

# Evaluación de la gametogénesis y fecundidad de corales escleractinios: *Orbicella annularis*, *Pseudodiploria strigosa* y *Siderastrea siderea*, en Isla Fuerte (Bolívar), Colombia

Evaluation of gametogenesis and fecundity of escleractinian corals: *Orbicella annularis*, *Pseudodiploria strigosa* and *Siderastrea siderea*, at Isla Fuerte (Bolívar), Colombia

Sandra Pareja-Ortega<sup>1, 2</sup>, Lizette Quan-Young<sup>1, 3</sup>

## Resumen

A nivel mundial se han incrementado los estudios sobre la biología reproductiva de corales. Por tal razón se evaluó la gametogénesis y fecundidad de los corales escleractinios *Orbicella annularis*, *Pseudodiploria strigosa* y *Siderastrea siderea* en Isla Fuerte (Bolívar), Colombia, arrecife poco documentado. Para ello, se recolectaron 3-5 muestras del centro y borde de las colonias de cada especie en los meses de agosto y septiembre de 2011 y, abril y julio de 2012; las muestras se fijaron en formaldehído con agua de mar al 10% y se decalcificaron con HCl al 10% y se conservaron en alcohol al 70%. Bajo observación directa se obtuvieron datos para calcular fecundidad y por medio de histología se hizo descripción de estadios de desarrollo. Para *O. annularis* y *P. strigosa* se identificaron oocitos y espermarios, y para *S. siderea* no se encontró oocitos, solo tejido. Las muestras de *O. annularis* presentaron 394,6 oocitos/cm<sup>2</sup> en el centro y 20,1 oocitos/cm<sup>2</sup> en el borde en julio; para *P. strigosa* 368,8 oocitos/cm en el centro y en el borde no se encontró para el mes de abril; a pesar de las diferencias entre centro y borde, esto fue mayor en comparación con lo obtenido para la misma especie en un arrecife colombiano en estado de degradación, así como de otras regiones del Caribe donde la fecundidad fue de 11 y 100 oocitos/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Estos resultados nos permite observar y evaluar que este arrecife se encuentra en mejor estado de conservación en comparación con otros dos arrecifes estudiados del Caribe. Recomendamos incluir seguimiento anual para estas y otras especies de escleractinios.

**Palabras claves:** biología reproductiva, Caribe colombiano, corales, escleractinia, esfuerzo reproductivo, gametogénesis

## Abstract

The number of studies on coral reproduction has increased worldwide; nevertheless, in Colombia only few studies have been conducted, and none from the area of the present study. Colonies of the scleractinian coral species *Orbicella annularis*, *Pseudodiploria strigosa*, and *Siderastrea siderea* were sampled in Isla Fuerte (Bolívar), Colombia, in order to evaluate their gametogenesis and fecundity. Samples were taken from the center and the edge of 3-5 colonies of each species between August and September 2011, and between April and June 2012. Samples were fixed in 10% formaldehyde solution; later, they were decalcified using 10% HCl. Finally, they were conserved in 70% ethanol. Fecundity was calculated by direct observation, and the different stages of development were identified with histological techniques using Toluidin blue stain. Oocytes or spermaries were not found in any samples during stage I. Oocytes from *O. annularis* were found during July (stages II and III), and August (II-IV), whereas, oocytes from *P. strigosa* were found during April (II), and July (II-IV). Oocytes from *S. siderea* were found in all samples. Spermaries from *O. annularis* were found only during August. Spermaries from *P. strigosa* were found during April (II and III), and July (II-IV); and from *S. siderea* during August (II-IV), and September (II-V). *O. annularis* presented 394,6 oocyte/cm<sup>2</sup> in the center and 20,1 oocyte/cm<sup>2</sup> in the edge during July; whereas *P. strigosa* presented

Recibido: diciembre 2014; aceptado: octubre 2015.

<sup>1</sup> Grupo de investigación *LimnoBase* y *Biotamar*, Instituto de Biología, Universidad de Antioquia. A. A. 1226, Medellín (Antioquia), Colombia.

Correos electrónicos: <sup>2</sup> <sandrapa19@hotmail.com>; <sup>3</sup> <lizettequan@gmail.com>.

368,8 oocyte/cm<sup>2</sup> in the center during April. In spite of the differences in oocytes between the center and edge of the colonies, in this study the values found were higher than those for other Colombian Caribbean reefs under degradation conditions, such as other sites where fecundity was between 11 and 100 oocyte/cm<sup>2</sup>, respectively. These results allow us to observe and conclude that this reef is in better condition compared to two other Caribbean reefs studied. We recommend an annual monitoring of these and other scleractinian coral species in the Colombian Caribbean.

**Key words:** Colombian Caribbean, gametogenesis, reproductive biology, reproductive effort, scleractinian corals

## INTRODUCCIÓN

La reproducción sexual consta de una secuencia de eventos relacionados, como: la gametogénesis, la liberación de gametos o larvas, la fertilización y embriogénesis, cada uno de los cuales puede ser modificado de manera individual por selección natural (Szmant 1986). Para la gametogénesis, proceso mediante el cual se da la formación de gametos masculinos y femeninos, se ha visto que se da durante la temporada cálida (Fadlallah 1983), además, en algunos estudios, Soong (1991), Szmant (1991) y Van Veghel y Kahman (1994), demuestran que el tamaño de la colonia es de gran importancia, es decir, a mayor tamaño, mayor fecundidad. También se ha encontrado que muchas especies de coral producen menor número de gónadas o huevos en pólipos limitados energéticamente o estresados, como por ejemplo, aquellos que están en los márgenes de las colonias o cerca de heridas (Soong y Lang 1992, Szmant 1991).

Por otro lado, tenemos que las especies coralinas con ciclo reproductivo anual (tabla 1), presentan crecimiento lento, reproducción retardada, alta inversión anual en gametos, y a pesar de que muchas de estas características se conservan, las perturbaciones naturales u originadas por el hombre pueden determinar cambios en las respuestas reproductivas

como, por ejemplo, la disminución en fecundidad (Harrison 2011) la cual se puede definir como el número de gametos/gónada/pólipo/cm<sup>2</sup> o en fertilidad (Sakai 1998).

Si bien, hay algunos estudios realizados en Colombia, como por ejemplo, Alvarado y Acosta (2009), Alvarado et al. 2004, que estudiaron la reproducción sexual de *Diploria labyrinthiformis*, en Isla Grande (Islas del Rosario, Cartagena) y *Montastraea cavernosa*, en Santa Marta, Caribe colombiano, entre octubre de 1990 y octubre de 1991 (Acosta y Zea 1997). Para Isla Fuerte no se registran datos y se desconoce la condición reproductiva de las tres especies de corales propuestas en este estudio, y considerando que baja fertilidad, fecundidad y fertilización o reclutamiento inciden directamente en la estructura de una población, ya que pueden determinar la ausencia de juveniles, los cuales eventualmente reemplazan a las colonias grandes, y por lo tanto, su declive tiene consecuencias deletéreas en la persistencia de la población (Hughes y Tanner 2000). Por ello, se plantea evaluar la gametogénesis, fecundidad y esfuerzo reproductivo de estas, ya que son las más representativas por ser conspicuas y abundantes (Díaz et al. 1998, Vega-Sequeda et al. 2011) en arrecifes de Isla Fuerte y requieren de un seguimiento adecuado que permita estimar el estado de los arrecifes en esta zona del Caribe colombiano.

**Tabla 1.** Patrones de reproducción sexual de las tres especies de corales escleractinios estudiadas en Isla Fuerte (Bolívar), Colombia (S/R = sexo/reproducción; H = hermafrodita; G = gonocórica L = liberadora)

Especie	S/R	Gametogénesis	Liberación masiva
<i>Orbicella annularis</i>	H/L	Mayo-septiembre (Alvarado y Acosta 2009)	Agosto-octubre (Szmant 1986, Sánchez et al. 1999)
<i>Pseudodiploria strigosa</i>	H/L	Mayo-septiembre (Wyers 1991)	Agosto (Szmant 1986)
<i>Siderastrea siderea</i>	G/L	Marzo-noviembre (Soong 1991)	Julio-septiembre (Richmond y Hunter 1990)

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** Isla fuerte es una pequeña isla apartada del archipiélago de San Bernardo (9° 23' N, 76° 11' O; figura 1), perteneciente al municipio de Cartagena (Bolívar), Colombia, hace parte de la cadena de islas conformada por las islas del Rosario, San Bernardo y Tortuguilla. Aunque no está incluida dentro del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB), sí está legalmente protegida por encontrarse dentro del Área Marina Protegida Corales del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte (AMP-CRSBeIF) (resolución 679 de 2005; Alonso y Castillo 2007). Es una formación calcárea con elevación máxima de 12 m y un área emergida de 3 km<sup>2</sup> (Díaz et al. 1996). En su zona marina posee fondos duros de arrecife coralino, con un área de 6,24 km<sup>2</sup>, fondos blandos como praderas de pastos marinos y pocos parches de bosque de manglar (INVEMAR 2006).



**Figura 1.** Mapa de ubicación de sitio y puntos de muestreo en Isla Fuerte, Caribe colombiano (mapa realizado por Edgar Estrada y modificado)

**Diseño de muestreo y obtención de datos.** Se tomaron muestras biológicas en los meses de agosto y septiembre de 2011 y, abril y julio de 2012, (debido a que son los meses en los cuales se ha registrado el desove masivo para estas especies), mediante buceo autónomo y pulmón libre, entre 2-10 m de profundidad, en sitios conocidos como: Los Venados, Mazatlán, Mar abierto, el Socorro y el Inglés, todos en Isla Fuerte. Se extrajeron fragmentos del centro

y borde de las colonias con un tamaño aproximado de 2 x 2 cm y 1,5 mm de profundidad (con cincel y martillo) de 3-5 colonias tomadas de forma aleatoria. Las muestras se fijaron en formaldehído con agua de mar al 10%. En laboratorio se colocaron en solución Zenker durante 18 h. Se realizó decalcificación con ácido clorhídrico (HCl) al 10%. El tejido libre de carbonato se conservó en alcohol etílico al 70% hasta el momento de la observación.

De un cm<sup>2</sup> se realizaron las siguientes observaciones: número de pólipos (*O. annularis* y *S. Siderea*) o de peristomios (*P. strigosa*), número de mesenterios/pólipo; para cada pólipo se registró la presencia/ausencia de gónadas, número de mesenterios/pólipo, número de gónadas/pólipo, número de huevos/gónada, número máximo de gónadas/pólipo, con estos se calculó la fecundidad. Con otro cm<sup>2</sup> de la muestra se realizó histología, siguiendo el protocolo propuesto por Glynn et al. (1991). Los cortes del tejido coralino fueron realizados con un micrótopo de rotación manual, 2 preparaciones por colonia, 3-5 cortes transversales y longitudinales con un grosor de 7-8 μm por muestra, (entre un corte y otro se dejó 240 μm). Posteriormente, llevó a cabo la tinción, usando azul de toluidina (Carpizo et al. 2011).

El análisis microscópico permitió la observación y descripción de estadios de desarrollo de las gónadas (oocitos y espermarios). El esfuerzo reproductivo se calculó con la fórmula propuesta por Szmant (1986), modificado por Alvarado et al. (2009) = *número de mesenterios/cm<sup>2</sup> por el número de gónadas/mesenterio por el número máximo de huevos/gónada por el volumen de huevos/mm<sup>3</sup> por el número de ciclos/año.*

El volumen de los oocitos se obtuvo usando la fórmula para el volumen (*V*) de un esferoide alargado:

$$V = \frac{4}{3} \pi a^2 c$$

donde *a* es el radio ecuatorial y *c* radio polar (Berger y Colley 2010). Las medidas fueron tomadas de las muestras histológicas en cortes longitudinales. El análisis se realizó por separado en cuanto al borde y centro de la colonia, en las dos especies donde se encontraron oocitos. Adicionalmente, se calculó el área de las colonias muestreadas con la fórmula usada por Yap et al. (1992):

$$A = \pi \left[ \frac{\sqrt{L^*W}}{2} \right]^2$$

**RESULTADOS**

**Fecundidad.** Se pudo observar para *O. annularis*, un máximo de 18 sacos gonádicos/pólipo con oocitos (2-10) en diferentes estados de madurez; y para *P. strigosa*, hasta 22 gónadas/cm<sup>2</sup> con oocitos (5-10). Además, se encontraron diferencias en cuanto a la zona de la colonia, corroborando que para el centro de la colonia la fecundidad es mayor en comparación con el borde. De igual manera, para las fechas de muestreo y entre especies hubo diferencias (tabla 2). Para *S. siderea*, no se calculó fecundidad porque no se encontraron oocitos en ninguna de las muestras, lo que nos llevó a realizar un muestreo adicional para esta especie en el mes de noviembre del 2012 y los resultados fueron iguales.

Las colonias muestreadas, tenían un área mínima aproximada de 112,31 cm<sup>2</sup> y máxima de 3.180,9 cm<sup>2</sup>, en cuanto al tamaño promedio de los pólipos fue de profundidad: 3,7, 4,8 y 5,2 mm para *O. annularis*, *P. strigosa* y *S. siderea*, respectivamente; y de anchura 2,5 y 2,6 mm para *O. annularis* y *S. siderea*.

**Esfuerzo reproductivo.** Se calculó para borde y centro de las colonias, con datos obtenidos de los montajes

histológicos correspondientes a cortes longitudinales de las muestras. Siendo 537,8 oocitos/cm<sup>2</sup>/año para borde de colonia de *O. annularis* y para centro 1.430,4 oocitos/cm<sup>2</sup>/año; mientras que para *P. strigosa* 259,9 y 1.124,5 oocitos/cm<sup>2</sup>/año, para borde y centro, respectivamente.

**Gametogénesis.** Fue descrita de acuerdo a la clasificación de Szmant-Froelich et al. (1985), con los cortes longitudinales de los montajes histológicos. Se encontraron oocitos en diferentes estadios de madurez en un mismo saco gonadal, también se evidenció la presencia de espermarios en las tres especies, no se observaron oocitos ni espermarios en *estadio I*. Para *O. annularis* (figura 2), se observaron oocitos en las muestras de agosto, septiembre y julio, en *estadio II*, evidenciando el inicio de la vitelogénesis, núcleo en posición central y oocitos con un diámetro aproximado de 50 μ. Los oocitos en *estadio III* en promedio presentan 200 μ de diámetro, mayor cantidad de vitelo y membranas bien definidas, núcleo y nucléolo central. El *estadio IV*, el núcleo y nucléolo en posición lateral o migrando hacia los lados, oocitos de mayor tamaño. Los espermarios en la mayoría de los casos se encontraron en una misma gónada con los oocitos; de igual manera, en diferentes estadios de madurez. En *estadios II y III*, se observaron espermátidas

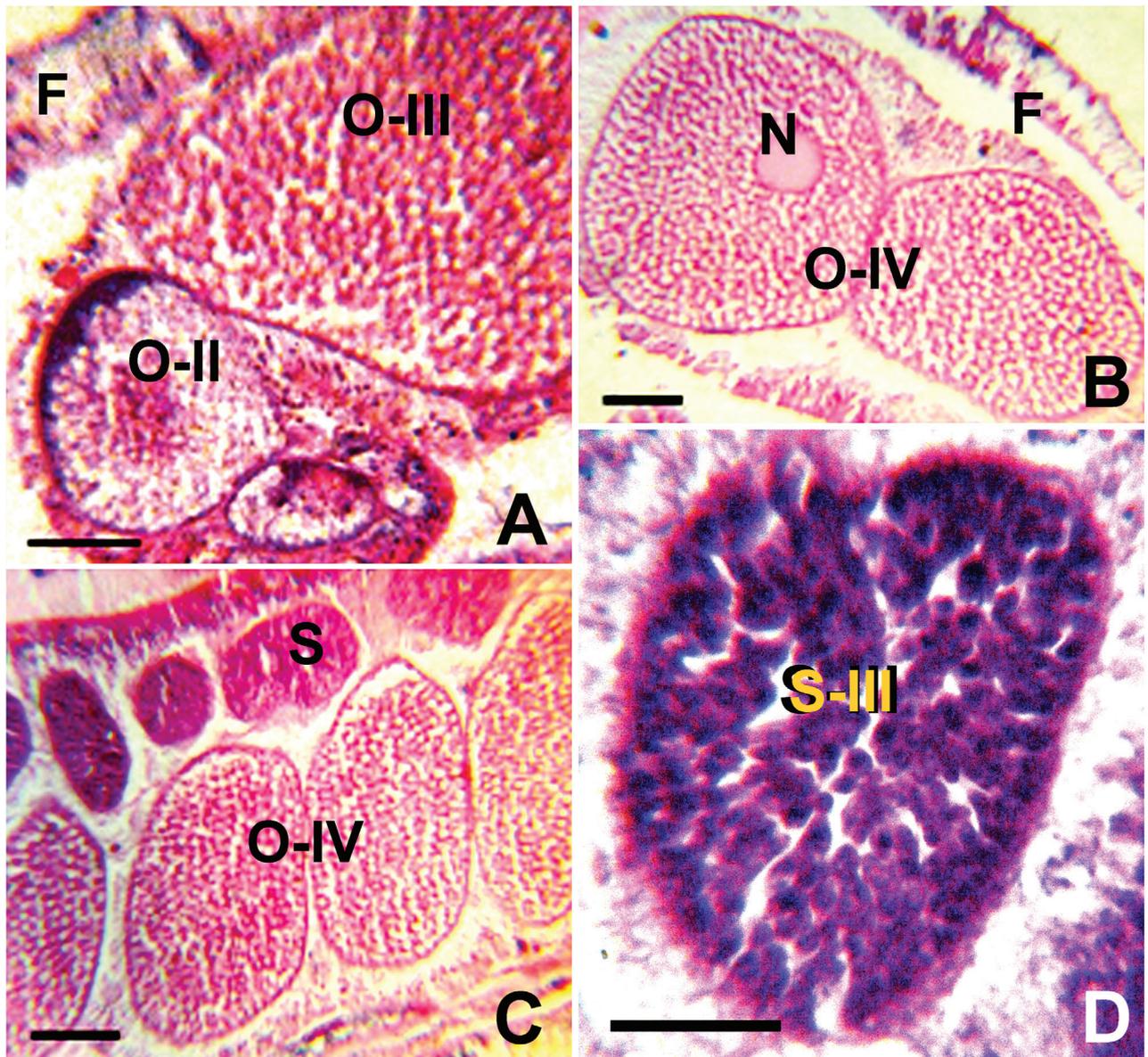
**Tabla 2.** Datos obtenidos de observación directa para calcular la fecundidad de las especies de corales escleractinios: *Orbicella annularis* (Ellis y Solander, 1786) y *Pseudodiploria strigosa* (Dana, 1846)

Especie	Fecha	polipo/cm <sup>2</sup>		sacos/cm <sup>2</sup>		sacos/polipo		oocito/saco		oocitos/cm <sup>2</sup>	
		centro	borde	centro	borde	centro	borde	centro	borde	centro	borde
<i>Orbicella annularis</i>	abr-12	10,0 ± 0,0	12,0 ± 0,97	0	0	0	0	0	0	0	0
	jul-12	14,2 ± 1,8	12,7 ± 1,50	63,9 ± 81,6	5,6 ± 15,0	4,20 ± 5,40	0,40 ± 1,1	2,59 ± 3,08	0,45 ± 1,26	394,60 ± 521,7	20,1 ± 66,6
	ago-11	11,6 ± 1,5	11,6 ± 1,90	49,2 ± 76,2	22,7 ± 35,5	4,20 ± 6,43	1,97 ± 3,1	2,41 ± 3,30	1,60 ± 2,40	323,60 ± 529,0	99,5 ± 174,2
	sep-11	12,0 ± 1,7	12,0 ± 1,70	2,3 ± 8,6	0	0,21 ± 0,80	0	0,21 ± 0,78	0	7,07 ± 25,9	0
<i>Pseudodiploria strigosa</i>	abr-12	9,6 ± 1,3	7,2 ± 2,90	76,4 ± 103,8	0	7,20 ± 9,40	0	2,80 ± 2,60	0	368,80 ± 521,8	0
	jul-12	4,3 ± 0,6	3,3 ± 1,53	64,6 ± 34,4	46,6 ± 64,3	15,30 ± 9,20	11,30 ± 12,0	4,60 ± 2,08	2,60 ± 2,52	346,00 ± 330,9	220,0 ± 330,5
	ago-11	5,3 ± 2,1	7,8 ± 1,71	0	0	0	0	0	0	0	0
	sep-11	7,2 ± 2,5	9,0 ± 4,64	0	0	0	0	0	0	0	0

densas y rodeadas por una membrana, no se diferencian bien los espermatozoides. En *estadio IV*, muchos espermatozoides presentes en la periferia o desplazándose alrededor del saco, generando una apariencia quebradiza o formando un espacio en el centro del saco.

En las muestras de los meses de abril y julio de *P. strigosa* (figura 3), se evidenció muy poco tejido espermario, lo que

dificultó un poco su caracterización. En el *estadio II*, los oocitos pequeños con formas más redondeada, con membrana gruesa, inicio de granulación, con  $47,5 \mu$  de diámetro (40 x). En *estadio III*, los oocitos son de mayor tamaño y con formas más alargadas o irregulares, con presencia de núcleo y nucléolo en posición central, membrana más delgada, alcanzando tamaño promedio de  $260 \mu$  (40 x) de diámetro. En oocitos maduros en *estadio IV*, se observaron

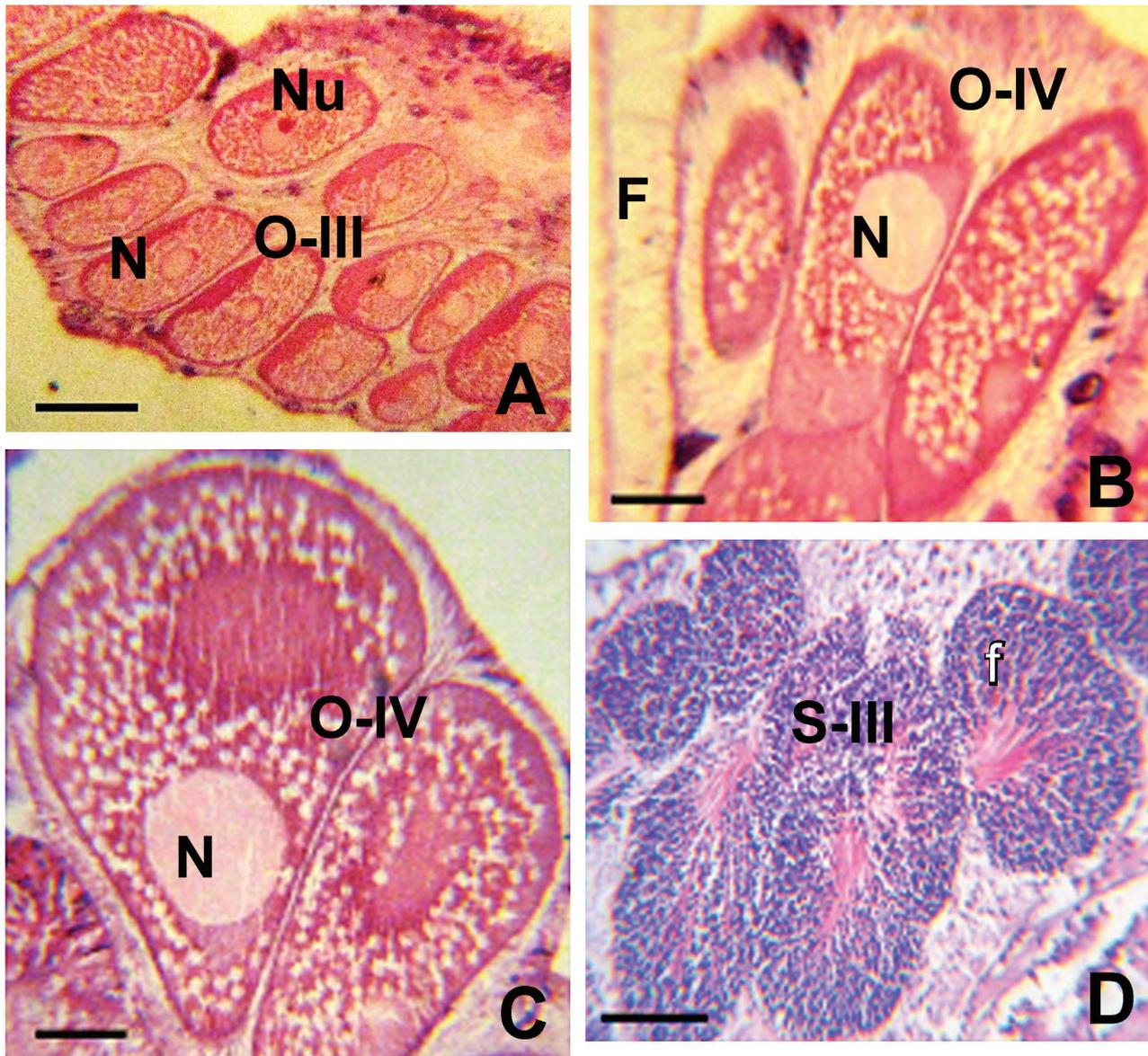


**Figura 2.** Gametogénesis para *Orbicella annularis*: A. Oocitos en estadio II y III (O-II y O-III; escala =  $50 \mu$ ); B. Oocitos en estadio IV (O-IV), con núcleo desplazándose hacia periferia (escala =  $50 \mu$ ); C. Oocitos en estadio IV (O-IV), compartiendo el mismo saco gonadal (escala =  $100 \mu$ ); D. Espermario en estadio III (S-III), espermatozoides desplazándose hacia la periferia (escala =  $25 \mu$ ) (F = filamento mesentérico; N = núcleo; S = tejido espermario)

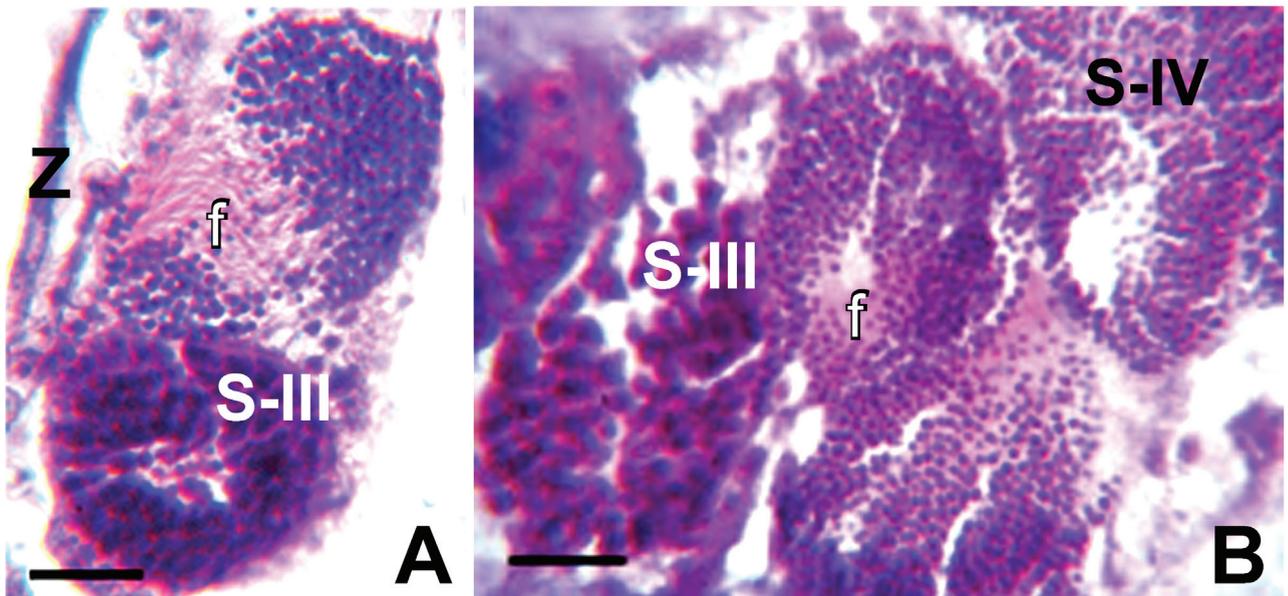
en julio, con núcleo y nucléolo en la periferia del oocito, gran cantidad de vitelo, en promedio 150  $\mu$  de diámetro. El tejido espermario en *estadio II*, se observó muy denso, rodeado por una membrana gruesa y no se diferencian bien los espermatozoides. En *estadio III*, los espermatozoides se observaron iniciando el desplazamiento hacia la periferia dejando un espacio en el centro del espermario; diámetro aproximado del espermario 67,5  $\mu$ . En *estadio IV*, no se

tuvo observación clara de los componentes gametogénicos celulares (espermarios), por lo tanto no se describe.

En cuanto a *S. siderea* (figura 4), los espermarios presentaron un tamaño mucho menor a las estructuras reproductoras encontradas en las otras dos especies. En el *estadio II*, se observaron espermatogonias muy densas y agrupadas, rodeadas por una membrana poco definida.



**Figura 3.** Gametogénesis para *Pseudodiploria strigosa*: A. Saco gonadal con oocitos en estadio III (O-III), se observa núcleo y nucléolo (escala = 100  $\mu$ ); B. Oocitos en estadio IV (O-IV), con núcleo quebradizo y en la periferia (escala = 50  $\mu$ ); C. Oocitos en estadio IV (O-IV), núcleo en la periferia (escala = 50  $\mu$ ); D. Tejido espermario en estadio III (S-III), se observan flagelos (escala = 50  $\mu$ ) (f = flagelos; F = filamento mesentérico; N = núcleo; Nu = nucléolo; O = oocito; S = tejido espermario)



**Figura 4.** Tejido espermatario para *Siderastrea siderea*: **A.** Tejido espermatario en estadio II y III (escala = 50  $\mu$ ); **B.** Tejido espermatario en estadios III y IV, se observan flagelos y espermatozoides desplazándose (escala = 25  $\mu$ ) (f = flagelos; S = tejido espermatario; Z = zoantelas)

En *estadio III*, muchos espermatocitos desplazándose a la periferia, membrana bien definida, se percibieron algunas colas y algunos espermatozoides con núcleo. En *estadio IV y V*, muchos espermatozoides agrupados en la periferia, se vieron las colas o flagelos dirigidos hacia el centro, se formó un espacio en el centro del espermatario, en algunos casos se notó como un desplazamiento de material espermático fuera de la gónada.

## DISCUSIÓN

En este estudio se revisaron algunas características del ciclo reproductivo de tres especies coralinas (*O. annularis*, *P. strigosa* y *S. siderea*) muy representativas para Isla Fuerte y para el Caribe en general. Las diferencias en cuanto a la posición de los pólipos en la colonia con respecto al esfuerzo reproductivo calculado, fueron evidentes y apoya lo planteado por varios autores, comprobándose así, que en una colonia coralina, la posición de los pólipos es importante al momento de referirse a la reproducción. Asimismo, varios trabajos como Harrison y Wallace (1990), Sakai (1998), Soong y Lang (1992) y Szmant (1991) han mencionado que aún en colonias grandes la fecundidad de pólipos en o cerca de los márgenes se reduce significativamente, debido a que los pólipos marginales usualmente exhiben gemación (intra o extratentacular)

y los pólipos resultantes son inicialmente inmaduros. Lo anterior sugiere que los pólipos tienen diferentes funciones de acuerdo a su ubicación en una colonia; los pólipos externos contribuyen a la defensa y expansión de la colonia, en tanto que los internos tienen función reproductiva (Sakai 1998, Soong y Lang 1992). Del mismo modo, el tamaño de la colonia (Harrison y Wallace 1990, Sakai 1998, Szmant 1986), también determina la eficiencia o madurez reproductiva de los corales.

Harrison y Wallace (1990) observaron que colonias de *Acropora* alcanzaban su madurez sexual tres años después del asentamiento de la larva, y que tras alcanzar la madurez sexual la fecundidad se incrementa con el tamaño, con mayor número de pólipos grávidos (Hall y Hughes 1996). De igual manera, colonias de *O. annularis* menores a 100 cm<sup>2</sup> tuvieron pocas gónadas (disminución experimental) o ausencia de gónadas (Szmant 1986). Sin embargo, algunos autores plantean que es el tamaño del pólipo lo que limita la reproducción, entre ellos podemos mencionar a: Harriott (1983) que encontró que para 4 especies de coral de la familia Mussidae el tamaño del pólipo más que el tamaño de la colonia es lo que limita la producción de gónadas. Por otro lado, Van Veghel y Kahmann (1994) encontraron que la fertilidad de *O. annularis* fue menor de 40% para pólipos pequeños (< 1,5 mm) y se incrementó con el diámetro del pólipo (Harriott 1983, Sakai 1998). En este

estudio se muestrearon colonias con un tamaño mayor a 100 cm<sup>2</sup>, con el fin de garantizar las condiciones que pueden asegurar una etapa reproductiva de las colonias en el arrecife. En cuanto que la posición de los pólipos si se observó diferencias en todos estos aspectos entre pólipos del borde y centro de la colonia.

Las características encontradas para la gametogénesis de *O. annularis* y *P. strigosa*, son similares a las descritas por Alvarado y Acosta (2009). De acuerdo a la literatura, la fecha en la que comienza la gametogénesis para *O. annularis* (mayo) y el mes de muestreo más cercano (abril) puede ser una de las razones por las cuales no se encontró gametos, ya que está muy cerca del inicio de la gametogénesis y las estructuras reproductoras no se encontraban, o eran de un tamaño y forma difíciles de diferenciar. Para *P. strigosa*, la cual inicia su gametogénesis en febrero (Soong 1991), si fue posible observar estructuras reproductoras para el inicio del muestreo (abril), sin embargo, no se observaron estructuras reproductoras para los meses de agosto y septiembre, para las cuales está registrado el desove masivo, por ello, podemos confirmar que las fechas de liberación de gametos varían según las regiones o que posiblemente la revisión de material (número de muestras y réplicas) no fue suficiente para evidenciar estas estructuras reproductoras cercanas a su liberación. Además, cabe decir que estas estructuras pudieron ser observadas directamente pero en el material de histología no quedaron plasmadas.

El número promedio de huevos por mesenterio en *P. strigosa* fue similar a lo encontrado por Soong (1991) para esta especie en Panamá (4-10 huevos/mesenterio) y con diferencias en cuanto al número promedio de huevos/mesenterio, para *O. annularis* (6,5 huevos/mesenterio) en Curazao según Van Veghel (1994). La presencia de gametos en diferentes estadios de madurez nos permite decir que la liberación de gametos puede ser regulada y que solo hasta el momento de la liberación masiva no se expulsan todos los gametos.

Al encontrarse una diferencia en cuanto al mes de mayor fecundidad para *P. strigosa* (abril), podemos decir que para esta especie su desove podría estar adelantándose un poco a lo observado por otros autores (agosto-septiembre), mientras que para *O. annularis* estas fechas coinciden respaldando lo encontrado en la literatura (Soong 1991, Szmant 1986, Wyers et al. 1991), acerca de la fecha de liberación que es entre julio y septiembre.

En comparación con el estudio realizado por Alvarado y Acosta (2009), el cual obtuvo una fecundidad promedio de 11 huevos/cm<sup>2</sup> para *O. annularis* en un arrecife degradado en Isla Grande, podemos considerar que el arrecife estudiado (Isla Fuerte) se encuentra mejor conservado, debido a que la tasa de fecundidad es mayor, aún en comparación con el arrecife de Curazao estudiado por Veghel y Kahman (1994) el cual obtuvo una fecundidad de 102 huevos/cm<sup>2</sup> para la misma especie.

Por otra parte, la alta tasa de fecundidad que se encontró, sugiere que la población de estas especies permanecerá debido a que se están produciendo organismos nuevos, los cuales podrían reemplazar a aquellos que estén más vulnerables a los efectos del cambio en las condiciones ambientales que se pueden producir, en gran parte por el cambio climático, aumento de enfermedades, cambio de salinidad y temperatura, entre otros.

Para el caso de *S. siderea*, en la cual no se encontró oocitos, consideramos que por su condición de gonocórico, las colonias muestreadas eran masculinas y que posiblemente los sitios muestreados sean lugares de asentamiento para esta especie, y no, donde se lleve a cabo la reproducción; sin embargo, para tener resultados más concluyentes faltaría realizar más muestreos y ampliar el área de estudio para así, poder dar más validez a lo dicho anteriormente.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al laboratorio de investigación *LimnoBase* y *Biotamar*, por los recursos logísticos y a sus integrantes por todo su apoyo. Al Instituto de Biología de la Universidad de Antioquia por el respaldo para esta investigación.

## REFERENCIAS

- Acosta A, Zea S. 1997. Sexual reproduction of the reef coral *Montastraea cavernosa* (Scleractinia: Faviidae) in the Santa Marta, Caribbean coast of Colombia. *Marine Biology*, 128: 141-148.
- Alonso D, Castillo P. 2007. Plan de manejo del Área Marina Protegida de los Archipiélagos del Rosario y San Bernardo, Santa Marta. p. 159.
- Alvarado EM, Acosta A. 2009. Fertilidad y fecundidad de *Montastraea annularis* en un arrecife degradado. Santa Marta, Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 38 (2): 91-108.
- Alvarado EM, García RU, Acosta A. 2004. Sexual reproduction of the reef-building coral *Diploria labyrinthiformis* (Scleractinia: Faviidae), in the Colombian Caribbean. *Revista de Biología Tropical*, 52 (4): 859-868.

- Borger LJ, Colley S. 2010. The effects of a coral disease on the reproductive output of *Montastraea faveolata* (Scleractinia: Faviidae). *Revista de Biología Tropical*, 58 (3): 99-110.
- Carpizo-Ituarte E, Vizcaíno-Ochoa V, Chi-Barragán G, Tapia-Vázquez O, Cupul-Magaña AL, Medina-Rosas P. 2011. Evidencia de reproducción sexual en los corales hermatípicos *Pocillopora damicornis*, *Porites panamensis* y *Pavona gigantea* en Bahía de Banderas, Pacífico mexicano. *Ciencias Marinas*, 37 (1): 97-112.
- Díaz JM, Sánchez JA, Díaz-Pulido G. 1996. Geomorfología y formaciones arrecifales recientes de Isla Fuerte y Bajo Bushnell, plataforma continental del Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 25 (1): 87-105.
- Fadlallah YH. 1983. Sexual reproduction, development and larval biology of scleractinian corals. A review. *Coral Reefs*, 2: 129-150.
- Glynn PW, Gassman NJ, Eakin CM, Cortes J, Smith DB, Guzman HM. 1991. Reef coral reproduction in the Eastern Pacific: Costa Rica, Panama, and Galápagos Island (Ecuador). I. Pocilloporidae. *Marine Biology*, 109: 355-368.
- Hall VR, Hughes TP. 1996. Reproductive strategies of modular organisms: comparative studies of reef-building corals. *Ecology*, 77: 950-963.
- Harriot VJ. 1983. Reproductive seasonality, settlement, and post-settlement mortality of *Pocillopora damicornis* (Linnaeus) at Lizard Island, Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, 2 (3): 151-157.
- Harrison PL. 2011. Sexual reproduction of scleractinian corals. En: Dubinsky Z, Stambler N (editores). *Coral reefs: an ecosystem in transition*. Amsterdam: Springer. p. 59-85.
- Harrison PL, Wallace CC. 1990. Reproduction, dispersal and recruitment of scleractinian corals. Chapter 7. En: Dubinsky Z (editor). *Coral reefs*. Amsterdam: Elsevier. p. 133-207.
- Hughes, TP, Tanner JE. 2000. Recruitment failure, life histories and long term decline of Caribbean corals. *Ecology*, 81 (8): 2250-2263.
- INVEMAR. 2006. Aves de isla Fuerte y Tortuguilla, dos islas de la plataforma continental del Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 35: 267-272.
- Sakai K. 1998. Effect of colony size, polyp size, and budding mode on egg production in a colonial coral. *Biology Bulletin*, 195 (3): 319-325.
- Soong K. 1991. Sexual reproduction patterns of shallow-water reef corals in Panamá. *Bulletin of Marine Science*, 49 (3): 832-846.
- Soong K, Lang JC. 1992. Reproductive integration in reef corals. *Biology Bulletin*, 183: 418-431.
- Szmant A. 1986. Reproductive ecology of Caribbean reef corals. *Corals Reef*, 5 (1): 43-54.
- Szmant AM. 1991. Sexual reproduction by the Caribbean reef corals *Montastraea annularis* and *M. cavernosa*. *Marine Ecology Progress Series*, 74: 13-25.
- Szmant A, Reutter M, Riggs L. 1985. Sexual reproduction of *Favia fragum* (esper): lunar patterns of gametogenesis, embryogenesis and planulation in Puerto Rico. *Bulletin of Marine Science*, 37 (3): 880-892.
- Van Veghel MLJ, Kahmann MEH. 1994. Reproductive characteristics of the polymorphic Caribbean reef building coral *Montastraea annularis*. II. Fecundity and colony structure. *Marine Ecology Progress Series*, 109: 221-227.
- Vega-Sequeda J, Navas Camacho R, Gómez Campo K, López Londoño T. 2011. Instalación y evaluación de dos nuevas estaciones de monitoreo de arrecifes coralinos en el Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 40 (1): 203-211.
- Yap TH, Alino PM, Gomez ED. 1992. Trends in growth and mortality of three coral species (Anthozoa: Scleractinia), including effects of transplantation. *Marine Ecology Progress Series*, 83: 91-101.
- Wyers S, Barnes S, Smith S. 1991. Spawning of hermatypic corals in Bermuda: a pilot study. *Hydrobiology*, 216/217: 109-116.