text{m}$ ) (promedio  $\pm$  límites de confianza) de las cuatro colonias femeninas de *Pseudopterogorgia americana* a lo largo de un año. Jull.= julio después de la luna llena.

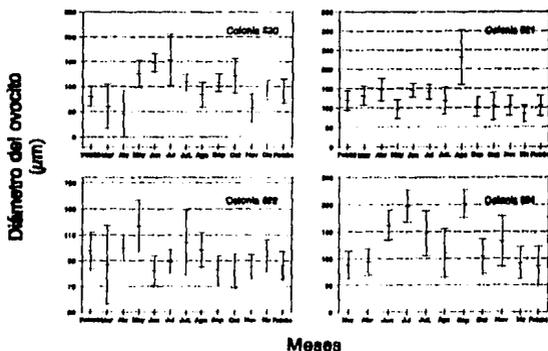


Figura 26. Variación temporal en el tamaño de los ovocitos ( $\mu\text{m}$ ) (promedio  $\pm$  límites de confianza) para las cuatro colonias femeninas de *Pseudopterogorgia americana*. Jull.= julio después de la luna llena.

Cada uno de los estadios de los ovocitos tuvo su propio patrón de desarrollo a lo largo de los meses del año. (Fig.27). Los ovocitos tuvieron varios periodos de expulsión y en general estuvieron desfasados, aunque hubo colonias que coincidieron en la liberación de sus ovocitos en alguno de los meses: las colonias 620 y 621 en junio, la 622 y 624 lo hicieron en julio, la 621 y la 622 en agosto y finalmente en septiembre los expulsaron la 620 y la 624. Las cuatro colonias presentaron la máxima proporción de ovocitos maduros entre julio y septiembre (Fig.28; Tabla 3).

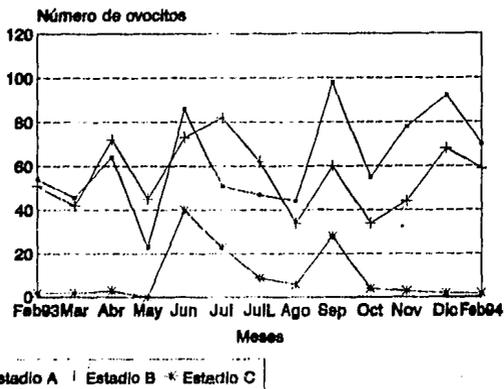


Figura 27. Variación temporal en el número de ovocitos (promedio) de los diferentes estadios de desarrollo las cuatro colonias femeninas de *Pseudopterogorgia americana*. Jul. = julio después de la luna llena.

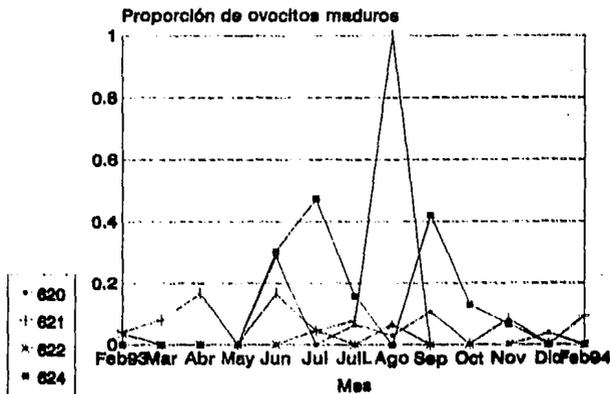


Figura 28. Proporción de ovocitos maduros por mes para cada colonia femenina de *Pseudopterogorgia americana*. Jul. = julio después de la luna llena.

Variaciones en el desarrollo de las gónadas y parámetros reproductivos de *Pseudopterogorgia americana*

Tabla 3.- Fechas de liberación de los ovocitos de las cuatro colonias femeninas de *Pseudopterogorgia americana* (julio-julio después de la luna llena).

Colonia	Meses de liberación
620	junio, jul., sept.
621	abril, junio, agosto, nov.
622	julio, agosto,
624	julio, sept.

Las colonias 624 y 621 son las que tuvieron los ovocitos más grandes, no hubieron diferencias significativas entre ellas pero si con la 620 y 622 (Fig.29).

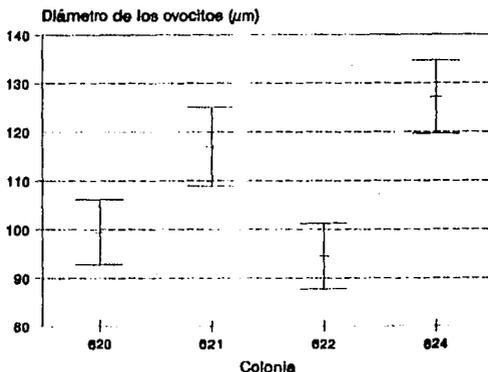


Figura 29. Tamaño de los ovocitos ( $\mu\text{m} \pm$  límites de confianza) de las cuatro colonias femeninas de *Pseudopterogorgia americana* durante un año.

5.1.3.4 **Tamaño de las gónadas en las colonias masculinas.** Los espermiarios fueron más grandes en el mes de diciembre (Fig.30), esto reafirma lo obtenido en el análisis por estaciones, donde en la temporada de Nortes los espermiarios alcanzaron su mayor tamaño (Tabla 4). Es importante aclarar que el tamaño de las gónadas masculinas no indicó el estadio de madurez de las mismas, dado que se encontraron diferentes sacos espermáticos que tenían la misma medida pero con células en diferente estadio.

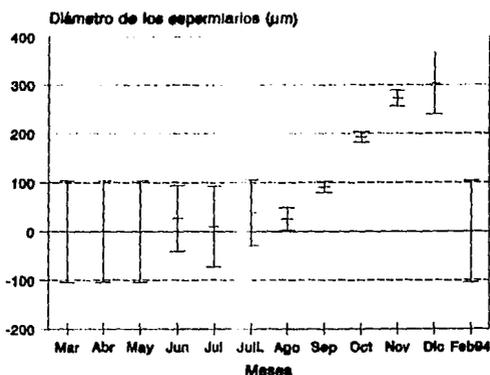


Figura 30. Variación temporal en el tamaño de los espermarios ( $\mu\text{m} \pm$  límites de confianza) de las dos colonias masculinas de *Pseudopterogorgia americana*. JuL.= julio después de la luna llena.

Tabla 4.- Tamaño de los espermarios ( $\text{mm} \pm$  límites de confianza al 95%) por estación en dos colonias masculinas de *Pseudopterogorgia americana*.

Colonia	Estación	$\bar{x}$	Límites de Confianza	
623	Nortes	211 73828	197.34097	226.13559
623	Secas	11 93333	-54.56499	78.43165
623	Lluvias	69 98750	56.02006	83.95494
625	Nortes	220 68282	207.92453	233.44111
625	Secas	12 16000	-60.68526	85.00526
625	Lluvias	80 38673	63.93267	96.84080

## 5.2 Parámetros reproductivos

La estimación del tamaño de la primera reproducción se obtuvo en el campo a partir de las medidas de la longitud de tejido de las colonias, así como de la información desprendida de las preparaciones histológicas, la cual también sirvió para las estimaciones de proporción sexual y fecundidad. Con el conteo y mediciones de los ovocitos se logró obtener la proporción de ovocitos maduros.

## Variaciones en el desarrollo de las gónadas y parámetros reproductivos de *Pseudopterogorgia americana*

### 5.2.1 Tamaño de la colonia en la primera reproducción

La colonia más pequeña en la que ya se encontraron gónadas fue una masculina del arrecife posterior (colonia 623). La longitud total de tejido de dicha colonia fue de 232 cm por lo que ésta puede considerarse como la edad de primera reproducción de las colonias estudiadas. Las colonias del frontal no alcanzaron la talla de primera reproducción (Tabla 5).

Tabla 5.- Rasgos morfológicos y sexo de las colonias estudiadas. Col = colonia, Alt = altura (cm), Ram = número de ramas principales, Bif = número de bifurcaciones, Pun = total de ramas, Long = longitud total de tejido (cm), Pos = posterior, Fro = frontal, F = femenino, M = masculino.

Col	Alt	Ram	Bif	Pun	Long	Zona	Sexo	Gametos
620	77.6	7	62	69	1972	Pos	F	SI
621	72.3	6	14	20	1116	Pos	F	SI
622	63.3	4	60	64	1442	Pos	F	SI
623	20	3	16	19	232	Pos	M	SI
624	65	3	112	115	2469	Pos	F	SI
625	40.5	4	112	115	2469	Pos	M	SI
626	22	2	2	4	64	Fro	?	no
627	18	2	4	6	77	Fro	?	no

### 5.2.2 Proporción sexual

De las ocho colonias estudiadas ninguna resultó ser hermafrodita. En la región protegida del arrecife cuatro colonias fueron femeninas y dos masculinas. El sexo de las colonias de la zona expuesta no fue determinado, por ser sexualmente inmaduras (Tabla 5).

### 5.2.3 Proporción de ovocitos maduros

El porcentaje promedio de ovocitos maduros por mes fue de 7.5%. La proporción de los ovocitos maduros de cada colonia fue diferente a lo largo del año. En los meses en que la temperatura del agua fue elevada los picos de reproducción de algunas colonias coincidieron: en julio las colonias 622 y 624, en agosto la 621 y la 622 (Fig.29).

En la temporada de nortes fue cuando hubo más ovocitos, aunque fue mayor el porcentaje de los maduros en lluvias. Así mismo, el mayor porcentaje de estos se encontró en la colonia más grande (Tabla 6).

Tabla 6.- Porcentaje de ovocitos maduros por estación y por colonia.

Estación	Porcentaje
Nortes	2%
Secas	12%
Lluvias	9%
Colonia	Porcentaje
620	6.9%
621	1.6%
622	1.1%
624	15.9%

#### 5.2.4 Fecundidad

Las estimaciones de fecundidad se realizaron a partir del número de ovocitos maduros por colonia ( $m_x$ ) y del número potencial de reclutas anuales producidos por colonia. Se consideraron los siguientes supuestos basados en los datos no publicados de (Lara, en revisión final) para la misma especie:

- El número de ovocitos por longitud de tejido de cada colonia se calculó a partir del número de pólipos por centímetro.
- El número de ovocitos por pólipo es de 0.989.
- La fecundación es del 100%.
- La mortalidad en la fase larvaria es de 99%.
- El 1% de las larvas que sobreviven tienen éxito en el asentamiento al sustrato.

Los resultados obtenidos del número de ovocitos por longitud de tejido, así como el número de ovocitos maduros por año en las diferentes colonias, se señalan en la Tabla 7.

Varianciones en el desarrollo de las gónadas y parámetros reproductivos de *Pseudopterogorgia americana*

Tabla 7.- Resultados de los cálculos del número de ovocitos maduros por colonia femenina de *Pseudopterogorgia americana*.

Colonia	Número de Pólipos por cm	Longitud de tejido de la colonia (cm)	Número de ovocitos por colonia	Número de ovocitos maduros por colonia
620	36.46	1972	71,108.22	5175.5
621	27.69	1116	30,562.11	2060.3
622	35.2	1442	50,200.05	665.5
624	34	2469	83,22.59	11395.3

Para la estimación del número de reclutas se tomaron en cuenta dos supuestos:

f) El número de ovocitos maduros encontrados en los 13 cm revisados en las preparaciones histológicas de cada colonia, es el reflejo de la producción anual de cada una de éstas.

g) El total de ovocitos maduros por colonia son los que potencialmente se pueden encontrar en cada uno de los meses.

El resumen de los resultados obtenidos de cada supuesto se aprecia en la Tabla 8.

Tabla 8.- Cálculos del número de larvas y de reclutas a partir de los supuestos f y g de *Pseudopterogorgia americana*.

Supuesto f			
Colonia	Ovocitos maduros el año	Número de Larvas sobrevivientes	Número de Reclutas asortadas en el sustrato
620	5,157.5	51.5	0.51
621	2,060.3	20.6	0.2
622	665.5	6.65	0.066
624	11,395.3	113.9	1.13
Supuesto g			
620	5,157.5	594.46	5.94
621	2,060.3	281.45	2.81
622	665.5	365.4	3.65
624	11,395.3	1,601.68	16.01

## 6. DISCUSIÓN

El coral blando *Pseudopterogorgia americana* es dioico, y a diferencia de otros alcionarios como los de las familias: Alcyoniidae (e.g. *Lobophytum crassum*, *L. planum*, *L. compactum*, *Simularia rigida*, *S. deformis* y *S. cruciata*), Xeniidae (e.g. *Heterogenia sp.*, y *Efflatounaria sp.*), y Briareidae (e.g. *Briareum stechei*) no presenta dimorfismo sexual (Alino y Coll, 1989). La proporción sexual no pudo estimarse dado al bajo número de colonias muestreadas. Las gónadas se desarrollan en los mesenterios laterales de los pólipos y la estructura de las mismas es similar a la de otros gorgonáceos (Farrat, 1986; Benayau *et al.*, 1988; Babcock, 1990). Los folículos al igual que lo reportado para otros gorgonáceos (Farrat, 1986; Benayahu *et al.*, 1988; Brazeau y Lasker, 1989; Babcock, 1990) están formados básicamente por el ovocito con núcleo, nucleolo y citoplasma, por células foliculares y un por pie que los une a la pared del pólipo hasta momentos antes de ser liberados. En el último estadio de desarrollo, es cuando el ovocito adquiere la mayor cantidad de su reserva alimenticia. Los sacos espermáticos, rodeados por células endodermales presentan un pie que los une a la pared del pólipo. Cada estadio presenta un tipo celular diferente. La fecundación es externa, tal como se ha reportado para otros gorgonáceos (Benayahu y Loya, 1986; Alino y Coll, 1989).

Aún cuando los datos obtenidos en este trabajo no son suficientes para saber si el desarrollo larvario se realiza en la superficie de la colonia, se puede suponer que al no haberse encontrado larvas dentro ni sobre éstas, su desarrollo puede ser planctotrófico, como es el caso *Pseudoptero-gorgia bipinnata* (Brazeau y Lasker, 1989). Esta información resultaría de gran importancia para el estudio de la dinámica poblacional de la especie.

El número de gónadas maduras por pólipo es bajo comparado con el de la mayoría de los organismos pertenecientes a la clase Anthozoa, pero similar a los valores reportados para otros gorgonáceos (Brazeau y Lasker, 1989). Las especies de los órdenes Alcyonacea y Gorgonacea (ambas de la clase Anthozoa), producen gónadas muy grandes, pero difieren en que las primeras producen más por pólipo. Se desconoce la causa de esta diferencia entre los dos órdenes de antozoarios, lo cual se puede deber al tamaño de los pólipos (Farrat, 1986; Brazeau y Lasker, 1989). Un ejemplo de esto son parte de los resultados obtenidos en este trabajo, pues los pólipos de *Pseudopterogorgia americana* son mucho más pequeños que los de otras especies, como son *Briareum asbestinum*, *Pseudoplexaura porosa*, *Plexaurela grandiflora*, *Eunicea sp.* y *Muricea muricata* (obs. pers.), pero la longitud de tejido de las colonias de *Pseudopterogorgia americana*, es mucho mayor.

El desarrollo de los gametos femeninos no está sincronizado dentro de las colonias, al igual que en el gorgonáceo de aguas templadas, *Capnella gaboensis* (Farrat, 1986). Al parecer cada uno de los pólipos lleva su propio ritmo de madurez de los gametos, pudiéndose encontrar ovocitos en diferentes estadios de desarrollo a lo largo de la colonia.

En las regiones media y superior de las colonias se encontró un mayor número de ovocitos. Los cortes histológicos para hacer el seguimiento durante todo el año de cada una de ellas, se realizaron de la parte media y no en la superior, ya que resulta lógico suponer, al ser las ramas superiores más

jóvenes que las medias, muchos de los ovocitos de las primeras están en etapas tempranas de desarrollo, pudiendo no haber muchos ovocitos maduros.

No se sabe si el desarrollo de las gónadas dentro de las colonias masculinas está sincronizado o no, por ello sería interesante hacer cortes en los tres diferentes niveles de las ramas de estas colonias para completar el estudio.

A diferencia de otros gorgonáceos (Benayahu y Loya, 1986; Alino y Coll, 1989; Brazeau y Lasker, 1989) entre las colonias femeninas no existe una sincronización tan precisa en el desarrollo de las gónadas, el mayor número y tamaño de éstas se da entre julio y agosto; en cambio entre las masculinas aparentemente ésta sí es muy precisa, aunque esto no puede determinarse con exactitud dado a que únicamente se tienen datos de dos colonias.

Dado que las colonias femeninas liberan sus gametos a diferente tiempo que las masculinas, se supone la existencia de otras colonias machos en esa misma zona del arrecife, que no estén sincronizadas con las colonias estudiadas y que liberen sus espermiarios en la misma época que las hembras.

El desarrollo de los ovocitos es continuo, se presentan diferentes estadios a lo largo de todo el año, y en toda la colonia, esto mismo ocurre en *Plexaura* A (Brazeau y Lasker, 1989). A diferencia de *Sarcophyton glaucum* (Benayahu y Loya, 1986) el periodo de desarrollo de las hembras es rápido y no es anual, pero dado que se encontraron ovocitos maduros en la mayoría de los meses e inmaduros en todos, no se puede saber cuanto tiempo les toma alcanzar la madurez. En cambio a los espermiarios les lleva aproximadamente seis meses. Los ovocitos y espermiarios maduros en *P. americana*, son más pequeños que los de otras especies de octocorales (Farrat, 1986; Alino y Coll, 1989; Brazeau y Lasker, 1989).

En *P. americana*, como en *Capnella gaboensis* (Farrat, 1986), los ovocitos inmaduros son incorporados al citoplasma de los que ya han alcanzado su estadio de madurez. Esto explica la disminución de su número en esta etapa de desarrollo. En cuanto a los ovocitos maduros, todos son liberados al agua para ser fecundados, a diferencia de *Plexaura* A (Brazeau y Lasker, 1989), en la cual, algunos de los ovocitos maduros no son fecundados, sino que degeneran y son reabsorbidos por el pólipo.

Al parecer, en *P. americana*, a diferencia de otros gorgonáceos (Benayahu y Loya, 1986; Alino y Coll, 1989; Brazeau y Lasker, 1989;), la temperatura del agua no funciona como disparador de la expulsión de gametos pues en el Caribe la variación de temperatura es de sólo unos cuantos grados; en marzo 27°C y en septiembre 30°C. Tal vez otros factores ambientales puedan provocar el desove de los gametos en esta especie, tal como la duración del día o las fases lunares según a propuesto Hunter (1989).

La reproducción continúa durante todo el año de este octocoral, contribuye a explicar el porqué de su amplia distribución en el Caribe Mexicano (Padilla *et al.*, 1992).

La altura de las colonias no es un buen estimador del tamaño de la primera reproducción en gorgonáceos (Brazeau y Lasker, 1989). En *Plexaura* A, sólo algunas de las colonias menores de

Variaciones en el desarrollo de las gónadas y parámetros reproductivos de *Pseudopterogorgia americana*

20 cm no son reproductivas. Sin embargo, aún cuando no se observó que las colonias menores de 20 cm expulsaran ovocitos, si tenían tejido reproductivo, incluso las menores de 10 cm. Esto puede indicar que en realidad el tamaño de primera reproducción es menor del estimado en las colonias de *Plexaura A*.

En gorgonáceos con crecimiento arborescente como *Plexaura A* la altura de la colonia es sólo una medida aproximada de su tamaño. Colonias de alturas similares frecuentemente varían en el número de ramas y por lo tanto, en el total de su biomasa por lo que suelen haber errores en la estimación del tamaño de la primera reproducción (Brazeau y Lasker, 1989). Por ello, en este trabajo se utilizó como estimador del tamaño de las colonias la longitud de tejido, así *P. americana* empieza a reproducirse hasta alcanzar 232 cm de longitud total de tejido. Hubiera sido importante incluir en el estudio, colonias cuyas medidas fueran entre 100 y 200 cm, ya que las más pequeñas analizadas median 64 cm la 626 y 77 cm la 627. Es probable que con 100 a 200 cm de longitud de tejido, las colonias sean sexualmente maduras. Las dos colonias antes mencionadas se volvieron a medir en junio de 1993, notándose, un incremento en la longitud de su tejido (122 cm y 139 cm respectivamente). Ante este resultado, sería interesante nuevamente hacer cortes de estas colonias para ver si en esta última talla son ya sexualmente maduras o si requieren llegar hasta los 232 cm. Es importante aclarar que no se puede tomar esta medida como un límite exacto del tamaño de la primera reproducción de *P. americana*, ya que para esto se requeriría hacer un muestreo que incluyera un número mucho mayor de colonias.

Es importante hacer notar que a pesar de que *Pseudopterogorgia americana* habita en mares tropicales, algunas de las características de su historia de vida son muy parecidas a las del gorgonáceo de aguas templadas *Capnella gabonensis*.

Las características referentes a la historia de vida de *P. americana* como son reproducción continua y temprana y su elevada fecundidad pueden indicar que *P. americana* es una especie con selección r. Romero (1991) reportó que *P. americana* junto con *Gorgonia flabellum* y *Eunicea tourneforti* eran las especies más abundantes en el arrecife frontal antes del huracán Gilberto. Después de éste, de las tres especies, *Gorgonia flabellum* casi no se encontró en la región frontal del arrecife, en cambio las otras dos, *Eunicea tourneforti* y *P. americana* eran abundantes. En la actualidad esta última es la que mejor se ha recobrado de la catástrofe siendo más abundante que *Eunicea tourneforti*, lo cual da idea de que *P. americana* es una especie generalista y de que tiene una enorme capacidad de colonización, proporcionando más evidencias de que es una especie con selección r.

## 7. CONCLUSIONES

La investigación presentada es una contribución a los escasos estudios realizados en el campo de la reproducción de los octocorales, los cuales resultan de gran importancia e interés al ser uno de los principales componentes de los arrecifes coralinos del Caribe Mexicano. En este sentido, es necesario hacer más estudios sobre la biología reproductiva de los gorgonáceos en general, y en particular la relacionada con los del Caribe Mexicano.

i) *Pseudopterogorgia americana* es un gorgonáceo dioico con fecundación y desarrollo larvario externos.

ii) Aparentemente los espermiarios tardan aproximadamente seis meses en llegar a la madurez.

iii) Hay sincronización en el desarrollo de las gónadas masculinas entre las colonias.

iv) No hay sincronización en el desarrollo de las gónadas femeninas dentro ni entre las colonias.

v) La proporción de ovocitos maduros a lo largo del año es diferente en cada una de las colonias.

vi) La mayor proporción de espermiarios se obtuvo en el mes de octubre.

vii) La fecundidad es mayor en las colonias con mayor longitud de tejido.

Se proponen observaciones del periodo de desove así como del desarrollo gonadal de un número mayor de colonias durante un periodo de tiempo más largo para completar la información sobre la biología reproductiva de este gorgonáceo.

## 8. LITERATURA CITADA

Alino, P.M. y Coll, J.C. 1989. Observations of the synchronized mass spawning and postsettlement activity of octocorals on the great barrier reef, Australia: Biological aspects. **Bull. Mar. Sci.**, 45:697-707.

Armed Forces Institute of Pathology. 1992. **Laboratory Methods in Histotechnology**. American Registry of Pathology. Washington, D.C. 300 pp.

Babcock, R.C. 1990. Reproduction and development of the blue coral *Heliopora coerulea* (Alcyonaria: Coenothecalia). **Mar. Biol.**, 104:475-481.

Bayer, F.M. 1961. The shallow water octocorallia of the West Indian Region. **Stud. Fauna Curacao**. 12:1-373.

Beagon, M., Harper, J.L. Colin y R. Townsend. 1990. **Ecology. Individuals, Populations and Communities**. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 945 pp.

Benayahu, Y. y Y. Loya. 1983. Surface Brooding in the Red Sea soft coral *Parerythropodium fulvum fulvum* (Forsk. 1775). **Biol. Bull.**, 165:353-369.

Benayahu, Y. y Y. Loya. 1986. Sexual reproduction of a soft coral: synchronous and brief annual spawning of *Sarcophyton glaucum*. **Biol. Bull.**, 170:32-42.

Benayahu, Y., Y. Achituv, y T. Berner. 1988. Embriogenesis and acquisition of algal symbionts by planulae of *Xenia umbellata* (Octocorallia: Alcyonacea). **Mar. Biol.**, 100:93-101.

Bowden, B.J., Coll, D. Tapiolas y R. Willis. 1985. Some chemical aspects of spawning in alcyonacean corals. Abstracts Vol. 2 págs. 1-46. In: Gabriel C., J.L. Toffart y B. Salvat (eds.) **Proc. 5th. Inter. Coral Reef Symp.** Tahiti.

Brazeau D.A. y H.R. Lasker. 1989. The reproductive cycle and spawning in a Caribbean gorgonian. **Biol. Bull.**, 176: 1-7.

Brazeau D.A. y H.R. Lasker. 1992. Reproductive success in the Caribbean octocoral *Briareum asbestinum*. **Mar. Biol.**, 114: 157-163.

Brusca R.C. y G.J. Brusca. 1990. **Invertebrates**. Sinauer Associates. Massachusetts. 922 pp.

Cairns, S. 1977. **Guide to the commoner shallow water gorgonians of Florida, the Gulf of Mexico and the Caribbean region**. Sea Grant Field Guide Series, No. 6, University of Miami, 74 pp.

- Castañares, G.L. 1978. **Corales pétreos de la costa noreste de la Península de Yucatán, México, (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia)**. Tesis profesional. Fac. de Ciencias, UNAM, México. 182 pp.
- Colin, P.L. 1988. **Marine Invertebrates and plants of the living reef**. T.F.H. Publications. Florida, 512 pp.
- Dinesen, Z.D. 1985. Aspects of the life history of a stolon bearing species of *Efflatounaria* (Octocorallia:Xeniidae). **Prof. 5th int. coral Reef Congr.**, 6:89-94.
- Espejel-Montes, J.J., 1983. **Análisis de la distribución y la abundancia del género *Cyphoma* (Gasteropoda:Ovulidae) en el arrecife de Puerto Morelos, Q. Roo**. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, UNAM, México, 78 pp.
- Farrat, P.A., 1986. Gonad development and the planulae of the temperate Australian soft coral *Capnella gaboensis*. **Mar. Biol.**, 92:381-392.
- Fautin, D.G. y R.N. Mariscal. 1991. Cnidaria:Anthozoa. Págs. 267-358. In: Frederick W. H. y Jane A. Westfall (eds.) **Microscopy Anatomy of Invertebrates**. Wisley-Liss. Nueva York.
- Futuyma, D.J., y S. Montgomery. 1983. **Coevolution**. Sinauer associates. Sunderland Massachusetts. 555 pp.
- García, E., 1973. **Modificaciones al Sistema de Clasificación climática de Köeppen**. Instituto de Geografía, UNAM, México, 246 pp.
- Gómez-Pedrozo, C.A. 1987. **Taxonomía y variaciones espacio-temporales de las algas marinas bentónicas de Puerto Morelos, Quintana Roo**. Tesis Profesional. U.A.B.C. Ensenada. B.C.S. 66 pp.
- González, R.I. 1982. **Interacción de la Ecología en el desarrollo**. C.I.Q.R.O., Puerto Morelos, Quintana Roo. 197 pp.
- Goreau, T.F., N.I. Goreau 1979. The ecology of Jamaican reefs. I. Species composition and zonation. **Ecology.**, 40: 67-90.
- Grigg, R.W. 1977. **Population dynamics of two gorgonian corals**. **Ecology** 58:278-290.
- Guilcher, A. 1988. **Coral Reef Geomorphology**. John Wiley and Sons. New York.
- Harrison, P.L. 1985. Sexual characteristics of scleractinian corals: systematic and evolutionary implications. **Proc. 5th. Int. Coral Reef Symp.**, 4:337-342.
- Hartnoll, R.G. 1975. The annual cycle of *Alcyonium digitatum*. **Estuar. Coast. Mar. Sci.**, 3:71-78.

- Hughes, T.P. 1984. Population dynamics bases on individual size rather than age: A general model with a reef coral example. *Am. Nat.*, 123:728-795.
- Hunter C.L. 1989. Environmental cues controlling spawning in two species of Hawaiian corals, *Montipora verrucosa* and *M. dilatata*. *Pac. Sci.*, 43:91-92.
- Jackson, J.B.C., y T.P. Hughes. 1985. Adaptive Strategies of Coral-Reef Invertebrates. *Am. Sci.*, 73:265-274.
- Jordán, E.D. 1980. Arrecifes coralinos del noreste de la Península de Yucatán: Estructura comunitaria un estimador del desarrollo arrecifal. Tesis Doctoral. Inst. de Cien. del Mar y Limnol., UNAM, México, 118 pp.
- Kinzie, R. 1982. Soft Corals. Págs. 100-289. In: Kaplan, H.E. (ed.). *A field guide to coral reefs, Caribbean and Florida*. The Petersen Field Guide Series, Houghton Mifflin Company, Boston.
- Lara M., C. Padilla, R. Macías y J. Pizaña. (Manuscrito no publicado). Los arrecifes del centro de Quintana Roo. I Zonación y desarrollo arrecifal.
- Lara M. (en revisión final). Parámetros demográficos y dinámica poblacional de *Pseudopterogorgia americana* (Cnidaria:Gorgonacea) en Quintana Roo. Tesis de Doctorado, Fac. de Ciencias, UNAM, México.
- López-Ramos, E. 1974. Estudio geológico de la Península de Yucatán. *Bol. Asoc. Mex. Geol. Petr.* 15:25-76.
- Loreto, V. 1991. Organización espacial de la comunidad de peces damisela (Pomacentridae) en la costa del Caribe Mexicano. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. UNAM, México, 68 pp.
- Martin, E. 1980. Reproducción del coral blando *Plexaura homomalla* (esper.) en el Mar Caribe Mexicano. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 96 pp.
- Merino M., L. Otero. 1991. Atlas ambiental costero. Fondo de publicaciones y ediciones CIQRO. Puerto Morelos, Quintana Roo. 80 pp.
- Opresko, D.M. 1973. Abundance and distribution of shallow water gorgonian in the area in Miami, Florida. *Bull. Mar. Sci.*, 23:535-558.
- Otero, A.A. 1988. Caracterización de una comunidad coralina. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, UNAM, México, 80 pp.
- Padilla, C., D. Gutiérrez, M. Lara y C. García. 1992. Coral Reefs of the Biosphere Reserve of Sian ka'an, Quintana Roo, México. Proc. 7th. Int. Coral Reef Symp. GUAM.

Romero, P. 1991. **Impacto de un huracán en la composición específica y disposición espacial de gorgonáceos en una región del arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo.** Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, UNAM, México, 44 pp.

Secretaría de Marina, 1979. **Atlas Oceanográfico del Golfo de México y Mar Caribe.** Direcc. Gral. de Oceanogr. y Señ. Mar., México. 78 pp.

Szmant, A.M. 1986. Reproductive ecology of Caribbean reef corals. **Coral Reefs**, 5:43-53.

Uehara T., M. Sato y K. Yamazato. 1987. General description of developmental stages in a soft coral *Lobophytum crassum* Marenzeller. **Galaxea**, 6:185-193

Weinberg, S. 1978. Revision of the common Octocorallia of the Mediterranean circalittoral. III. *Stolonifera Beaufortia*, 27:139-176.

Wells, S.M. 1988. **Coral Reefs of the World. Atlantic and Eastern Pacific.** Vol.I. UNEP, IUCN. Cambridge. 373 pp.

**APENDICE 1. Técnicas histológicas**

**Fijación.** Formol al 10% durante 24 hrs, lavado en agua de mar 24 hrs y conservación en alcohol al 70% (Brazeau, com. pers.).

**Deshidratación e Inclusión.**

Alcohol 85%	30 min
Alcohol 96%	30 min
Alcohol 100%	30 min
Alcohol 100%	30 min
Alcohol 100%	30 min
Xileno	30 min
Xileno	30 min
Xileno	30 min
Parafina	1 hr
Parafina	1 hr
Parafina	1 hr

(Brazeau, com. pers.)

Los cambios de parafina y la inclusión se llevaron a cabo en parafina "Paramex" con punto de fusión de 56-70 °C.

**Cortes.** Para ésto se utilizó un microtomo rotatorio para parafina "American Optical 820 Spencer". Los cortes se hicieron con orientación longitudinal y con un grosor de 6 m.

**Tinción.** Para los cortes incluidos en parafina se emplearon las técnicas de hematoxilina-eosina, tricrómica de Masson y Pas.

Hematoxilina-Eosina.

Xileno	5 min
Xileno	5 min
Alcohol absoluto	1 min
Alcohol absoluto	1 min
Alcohol 96%	1 min
Alcohol 96%	1 min
Agua Corriente	1 min
Hematoxilina de Harris	7 min
Agua Corriente	2 min
Alcohol Acido	baño
Agua Corriente	1 min
Agua Amoniacal	baño
Agua Corriente	1 min
Eosina	2 min
Alcohol 96%	1 min
Alcohol 96%	1 min
Alcohol Absoluto	1 min
Alcohol Absoluto	1 min
Xileno	
Montaje con resina sintética	

(Armed Forces Institute of Pathology, 1992).

Variaciones en el desarrollo de las gónadas y parámetros reproductivos de *Pseudopterogorgia americana*

Tricrómica de Masson.

Xileno	5 min
Xileno	5 min
Alcohol absoluto	1 min
Alcohol absoluto	1 min
Alcohol 96%	1 min
Alcohol 96%	1 min
Agua Corriente	1 min
Bouin	12 hrs
Agua Corriente	15 min
Agua Destilada	baño
Hematoxilina de Weihert	10 min
Agua Corriente	8 min
Agua Destilada	baño
Escarlata de Brebich	5 min
Agua Destilada	baño
Acido Fosfomolibdico-	
fosfotungstico	12 min
Azul de Anilina	10 min
Agua Acética	baño
Alcohol 96%	baño
Alcohol 96%	baño
Alcohol 100%	baño

Alcohol 100%      baño

Xileno

Montaje con resina sintética

(Armed Forces Institute of Pathology, 1992).

Periodic Acid Schiff (PAS).

Xileno	5 min
Xileno	5 min
Alcohol absoluto	1 min
Alcohol absoluto	1 min
Alcohol 96%	1 min
Alcohol 96%	1 min
Agua Corriente	1 min
Agua Destilada	1 min
Acido Peryódico	5 min
Agua destilada	1 min
Reactivo de Schiff	15 min
Agua Corriente	10 min
Hematoxilina de Harris	6 min
Agua Corriente	1 min
Solución al 1% HCL-OH	baño
Agua Corriente	1 min
Agua Amoniacal	baño
Agua Corriente	10 min

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Variaciones en el desarrollo de las gónadas y parámetros reproductivos de *Pseudopterogorgia americana*

---

Alcohol 96%	baño
Alcohol 96%	baño
Alcohol 100%	baño
Alcohol 100%	baño
Xileno	
Montaje con resina sintética	

(Armed Forces Institute of Pathology, 1992).

**APENDICE 2. Cortes por congelación**

Los cortes por congelación se hicieron con un grosor de 8 micras, en un criostato "American Optical". La tinción utilizada fué Sudán III.

**Sudán III.**

Xileno	5 min
Xileno	5 min
Alcohol absoluto	1 min
Alcohol absoluto	1 min
Alcohol 96%	1 min
Alcohol 96%	1 min
Agua Corriente	1 min
Agua Destilada	1 min
Agua Destilada	1 min
Hematoxilina de Harris	2 min
Agua Corriente	1 min
Carbonato de Litio	5 min

Agua Corriente            1 min

Alcohol 70% con 3 gotas

de Acido Acético        baño

Sudán III                4 min

Alcohol 70% con 3 gotas

de Acido Acético        baño

Agua Corriente        1 min

Montaje con glicerina

(Armed Forces Institute of Pathology, 1992).