

ZOOPLANCTON ASOCIADO A UN EVENTO DE DESOVE MASIVO DE CORALES  
HERMATÍPICOS EN EL ARCHIPIÉLAGO DE NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO, CARIBE  
COLOMBIANO

LAURA STEPHANIE ROJAS BALLI

Trabajo de grado para optar al título de Bióloga Marina

Director

PAULO TIGREROS BENAVIDES, M. Sc.

Codirectora

ELVIRA MARÍA ALVARADO CHACÓN, Dr. Sc.

UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA  
BOGOTÁ D.C.

2014



## **AGRADECIMIENTOS**

A Paulo Tigreros, por su efectivo apoyo, ¡justo a tiempo! Por su gran capacidad de guianza y ejecución en este logro.

A Elvira Alvarado, por meterme en este cuento tan bello y sobre todo, por ser una inspiración académica y profesional.

A mis padres, Luis Carlos y Adriana, quienes me han brindado apoyo y fortaleza durante este proceso. Comparto la alegría de este logro con los seres más increíbles de este planeta.

A mis hermanos, Junior y Camilo, por sus constantes preguntas, sobre todo por “¿¡Ya terminó la tesis!?”, alegría y cariño.

A Diego Quiroga, por sus aportes académicos y emocionales durante este tiempo, aún después de todo este tiempo, sigues sorprendiéndome cariño.

A titi, Amanda Castro, por brindarme apoyo cibernético y excelentes deseos a distancia.

A mis amigos Laura Rodríguez, Julián Sánchez, Juan José Peláez, Fabián Bustos, Alejandra Ayarza, María Paula Riveros, Laura Sarmiento y Alejandro Henao, por acompañarme en distintos momentos (o en todos), de este proceso de desarrollo.

A la mejor compañía que pude tener en las noches de escritura, a mis amores Hakuna y Matata.

A mis guardianes, por ahora a distancia, Lilo y Chico.

A todos aquellos quienes me brindaron ayuda, apoyo y energía en el inicio y culminación de este hermoso reto, ¡lo logramos!



## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. JUSTIFICACIÓN .....	10
3. MARCO TEÓRICO.....	12
4. ESTADO DEL ARTE.....	15
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	17
6. OBJETIVOS .....	18
6.1. Objetivo General .....	18
6.2. Objetivos Específicos.....	18
7. HIPÓTESIS.....	19
8. METODOLOGÍA .....	20
8.1. Área de Estudio.....	20
8.2. Fase de Campo .....	22
8.3. Análisis de Laboratorio .....	22
8.4. Análisis de Datos .....	23
9. RESULTADOS .....	24
9.1. Composición y abundancia de familias .....	24
9.1.1. Predesove .....	24
9.1.2. Desove.....	24
9.1.1. Postdesove.....	25



9.2. Composición y abundancia de taxa y morfotipos .....	26
9.3. Variación temporal .....	28
9.4. Atributos ecológicos .....	29
10. DISCUSIÓN .....	31
10.1. Composición y densidad .....	31
...10.2. Variación temporal.....	33
11. CONCLUSIONES .....	35
12. RECOMENDACIONES.....	36
13. BIBLIOGRAFÍA .....	37



## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Abundancia relativa (A.R.) de los phyla y órdenes encontrados durante la liberación multiespecífica de gametos de corales hermatípicos de 2012.....	25
<b>Tabla 2.</b> Densidad (ind/m <sup>3</sup> ) de los taxa encontrados para el phylum Cnidaria durante la liberación multiespecífica de gametos de corales hermatípicos de 2012. Pre: Pre desove, D: Desove, Pos: Post desove, D: Diurno, N: Nocturno, H: Huevos.....	26
<b>Tabla 3.</b> Densidad relativa (%) de los taxon – morfotipo por periodo y jornada de muestreo.....	28
<b>Tabla 4.</b> Índices de diversidad de los días y jornada de muestreo con sus respectivos valores P y F provenientes del ANOVA. S: Riqueza de familias, N: Densidad (ind/m <sup>3</sup> ), d: Riqueza de Margalef, J': Uniformidad de Pielou, H': Diversidad de Shannon-Wiener, λ: Predominio de Simpson, Pre: Pre desove, D: Desove, Pos: Post desove, D: Diurno, N: Nocturno .....	30



## LISTADO DE FIGURAS

- Figura 1.** Estación de muestreo Isla Grande, PNN Corales del Rosario (modificado Google Earth, 2013) .....21
- Figura 2.** Abundancia relativa (%) de los taxa encontrados para el phylum Cnidaria durante la liberación multiespecífica de gametos de corales hermatípicos de 2012. Pre: Pre desove, D: Desove, Pos: Post desove, D: Diurno, N: Nocturno, H: Huevos. ....27
- Figura 3.** Dendrograma basado en la similaridad de Bray-Curtis para el muestreo de la liberación multiespecífica de corales hermatípicos del 2012. En el eje horizontal se indica el día (pre desove, desove y post desove) y jornada (diurna y nocturna), formando los grupos A y B .....29
- Figura 4.** Agrupación bidimensional de los días y jornadas muestreadas a partir de NMDS .....29



## ANEXOS

<b>Anexo A.</b> Curvas de diversidad acumulada por obtenida por familia-taxón durante el muestreo. Pre: Pre desove, D: Desove, Pos: Post desove, D: Diurno, N: Nocturno .....	46
<b>Anexo B.</b> Registros fotográficos de algunos integrantes de la comunidad zooplanctónica asociada a la liberación masiva de 2012.....	48
<b>Anexo C.</b> Densidad (ind/m <sup>3</sup> ) obtenida por familia-taxón durante el muestreo. Pre: Pre desove, D: Desove, Pos: Post desove, D: Diurno, N: Nocturno. ....	54
<b>Anexo D.</b> Densidad (ind/m <sup>3</sup> ) obtenida por taxón-morfotipo durante el muestreo. Pre: Pre desove, D: Desove, Pos: Post desove, D: Diurno, N: Nocturno, H: Huevos .....	55
<b>Anexo E.</b> Familias contribuyentes por grupo del SIMPER, para la comunidad zooplanctónica asociada a un desove de corales hermatípicos en 2012.....	56



## RESUMEN

Durante la liberación masiva de corales hermatípicos los días 5, 6 y 7 de septiembre de 2012 en Isla Grande, Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario y en el marco del Proyecto “Efecto de escorrentía sobre el reclutamiento de corales escleractinios”, se llevó a cabo la evaluación de la composición y abundancia de la comunidad zooplanctónica en jornadas diurnas y nocturnas antes, durante y después del evento, mediante el análisis de muestras de zooplankton superficial colectadas con baldes y filtradas por medio de red. Dada la complejidad de la identificación de los individuos, se establecieron las categorías familia-taxon y taxon-morfotipo. En total se identificaron 34 familias pertenecientes a 19 órdenes y 8 phyla, aportando el subphylum Crustacea el mayor número de familias (23) que totalizaron el 67,67 % de las abundancias relativas del muestreo. En las jornadas diurnas del pre desove destacó la familia Miraciidae (13,79 %) y en la nocturna Oikopleuridae (23,91 %); en el desove diurno Oikopleuridae (24,93 %) y en el nocturno Palaemonidae (21,81 %); y en ambas jornadas del post desove Oikopleuridae (29,88 % y 15,81 %, respectivamente). Dentro la clasificación taxon-morfotipo, se encontraron los morfotipos normales, mórula y deforme de los huevos, siendo más abundantes durante el desove y post desove; mientras que las larvas plánulas fueron significativas en el post desove diurno. El análisis de clasificación estableció la separación de grupos por jornadas. La presencia de las familias Oikopleuridae, Paracalanidae, Corycaeidae, Centropagidae y Cumacea, aportaron la mayor similitud. De acuerdo a los atributos ecológicos, la jornada nocturna se caracterizó por presentar la mayor riqueza de familias y abundancia total, siendo más diversa, con una alta uniformidad y bajo predominio con respecto a la diurna.

***Palabras clave:*** *Zooplankton, evento de liberación masiva, composición, densidad.*



## ABSTRACT

During the massive gametes release of hermatypic corals on 5, 6 and 7 september 2012 in Isla Grande, Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario and into the framework of the "The effects of runoff over recruitment of scleractinian corals", was carried out assessing the composition and abundance of the zooplankton community in day and night sessions before, during and after the event, by analyzing samples of surface zooplankton collected with buckets and filtered through zooplankton net. Given the complexity of identifying, the categories family-taxon and taxon-morphotype were established. In total 34 families belonging to 19 orders and 8 phyla were identified, being the subphylum Crustacea with the most families (23), representing 67.67% of the relative abundances of sampling. During the day of the pre spawning were highlighted Miraciidae (13.79%) family and Oikopleuridae (23.91%) at night; in the daytime spawning Oikopleuridae (24.93%) and in the night Palaemonidae (21.81%); and on both days of post spawning Oikopleuridae (29.88% and 15.81%, respectively). Within the taxon-morphotype classification, the deformed normal morphotypes, morula and eggs were found to be more abundant during the spawning and post spawning; while planulae larvae were significant in the post spawning day. The classification analysis established the separation of groups by days. The presence of families Oikopleuridae, Paracalanidae, Corycaeidae, Centropagidae and Cumacea, provided the greatest similarity. According to ecological attributes, the night shift was characterized by the greatest richness of families and total abundance, being more diverse, with high uniformity and low prevalence compared to daytime.

**Key words:** *Zooplankton, coral mass spawning, composition, density.*



## 1. INTRODUCCIÓN

El zooplankton comprende una gran diversidad de phyla debido a que en éste se encuentran individuos en diferentes estados del ciclo de vida (desde larvas a individuos adultos). Aunque los organismos zooplanctónicos poseen mecanismos de desplazamiento, en general dependen de las corrientes y la acción del viento (Sorokin, 1993; Goa, 2004). Este componente marino es considerado un eslabón clave para la transformación y transferencia de energía de niveles tróficos inferiores como el fitoplancton a niveles superiores (Margalef, 1972; Boltovskoy, 1981; Sorokin, 1993). Su estudio resulta clave para comprender su función en la red trófica, su rol en procesos biogeoquímicos y su papel en el transporte de alimento a las capas meso y batipelágicas (Margalef, 1972). Algunos de sus componentes desempeñan funciones bioindicadoras, como de materia orgánica, nutrientes y materiales tóxicos (Frithsen y Holland, 1990; Kuk *et al.*, 2000), los cuales logran brindar información de características medioambientales (Boltovskoy, 1981). El zooplankton de aguas arrecifales incluye tanto especies oceánicas como características del sistema, siendo las segundas más abundantes que las presentes en aguas abiertas aledañas (Kramer, 1987; Johnson, 1949; Bakus, 1964). Su composición varía según diferentes autores, técnicas, horas y sitios de muestreo. En zonas arrecifales influenciadas por aguas oceánicas durante muestreos diurnos, se observan individuos holoplanctónicos arrastrados por las corrientes (Sorokin, 1993). En muestras nocturnas, se presentan aumentos en el número total de especies recolectadas debido a capturas adicionales de organismos demersales y meroplanctónicas (Sale *et al.*, 1976; McWilliam *et al.*, 1981; En: Sorokin, 1993). En el holozooplankton arrecifal dominan los copépodos calanoideos, ciclopoideos y harpacticoideos, y se presentan otros crustáceos como cladóceros, anfípodos y mísidos (Renon, 1977). El zooplankton demersal se distribuye en la columna de agua principalmente en la noche, pues durante el día se refugia en superficies porosas del arrecife, cascajo, arena y tallos de macrófitas. Organismos como crustáceos, anfípodos, mísidos y algunas veces poliquetos, resultan ser los más numerosos (Hamner y Carleton, 1979).

Dentro del zooplankton también se encuentran corales hermatípicos en sus estados iniciales del ciclo de vida. Estos pertenecen al meroplancton (Sorokin, 1993) y se dan en forma de gametos, embriones y larvas (Harrison y Wallace, 1990), presentándose picos en los eventos reproductivos de estos organismos, mientras que los corales incubadores producen larvas durante todo el año (Richmond, 1996). El evento multiespecífico de liberación de gametos de especies hermatípicas



como *Montastraea annularis*, *M. cavernosa* y *M. faveolata*, y otras como *Diploria* spp., *Eusmilia fastigiata*, *Madracis senaria*, *Agaricia agaricites*, *A. humilis* y *Stephanocoenia intersepta* en el Caribe, exhibe periodicidad anual (Sánchez *et al.*, 1999; CARMABI Foundation, 2012) y depende de factores determinantes como la temperatura, la marea (basada en las fases lunares) e intensidad lumínica nocturna (Richmond, 1996; van Woesik *et al.*, 2006). Además de los corales, se conoce que otros grupos taxonómicos como equinodermos, octocorales y poliquetos presentan ciclos de desove durante la época de septiembre (CARMABI Foundation, 2012). Las larvas (plánulas), provenientes de corales incubadores y desovadores, son ciliadas, ricas en lípidos y presentan quimiorreceptores que les permiten detectar un sustrato adecuado para adherirse (Richmond, 1996). Pueden encontrarse en la columna de agua durante un periodo de 4 a 6 días, hasta lograr ser competitivas para asentarse, logrando una supervivencia hasta 105 días siendo competidoras activas en esta misma (Miller y Mundy, 2003). El plancton gelatinoso incluye cnidarios, ctenóforos y urocordados (Morales y Nowaczyk, 2006), dentro del cual los dos primeros son depredadores activos y selectivos de huevos y larvas (Cowan y Houde, 1993; Palma y Apablaza, 2004). Del mismo modo, los copépodos calanoideos y ciclopoideos presentan alimentación raptorial de larvas (Johnson y Allen, 2005). La finalización de la fase planctónica da el inicio de la bentónica con el reclutamiento, que consiste en el asentamiento de la larva en el sustrato y la metamorfosis de la misma hasta secretar carbonato de calcio como exoesqueleto (Vandermuelen, 1974; Richmond, 1996). Actualmente, es poco lo que se conoce sobre las comunidades zooplanctónicas arrecifales en el Caribe colombiano y no se tiene conocimiento sobre la dinámica de la comunidad asociada a eventos reproductivos de corales. De este modo, este estudio contribuye a un mejor entendimiento de la estructura de las comunidades zooplanctónicas en aguas arrecifales y su dinámica (cambios en su composición y densidad) durante un evento de liberación multiespecífica de gametos de corales.



## 2. JUSTIFICACIÓN

El éxito reproductivo de una población de coral depende de procesos como la fecundidad, tasas de fertilización, asentamiento y reclutamiento (Gilmour, 1999; Fabricius, 2005; Pizarro, 2006). Diferentes investigaciones en el área de estudio referentes a *M. annularis*, evidenciaron una baja fecundidad (Alvarado, 2008; Carrillo, 2009; Alviar, 2012), probablemente causada por disturbios naturales, antropogénicos y aportes del Canal del Dique (Restrepo *et al.*, 2006; Alvarado y Henao, 2013). La fertilización es controlada principalmente por factores que afectan las densidades de espermatozoides y huevos, como la sincronía en la liberación y la cantidad de gametos (Coma y Lasker, 1997), siendo la alta concentración de esperma un factor determinante para que se presente con éxito (Omori *et al.*, 2001), la cual puede explicar en parte, la baja fertilidad hallada por Alviar (2012) en el área de estudio. En consecuencia a una disminución de la fertilización, se presenta menor asentamiento y por ende bajo reclutamiento, lo que concuerda con el pequeño número de reclutas hallados por Alviar (2012) y Henao-Castro (2013). Dado que el evento de liberación representa una fuente de alimentación nutritiva y segura, al no presentar mecanismos físicos de defensa (McCormick, 2003; Pratchett *et al.*, 2000), diferentes grupos taxonómicos presentan depredación selectiva sobre huevos y larvas, además de observar que peces y filtradores obligados y facultativos cambian sus dietas para consumir grandes cantidades de este material, incluso días después del evento (Cowan y Houde, 1993; Pratchett *et al.*, 2000; Palma y Apablaza, 2004).

El estudio de la comunidad zooplantónica provee información útil para comprender los mecanismos que controlan su agrupamiento y analizar su respuesta ante la dinámica medioambiental y ecosistémica (Bucklin *et al.*, 2004). De acuerdo a las estrategias alimenticias que exhiben diferentes taxa, como la alimentación por parte de crustáceos y plancton gelatinoso sobre huevos y larvas de coral (Cowan y Houde, 1993; Palma y Apablaza, 2004), se lograría comprender su rol trófico durante un evento de liberación. Por ejemplo, durante la expulsión de bolsas gaméticas se observa un evento de saciación por parte del zooplankton y diferentes eslabones de la red trófica en dicho acontecimiento (obs. pers.). En términos ecológicos y en función de sus estrategias de historia de vida, la liberación multiespecífica de gametos, se presenta como una estrategia antidepredatoria generando un efecto de dilución, en el cual los depredadores solo pueden consumir un porcentaje de sus gametos y larvas (Oliver *et al.*, 1988; Sorokin, 1993).



Este estudio se realizó en el mes de septiembre (época de liberación masiva de gametos) sobre la barrera arrecifal situada al norte de Isla Grande, bajo el marco del proyecto “Efecto de escorrentía sobre el reclutamiento de corales escleractinios”. La escogencia de la estación de muestreo estuvo determinada por la cantidad de colonias de *M. annularis*, conocimiento de la zona por los investigadores y facilidad de traslado de dicho punto a tierra. Dado que las muestras debían ser colectadas en jornadas diurnas y nocturnas, y teniendo en cuenta la dificultad de maniobrar de noche en el área, estas fueron tomadas en superficie desde la embarcación con balde y filtradas con red de diámetro de poro de 250  $\mu\text{m}$ . Esta metodología se abordará a fondo más adelante.

La mayoría de estudios realizados en el Caribe colombiano sobre zooplankton, han sido enfocados a su composición y estructura en bahías continentales y en la plataforma; existiendo así poca información acerca de la comunidad arrecifal. Es relevante mencionar que no existe información asociada a un evento de liberación masiva a nivel global. Teniendo en cuenta la falta de información, el papel trófico de la comunidad y la importancia de la fase planctónica de los corales liberadores de gametos, se evaluó la composición y densidad de la comunidad asociada al desove multiespecífico de gametos en un área protegida del Parque Nacional Natural Corales del Rosario.



### 3. MARCO TEÓRICO

Los corales escleractínios son considerados organismos sésiles. No obstante, durante su estado inicial, se encuentran móviles en la columna de agua. Presentan un ciclo de vida simple, compuesto de dos fases siendo la bentónica dominante sobre la planctónica. La primera se caracteriza por la presencia de tejidos y esqueleto que confieren la capacidad de reproducirse por gemación u otros tipos de reproducción asexual, o por medio de repetidos ciclos anuales de liberación de huevos y esperma para la formación de embriones; y la segunda, inicia con los gametos y se extiende hasta una etapa larval denominada plánula, de vida libre (Harrison y Wallace, 1990; Harrison, 2011). El éxito de sobrevivencia y de asentamiento permanente al sustrato por parte de la larva, permite la metamorfosis de un estadio larval a un pólipos juvenil, que inicia la formación de estructuras de carbonato de calcio (Richmond, 1996; Harrison, 2011). Posterior al crecimiento del juvenil, ocurre una fase pre-sexual, que da paso al desarrollo del adulto sexualmente reproductivo, completando el ciclo de vida (Szmant, 1986; Richmond, 1996; Harrison, 2011). En cuanto al evento de liberación anual, en términos de alimentación, representa un largo pulso de alimentos ricos en nutrientes para aquellos organismos que son capaces de explotarlos, pues entre el 50-70 % de los huevos está compuesto de lípidos (McCormick, 2003; Pratchett *et al.*, 2000). Según lo descrito en la introducción, para los diferentes depredadores, las larvas y bolsas gaméticas liberadas, representan una fuente de alimentación nutritiva y segura pues no se conoce que presenten algún mecanismo de defensa físico (Pratchett *et al.*, 2000).

Individuos de la comunidad zooplanctónica pueden ser clasificados como holoplanctónicos, meroplanctónicos, demersales y epibénticos. Presentan diferencias según el sitio de la columna del agua en la cual se den sus fases de desarrollo, realizando migraciones verticales diurnas a la superficie (cuando son aptos para competir) y nocturnas para buscar protección. El zooplankton demersal se encuentra dentro o sobre el arrecife de día (realizando movimientos verticales y horizontales) y en la noche se establece sobre estratos superiores de la columna de agua, y el epibéntico pasa parte de su tiempo en las proximidades o sobre la superficie de los arrecifes. Pueden presentar hábitos tróficos herbívoros y carnívoros, siendo estos últimos consumidores de individuos de menor tamaño como estadios larvales de la comunidad (Sorokin, 1993; Heidelberg *et al.*, 2004). Una estrategia antidepredatoria es el desplazamiento vertical y horizontal, debiéndose la primera a factores como restricciones metabólicas (Enright, 1977) y disponibilidad de alimento (Dini y



Carpenter, 1992), sin embargo, diferentes estudios indican que la causa mayor es la evasión de depredadores (De Stasio, 1993). Autores como Sale *et al.* (1976) y Mc William *et al.* (1981), reportan un déficit en abundancias durante el día, en contraste con muestras tomadas en la noche. (En: Sorokin, 1993). Esta deficiencia puede ser explicada por factores como la migración vertical hacia los sedimentos o movimientos horizontales lejanos al área de muestreo (De Stasio, 1993). Por otra parte, la migración horizontal puede atribuirse a la evasión de zonas litorales, donde la depredación parece ser mayor, probablemente por peces (Urabe, 1990).

Los corales pueden presentar reproducción asexual o sexual. La vía sexual permite que haya variabilidad genética durante la meiosis al igual que durante la fertilización del huevo por el esperma (Fadlallah, 1983; Harrison, 2011). Los productos reproductivos poseen flotabilidad positiva debido a su contenido lipídico, llevándolos a la superficie (Richmond, 1996) de la columna del agua donde ocurre la fertilización formando el embrión que pasa a ser plánula (larva ciliada). Esta puede encontrarse durante un periodo de 4 a 6 días, hasta lograr ser competitivas para asentarse, logrando una supervivencia hasta de 105 días siendo competidoras activas en los estratos del medio (Miller y Mundy, 2003). La dispersión de las larvas representa gran parte del éxito de reclutamiento, así como la conectividad entre poblaciones (Szmant y Meadows, 2006). Existen dos modos distintos de fecundación que difieren en la manera en la cual los gametos se unen a otros. Las especies incubadoras fertilizan sus huevos internamente, con el desarrollo del embrión a plánula dentro del pólipo, mientras que las liberadoras expulsan huevos y esperma en el medio dando lugar a la fertilización externa para la formación de la larva (Harrison, 2011).

Sin importar el modo reproductivo, en la mayoría de especies de coral se observa una periodicidad en la liberación de larvas o gametos (Szmant *et al.*, 1985; van Woesik *et al.*, 2006). La reproducción por pulsos (en determinado momento, en este caso, anual) de corales masivos (como *M. annularis*) es un proceso sincronizado de producción y expulsión de huevos y esperma (Szmant *et al.*, 1985), dando como resultado un evento de liberación masiva, como respuesta a diferentes factores ambientales. Dada la región y área geográfica, el evento puede presentarse en un momento anual o por determinado periodo (Mendes y Woodley, 2002). La temperatura del agua es una señal que determina el momento del año para que el evento ocurra (Richmond, 1996). Sin embargo, el factor determinante antes del desove, son las fases lunares, dada su relación con las mareas (disminución y aumento), que también inciden al igual que la luminosidad nocturna (Richmond, 1996; van Woesik *et al.*, 2006). Se han realizado observaciones que demuestran que el evento es “contagioso” pues por medio de señales químicas diferentes especies estimulan a que otras dentro del arrecife la



ejecuten (Richmond, 1996). Además de los corales, especies de equinodermos como *Diadema antillarum*, *Holothuria mexicana*, especies de la familia Ophiuroidea, gorgonáceos como *Plexaura* spp. y anélidos como *Hermodice carunculata* y *Spirobranchus giganteus*, presentan ciclos reproductivos en la misma época (CARMABI Foundation, 2012). En el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB), la liberación masiva de especies hermatípicas como *M. annularis* y *M. faveolata*, las más importantes en la construcción de arrecifes en el Caribe (Sánchez *et al.*, 1999) y otras como *Diploria* spp., *E. fastigiata*, *M. senaria*, *A. agaricites*, *A. humilis* y *S. intersepta* (CARMABI Foundation, 2012), se da en el mes de septiembre durante dos noches, seis o siete días posterior a luna llena (con condiciones favorables para el evento, mencionadas anteriormente).

El desarrollo de la plánula proveniente de corales incubadores o liberadores es similar en algunos aspectos: presencia de cilios, alto contenido de lípidos y presencia de quimiorreceptores usados para la detección de sustrato adecuado para su asentamiento y metamorfosis (Richmond, 1996). La larva proveniente de un parental liberador de gametos presenta un tamaño menor a la de un incubador y no posee zooxantelas, sino que las adquiere durante el ciclo hasta ser un organismo sésil (Richmond, 1996). Diferentes invertebrados realizan liberaciones masivas sincronizadas con los corales (De Graaf *et al.*, 1999); van Veghel (1993) realizó observaciones en Curaçao de diferentes especies de organismos sésiles y móviles como esponjas, corales, gorgonáceos, equinodermos, poliquetos y moluscos concluyendo que muchas veces los huevos recolectados tras una liberación masiva pueden ser producto de grupos diferentes a los corales.



#### **4. ESTADO DEL ARTE**

El estudio de la comunidad zooplanctónica arrecifal fue iniciado por Kramer (1987), quien estableció que es más abundante cuantitativamente que el de aguas oceánicas circundantes. En relación al evento de liberación masiva de gametos de corales, no se ha realizado ningún estudio que describa la comunidad, tanto a nivel nacional como global, pues los diferentes estudios encontrados se encaminan a determinar su composición durante sucesos oceanográficos, como la surgencia. De igual manera, es poca la información con la que se cuenta acerca de la comunidad en el área de estudio. A partir de este déficit de información y la importancia trófica del zooplankton durante la liberación masiva de gametos en un área marina protegida, se llevó a cabo esta investigación que permitió conocer la estructura de la comunidad.

En el Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario, Franco *et al.* (1992) registraron las diferencias estructurales que presentó la comunidad zooplanctónica al norte y sur de Isla Tesoro. La estación del norte se caracterizó por presentar una baja diversidad, dominancia de copépodos calanoideos y un bajo porcentaje de grupos meroplanctónicos debido a la gran dinámica del área, mientras que la estación del sur exhibió una mayor diversidad generada por la baja exposición a corrientes y vientos. La presencia de Chaetognatha y Urochordata, evidenciaron la influencia de aguas oceánicas.

En cuanto a la composición, en las islas de Providencia y Santa Catalina durante época lluviosa, el subphylum Crustacea abarcó la mayor cantidad de familias encontradas, específicamente con los órdenes Calanoida, Poecilostomatoida y Decapoda, y por larvas de decápodos y quetognatos (Martínez, 2007). Por otro lado en Jamaica, muestreos diurnos y nocturnos evidenciaron que los copépodos fueron el taxon dominante, presentando mayores abundancias en la noche debido a sus periodos de alimentación y a estrategias para evitar la depredación por los peces, mientras que larvas de decápodos, poliquetos, anfípodos, isópodos y quetognatos, presentaron una alta variabilidad respecto a su frecuencia de aparición con bajos valores de abundancia (Heidelberg *et al.*, 2004). Asimismo, en el Parque Nacional Archipiélago Los Roques en Venezuela, los copépodos constituyeron el grupo dominante y permanente, seguido por los apendicularios, pteropodos y larvas meroplanctónicas (Casanova *et al.*, 2007). De manera similar, en Quintana Roo, México, el grupo de los copépodos fue el más dominante, seguido por larvas de decápodos, huevos y larvas de peces. Se observaron diferencias significativas en la comunidad entre las zonas, encontrando en la laguna



arrecifal mayores densidades de zooplankton demersal y meroplankton, pues el área propició mayor protección y fuentes alimenticias (Castellanos-Osorio y Suárez-Morales, 1997).

La composición del zooplankton arrecifal varía según las estimaciones de los autores, técnicas de muestreo usadas, tiempo de muestreo y sitio de muestreo (Sorokin, 1993). En 1981, Mc William *et al.* (En: Sorokin, 1993), realizaron un estudio en arrecifes del Indo Pacífico, evidenciando que las áreas arrecifales que se encuentran influenciadas por aguas oceánicas presentaron especies holoplanctónicas oceánicas arrastradas por las corrientes durante el día, mientras que en horarios nocturnos, se generaron aumentos en el número total de especies recolectadas debido a capturas adicionales de organismos demersales y meroplanctónicos (Sale *et al.*, 1976, En: Sorokin, 1993).

En relación a la clasificación general de la comunidad, en el holoplankton arrecifal, los copépodos calanoideos y ciclopoideos resultaron ser los más abundantes, y se presentaron otros crustáceos como cladóceros, anfípodos y mísidos (Renon, 1977). Durante la noche, el zooplankton demersal se distribuye a través de la columna de agua y en el día se refugian en superficies porosas del arrecife como cascajo, arena y tallos de macrófitas (Hamner y Carleton, 1979).



## **5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Las investigaciones sobre la comunidad zooplanctónica asociada a un desove masivo de corales son nulas, y los estudios realizados acerca de la misma en áreas arrecifales del Caribe colombiano son escasos. Teniendo en cuenta el déficit de información, la necesidad de comprender su importancia y papel trófico en un evento de liberación de gametos y/o larvas, además de establecer el porcentaje de posibles estadios iniciales de corales, se consideró relevante determinar la descripción de la composición y densidad de la comunidad zooplanctónica de Isla Grande antes, durante y después de la liberación masiva de gametos.



## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. Objetivo general**

Determinar la composición y densidad de la comunidad zooplanctónica asociada a un evento reproductivo de corales hermatípicos, teniendo en cuenta que la abundancia de diferentes productos sexuales incidirá sobre la estructura de la comunidad zooplanctónica.

### **6.2. Objetivos específicos**

Contrastar la composición y abundancia de la comunidad previo, durante y posterior al evento de desove masivo.

Determinar posibles variaciones de la comunidad zooplanctónica teniendo en cuenta jornadas diurnas y nocturnas en la zona arrecifal de Isla Grande durante el evento de liberación.



## **7. HIPÓTESIS**

De acuerdo a la influencia del evento multiespecífico de liberación de productos sexuales, la composición y densidad del zooplankton presentarán diferencias antes, durante y después del evento al igual que entre las jornadas de muestreo (diurna - nocturna).



## 8. METODOLOGÍA

### 8.1. Área de estudio

Las islas del Rosario se localizan en la plataforma continental del Caribe colombiano a 54 km al suroeste de Cartagena (Figura 1), en el Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario, 10°7'-10°14' N y 75°37'-75°52' W (Díaz *et al.*, 2000; Alvarado y Acosta, 2009). El área está compuesta por 32 islas e islotes ocupada por formaciones coralinas recientes de aproximadamente 68 km<sup>2</sup> que se presentan en forma de complejo arrecifal sobre la plataforma continental con arrecifes de barrera, de parche y franjeantes, bancos y tapetes coralinos (Díaz *et al.*, 2000). Forma parte del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB), catalogado como un área marina protegida con la mayoría de su territorio sumergido (Alvarado *et al.*, 1986; Cendales, 1999).

El área se caracteriza por presentar dos épocas climáticas marcadas: un período seco (de diciembre a abril) con un predominio de los vientos del norte (Alisios) e incidencia de centros de baja presión; y un periodo lluvioso (de mayo a noviembre) donde los vientos disminuyen, lo que permite que la ZCIT (zona de convergencia intertropical), inflencie la zona causando precipitaciones asociadas a centros de baja presión (Leblé y Cuignon, 1987; Sánchez *et al.*, 1999). A lo largo del tiempo se observan variaciones en la temperatura superficial del mar, pues en las últimas cinco décadas osciló entre 25,35 y 33,00 °C (Pfaff, 1969; Sánchez, 1995; López-Victoria y Díaz, 2000) y una precipitación anual promedio de 1013,1 mm (Sánchez, 1995).

La sedimentación y turbidez varían e influyen de manera estacional principalmente por el aporte de aguas continentales del río Magdalena a través del canal del Dique, siendo más alta en la época lluviosa y con mayor influencia en la bahía de Barbacoas (Cendales *et al.*, 2002).



**Figura 1.** Estación de muestreo (superior) Isla Grande, PNN Corales del Rosario y demarcación geográfica del área de estudio (inferior) (modificado Google Earth, 2013).



## **8.2. Fase de campo**

La liberación masiva de gametos del 2012 se presentó los días 6 y 7 del mes de septiembre; dentro el marco del proyecto de “Efecto de escorrentía sobre el reclutamiento de corales escleractinios”, por la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano y el PNNCRSB. Se recolectaron muestras de agua diurnas (entre 9:00 y 10:00) y nocturnas (20:00 y 22:00) el día anterior (predesove), durante (desove) y después (postdesove) del evento en la estación de Isla Grande (Figura 1) a partir de recolecciones superficiales mediante balde de 20 L. Dado que el área de muestreo es arrecifal, el transporte de lancha de manera continua no es posible y por ende, no se trabajó con red y flujómetro; método realizado también por Sorokin (1990). Para cada muestra se tomaron 20 baldes desde la embarcación, filtrando cuidadosamente dichos volúmenes por medio de una red de zooplankton de 250  $\mu\text{m}$  de diámetro de poro ubicada verticalmente en paralelo al investigador, obteniendo un volumen filtrado de 400 L y uno concentrado de 300 mL por muestra obtenida. Posteriormente, el colector de la red se lavó cuidadosamente con agua de mar filtrada y su contenido se vertió en frascos de boca ancha. Los individuos fueron fijados con formalina (base de agua de mar) al 4 % para su preservación y posterior identificación.

## **8.3. Análisis de laboratorio**

El proceso de identificación de los individuos recolectados se realizó en estereoscopio observando alicuotas de 5 a 10 mL en placa Bogorov utilizando lugol para dar mayor contraste a organismos gelatinosos. El número de alicuotas analizadas se determinó por medio de curvas de diversidad acumulada por familias (Anexo A), basada en el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Ludwig y Reynolds, 1988). Se efectuaron observaciones detalladas y mediciones a huevos (H) y larvas encontradas de corales, siendo documentadas por medio de fotografías (Anexo B). La identificación de la mayoría de taxa se hizo a nivel de familia para el análisis estadístico, utilizando las claves taxonómicas de Boltoskoy (1981), Alvarino (1981), Todd (1996), Smith y Johnson (1996), Conway *et al.* (2003) y Johnson y Allen (2005); sin embargo, algunos de los individuos fueron identificados a nivel de género, sobre todo para la subclase Copepoda. Del mismo modo,



diferentes individuos no lograron ser clasificados por familias, debido a la complejidad de determinación, y fueron organizados de acuerdo a la categoría “taxon – morfotipo” presentados en el Anexo D, siendo estos datos de importancia en cuanto a composición. Con respecto a los huevos de Cnidaria (Figura 2, Anexo B), se encontraron los morfotipos normal (redondas y simétricas), mórula (con evidentes procesos de clivaje) y deforme (sin forma definida).

#### **8.4. Análisis de datos**

Se determinó la estructura de la comunidad a partir de los resultados de composición taxonómica y abundancia. Se obtuvo el número de individuos por volumen filtrado, densidad ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) y abundancia relativa (%). El valor establecido para aclarar cuales familias fueron más abundantes que otras, fue del 10 % (porcentaje basado en la experiencia del investigador). El análisis estructural de la comunidad se basó en medidas de diversidad que brindaron información acerca del comportamiento ecológico de la comunidad (Ludwig y Reynolds, 1988; Ramírez, 1999; Clarke y Warwick, 2001), como riqueza de familias, abundancia total, diversidad de Shannon-Wiener (LN), uniformidad de Pielou y predominio de Simpson; para lo cual se utilizó el paquete ecológico PRIMER® V5. A partir de los valores residuales de dichos atributos, se realizó la normalidad con la prueba Shapiro-Wilk y la homocedasticidad con la prueba de Levene, y posteriormente se definió un análisis de varianza paramétrico (ANOVA) con respecto a los valores obtenidos en las medidas de diversidad.

A partir de las densidades totales por día y jornada de muestreo (matriz Q), mediante un índice cuantitativo de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957), se obtuvo un análisis de clasificación (dendrograma) y análisis de similaridad ANOSIM (Clarke, 1993). Con el fin de incrementar la abundancia de las familias poco abundantes (Anexo C), se procedió a transformar los datos ( $\log X+1$ ). Un complemento para el dendrograma, fue el análisis de ordenación NMDS, en donde a partir de la matriz de similaridad, encuentra un conjunto de medidas de proximidad entre objetos en base a una tabla de distancias (similitud), obteniendo así un mapa que permite interpretar gráficamente las relaciones existentes entre ellos (Ramírez, 1999). Adicional a esto, un análisis SIMPER permitió determinar las especies características de cada una de las agrupaciones obtenidas en el dendrograma de similaridad.

## 9. RESULTADOS

### 9.1. Composición y densidad de familias

La comunidad zooplantónica asociada a un evento de liberación masiva de corales hermatípicos estuvo representada por 34 familias-taxa pertenecientes a 19 órdenes y 8 phyla (Tabla 1). En general, el phylum Arthropoda (subphylum Crustacea) presentó el mayor número de familias que totalizaron el 67,67 % de la abundancia del muestreo, representado por el orden Calanoida (35,97 %), destacando a la familia Paracalanidae con un 15,70 %. El orden Copelata (phylum Chordata) presentó la segunda mayor abundancia relativa en el estudio (19,70 %), conformado por la familia Oikopleuridae. En cuanto a la densidad (Anexo C y D), el desove alcanzó el mayor valor total en cuanto esta variable, seguido por el postdesove y predesove.

#### 9.1.1. Predesove

La jornada diurna se caracterizó por presentar mayor abundancia en el orden Harpacticoida, con la familia Miraciidae (13,79 %: 92,78 ind/m<sup>3</sup>), representada por *Macrosetella gracilis* (8,05 %) y *Miracia efferata* (5,73 %). El orden Calanoida, constituido por la familia Temoridae, con *Temora* spp., obtuvo una densidad de 85,05 ind/m<sup>3</sup> y una abundancia relativa de 12,64 %. Los órdenes Poecilostomatoida (familia Corycaeidae: *Corycaeus* spp., anteriormente pertenecientes al orden Ciclopoida) y Copelata (familia Oikopleuridae: *Oikopleura* spp.), obtuvieron los mismos valores de abundancia y densidad.

En cuanto a las muestras nocturnas, la familia Oikopleuridae (*Oikopleura* spp.) obtuvo la mayor densidad (23,91 %: 926,97 ind/m<sup>3</sup>), seguido por el orden Calanoida, representado por las familias Paracalanidae (*Paracalanus* spp.) con una abundancia relativa de 21,3 % (825,84 ind/m<sup>3</sup>), y Tortanidae (*Tortanus* spp.) con un 12,39 % (480,34 ind/m<sup>3</sup>).

#### 9.1.2. Desove

La familia Oikopleuridae (*Oikopleura* spp.) presentó una densidad relativa de 24,43 % (606,25 ind/m<sup>3</sup>), siendo la más alta en la jornada diurna, seguida por la familia Paracalanidae (*Paracalanus* spp.) con un 21,41 % (531,25 ind/m<sup>3</sup>) y Corycaeidae (*Corycaeus* spp.) con un 20,90 % (475,00 ind/m<sup>3</sup>).



El subphylum Crustacea presentó la mayor abundancia relativa con la familia Palaemonidae (representada por larvas estado I) con un 21,81 % (781,25 ind/m<sup>3</sup>) en las muestras nocturnas, seguida por las familias Oikopleuridae (*Oikopleura* spp.) con un 11,51 %, (412,50 ind/m<sup>3</sup>), Paracalanidae (*Paracalanus* spp.) con un 10,82 % (387,50 ind/m<sup>3</sup>) y el taxón Cumacea con un 10,64 % (381,35 ind/m<sup>3</sup>).

**Tabla 1.** Abundancia relativa (A.R.) de los phyla y órdenes del zooplankton encontrados durante la liberación multiespecífica de gametos de corales hermatípicos de 2012.

Phylum	Orden	A.R. (%)	Acumulado A.R. (%)	No. Familia-Taxon	
<b>Foraminifera</b>	Rotaliida	4,38	4,38	1	
	Leptothecata	0,33		1	
<b>Cnidaria</b>	Siphonophorae	0,3	0,63	1	
	Phyllodocida	0,21		1	
<b>Annelida</b>	Spionida	1,15	1,39	1	
	Terebellida	0,04		1	
<b>Mollusca</b>	Littorinimorpha	0,94	5,91	1	
	Thecosomata	4,97		1	
<b>Arthropoda</b>	Acarina	0,19		1	
	Calanoida	35,97		8	
	Decapoda	3,84		3	
	Diplostraca	2,94		4	
	Cumacea	4,52	67,67	1	
	Euphausiacea	0,54		1	
	Harpacticoida	8,1		3	
	Poecilostomatoida	11,57		2	
	<b>Chaetognatha</b>	Aphragmophora	0,28	0,28	1
	<b>Echinodermata</b>	Aspidochirotida	0,04	0,04	1
<b>Chordata</b>	Copelata	19,7	19,7	1	
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>100</b>		<b>34</b>	

### 9.1.3. PostDesove

La comunidad diurna estuvo compuesta principalmente por las familias Oikopleuridae (*Oikopleura* spp.) con una densidad de 650,00 ind/m<sup>3</sup> (29,88 %), Paracalanidae (*Paracalanus* spp.) con 350,00 ind/m<sup>3</sup> (16,09%) y Corycaeidae (*Corycaeus* spp.) con 325,00 ind/m<sup>3</sup> (14,94 %).



La familia Oikopleuridae (*Oikopleura* spp.) mantuvo la mayor densidad encontrada en las muestras nocturnas con 396,42 ind/m<sup>3</sup> (15,81 %), seguida del orden Cumacea (taxon Cumacea) y la familia Paracalanidae (*Paracalanus* spp.) con 385,71 ind/m<sup>3</sup> (15,38 %) y la familia Centropagidae (*Centropages* spp.) con 353,57 ind/m<sup>3</sup> (14,10 %).

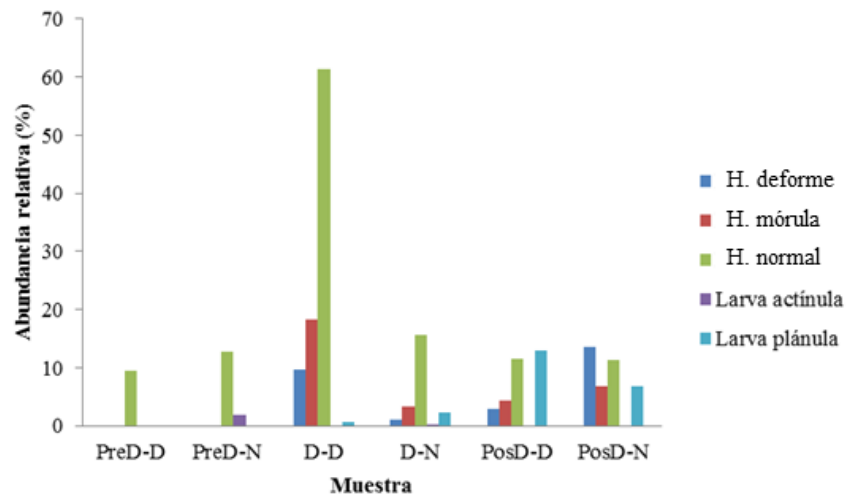
## 9.2. Composición y densidad de taxa y morfotipos

Se determinaron 37 categorías que comprenden morfotipos y estadios larvales distribuidos en 5 phyla (Anexo D). El phylum Cnidaria estuvo representado por los huevos normales y deformes, mórula, larvas actínula y plánula (Tabla 2, Figura 2, Anexo B). De los 354 individuos de los tres morfotipos de huevos, se midieron 100, obteniendo una talla media de 345,40  $\mu\text{m} \pm 52,92$  DE. La forma mórula presentó mayor densidad relativa durante el día del desove (18,28 %), mientras que la forma huevo deforme (H deforme) exhibió un alto valor en el post desove nocturno (13,64 %).

**Tabla 2.** Densidad (ind/m<sup>3</sup>) de los taxa encontrados para el phylum Cnidaria durante la liberación multiespecífica de gametos de corales hermatípicos de 2012. PreD-D: Predesove diurno, PreD-N: Predesove nocturno, D-D: Desove diurno, D-N: Desove nocturno, PosD-D: Postdesove diurno, PosD-N: Postdesove nocturno, H: Huevos.

Taxon	PreD-D	PreD-N	D-D	D-N	PosD-D	PosD-N
<b>H Deforme</b>	-	-	168,75	18,75	25,00	64,28
<b>H Mórula</b>	-	-	318,75	62,50	37,50	32,14
<b>H Normal</b>	30,93	109,55	1068,75	300,00	100,00	53,57
<b>Larva actínula</b>	-	16,85	-	6,25	-	-
<b>Larva plánula</b>	-	-	12,50	43,75	112,50	32,14

Los H normales se presentaron durante los tres días de muestreo en ambas jornadas, alcanzando mayores densidades durante el día del desove en la jornada diurna (1068,75 ind/m<sup>3</sup>: 61,29%). En cuanto a los estadios larvales, las actínulas se observaron en la noche del predesove (1,96 %) y desove (0,33 %). Las plánulas estuvieron en el día y la noche del desove y postdesove, siendo más frecuentes en el postdesove diurno (112,5 ind/m<sup>3</sup>: 13,04 %).



**Figura 2.** Abundancia relativa (%) de los taxa encontrados para el phylum Cnidaria durante la liberación multiespecífica de gametos de corales hermatípicos de 2012. PreD-D: Predesove diurno, PreD-N: Predesove nocturno, D-D: Desove diurno, D-N: Desove nocturno, PosD-D: Postdesove diurno, PosD-N: Postdesove nocturno, H:Huevos.

El predesove diurno estuvo representado por nauplios calanoideos ( $162,37 \text{ ind/m}^3$ ), mientras que el nocturno exhibió mayor abundancia relativa (Tabla 3) con el taxon H normales ( $109,55 \text{ ind/m}^3$ ).

Los H normales y mórula, obtuvieron la mayor densidad en el desove diurno, con un  $1068,75 \text{ ind/m}^3$  y  $318,75 \text{ ind/m}^3$ , respectivamente. El muestreo nocturno estuvo representado por larvas Zoea III ( $362,50 \text{ ind/m}^3$ ), Zoea I ( $350,00 \text{ ind/m}^3$ ) y H normales ( $300,00 \text{ ind/m}^3$ ).

El zooplankton del postdesove diurno estuvo caracterizado por el orden Calanoida (nauplios) y larvas plánula con las mayores abundancias ( $112,5 \text{ ind/m}^3$ ); protozoemas (Brachyura), nauplios (Harpacticoida) y H normales, alcanzaron una densidad de  $100 \text{ ind/m}^3$ . Por otro lado en la jornada nocturna destacó el phylum Chordata (con huevos del ictioplancton) con  $107,14 \text{ ind/m}^3$ , H deformes y megalopas (Brachyura) con  $64,28 \text{ ind/m}^3$ , y H normales con  $53,57 \text{ ind/m}^3$ .



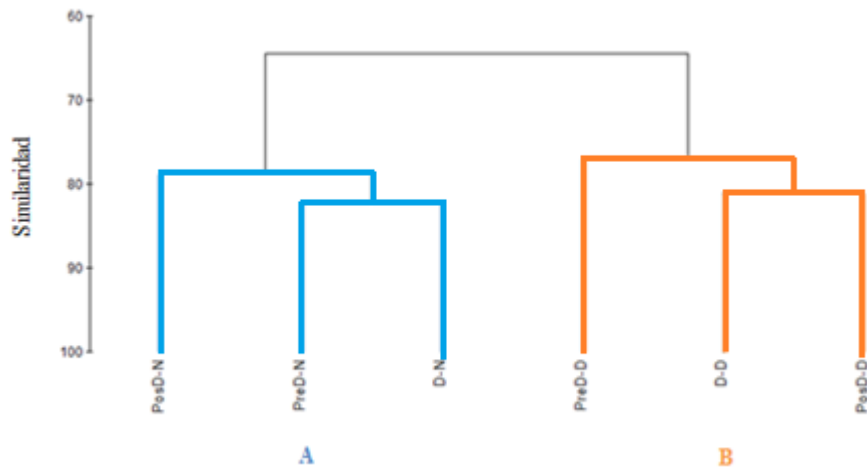
**Tabla 3.** Densidad relativa (%) de taxón – morfotipo por periodo y jornada de muestreo. PreD-D: Predesove diurno, PreD-N: Predesove nocturno, D-D: Desove diurno, D-N: Desove nocturno, PosD-D: Postdesove diurno, PosD-N: Postdesove nocturno, H: Huevos.

Taxon - Morfotipo	PreD-D	PreD-N	D-D	D-N	PosD-D	PosD-N
<b>H normales</b>	-	12,74	61,29	15,69	11,59	11,36
<b>H mórla</b>	-	-	18,28	-	-	-
<b>H deforme</b>	-	-	-	-	-	13,64
<b>Larva plánula</b>	-	-	-	-	13,04	-
<b>Nauplios (Harpacticoida)</b>	-	-	-	-	11,59	-
<b>Nauplios (Calanoida)</b>	51,21	-	-	-	13,04	-
<b>Zoea I (Brachyura)</b>	-	-	-	18,3	-	-
<b>Zoea III (Brachyura)</b>	-	-	-	18,95	-	-
<b>Megalopa (Brachyura)</b>	-	-	-	-	-	13,64
<b>Protozoa (Brachyura)</b>	-	-	-	-	11,59	-
<b>Huevos (ictioplancton)</b>	-	-	-	-	-	22,72

### 9.3. Variación temporal

Se establecieron dos grupos: A y B (Figura 3), los cuales separaron las jornadas diurnas y nocturnas de los días muestreados a un nivel de similaridad de 70 %. El pre desove y desove nocturno (A), presentaron mayor similitud, al igual que el desove y post desove diurno (B). Esta separación es más clara en el mapa obtenido a partir del NMDS (Figura 4), el cual presenta un de estrés de 0,01 que indicó que el análisis aporta información útil en cuanto a las relaciones existentes entre los días y jornadas de muestreo.

Se encontraron un total de 34 familias en las jornadas de muestreo, siendo 20 comunes. Las muestras diurnas presentaron 23 familias, siendo 3 exclusivas (Halacaroidea, Bosminidae y Campanulariidae) que representan el 13,04 % del total de las observadas y, las nocturnas 11 exclusivas (Lucicutiidae, Rhincalanidae, Callianassidae, Palaemonidae, Thalassinidea, Morfotipo 1, Sididae, Cumacea, Euphausiidae, Terebellidae y Holothuriidae) (35,48 %), de las 31 que presentó. En general, la familia Oikopleuridae aportó un mayor porcentaje de similaridad a los grupos A (8,4 %) y B (10,3 %), mientras que Cumacea contribuyó un 8,72% a la disimilaridad de los grupos (Anexo E).



**Figura 3.** Dendrograma basado en la similaridad de Bray-Curtis ( $\log X+1$ ) para el muestreo de la liberación multispecífica de corales hermatípicos del 2012. En el eje horizontal se indica el día (predesove, desove y postdesove) y jornada (diurna y nocturna), formando los grupos A y B.



**Figura 4.** Agrupación bidimensional de los días y jornadas muestreadas a partir de NMDS. Grupo A: Coloración azul; grupo B: Coloración naranja.

#### 9.4. Atributos ecológicos

En general, durante los días del evento, la jornada nocturna se caracterizó por presentar la mayor riqueza de familias y abundancia total, siendo más diversa, con una alta uniformidad y bajo



predominio con respecto a la diurna. La excepción fue en el pre desove diurno, en donde se observó mayor uniformidad en el día y bajo predominio en la noche (Tabla 4).

Dada la normalidad de los datos según Shapiro-Wilk y la homocedasticidad de los mismos en base a Levene, el análisis de varianza ANOVA de los atributos ecológicos (Tabla 4) indica que en todos los casos, no existieron diferencias significativas entre los respectivos índices de cada fase, teniendo en cuenta los niveles del factor día/noche con un 95 % de confianza.

**Tabla 4.** Índices de diversidad de los días y jornada de muestreo con sus respectivos valores P y F provenientes del ANOVA. S: Riqueza de familias, N: Densidad (ind/m<sup>3</sup>), J': Uniformidad de Pielou, H': Diversidad de Shannon-Wiener,  $\lambda$ : Predominio de Simpson, Pre: Pre desove, D: Desove, Pos: Post desove, D: Diurno, N: Nocturno.

Muestreo	S	N	J'	H' (Ln)	$\lambda$
PreD-D	14	672,68	0,90	2,38	0,10
PreD-N	24	3876,40	0,76	2,41	0,13
D-D	19	2481,25	0,73	2,14	0,16
D-N	27	3581,25	0,79	2,61	0,10
PosD-D	18	2175,00	0,79	2,30	0,15
PosD-N	19	2507,14	0,81	2,40	0,11
<b>Valor P</b>	0,08	0,09	0,72	0,11	0,32
<b>Valor F</b>	5,16	4,92	0,13	4,42	1,25

## 10. DISCUSIÓN

### 10.1. Composición y densidad

La comunidad zooplanctónica asociada a un desove multiespecífico de corales hermatípicos del género *Montastraea* los días 6 y 7 después de luna llena en septiembre, estuvo compuesta principalmente por crustáceos (copépodos y cumáceos) y apendicularios (larvaceos). Si bien no existen registros de zooplankton para la época específica de muestreo en el Caribe, los resultados coinciden con lo reportado por Renon (1977) y Casanova *et al.* (2007) para áreas arrecifales del Caribe en general en épocas lluviosas. La alta abundancia de los copépodos, resaltando al orden Calanoida, corresponde también lo encontrado por Franco *et al.* (1992) en el área de estudio, y a lo reportado por Martínez (2007) en Providencia y Santa Catalina durante la época lluviosa. Del mismo modo, se presentaron coincidencias con investigaciones realizadas en diferentes áreas insulares como Jamaica, encontrando una abundancia relativa de 89 % para copépodos (Heidelberg *et al.*, 2004) y Mahahual, Quintana Roo, con un 70 % (Castellanos-Osorio y Suárez-Morales, 1997). Se observa que en general, la estructura de la comunidad de este estudio es análoga a otras del Caribe, indicando que no presentan una relación directa con la liberación multiespecífica. Esto se debe principalmente a que estos grupos característicos pueden exhibir densidades significativas en función a eventos fisicoquímicos, como variaciones en temperaturas, o biológicos, como aumentos de fitoplancton (Casanova *et al.*, 2007), además de ser cosmopolitas y presentar adaptaciones morfológicas (Boltovskoy, 1981) que les permite encabezar la estructura de la comunidad.

En general, los copépodos constituyen al menos un 70 % de la comunidad, siendo un grupo dominante debido a sus grandes adaptaciones morfológicas, presentando una amplia diversidad de formas, amplia distribución y hábitos alimenticios (Boltovskoy, 1981). Dicho dominio puede ser explicado por las características anteriores y su rol trófico en el arrecife del archipiélago de las Islas del Rosario (Moore y Sander, 1976; Hamner y Carleton, 1979, Heidelberg *et al.*, 2004). Durante la jornada diurna, las familias Miraciidae, Temoridae Paracalanidae y Corycaidae fueron las más representativas. Para la nocturna destacaron Paracalanidae, Tortanidae y Centropagidae. Del orden Calanoida tan sólo la familia Centropagidae (excluyendo a Temoridae, Paracalanidae y Tortanidae), presenta alimentación raptorial de larvas (Johnson y Allen, 2005), lo que podría determinar su alta abundancia en las noches del muestreo. Por otro lado, *Corycaeus* spp. (familia Corycaidae), puede presentar especies que tengan hábitos completamente herbívoros en función a la clasificación de sus



mandíbulas (Giesecke y González, 2004), y otras que se caracterizan por ser un predadores selectivos de individuos de mayor (Barth y Hamila, 1963) o menor tamaño (Landry *et al.*, 1985), lo que explicaría su presencia durante todo el evento. El orden Harpacticoida (familia Miraciidae), presenta individuos de hábitos pastoreadores (filtradores o raspadores) (Boltovskoy, 1981; Johnson y Allen, 2005), y dado que presentaron dominancia durante el día del pre desove, es posible que su aparición haya sido producto de migración vertical por evasión de predadores nocturnos (De Stasio, 1993).

Con respecto al segundo grupo más abundante, los apendicularios (*Oikopleura* spp.), son uno de los miembros más conspicuos del zooplankton, debido a su amplia distribución geográfica, encontrándose con mayores abundancias cerca de la plataforma, sin presentar una aparente migración vertical (Boltovskoy, 1981). Dado que su alimentación se constituye fundamentalmente de nanoplancton (Zoppi de Roa, 1971), y teniendo en cuenta las descargas directas del canal del Dique (sedimentos y nutrientes), en general mayores dada la época (Urbano *et al.*, 1992) propiciando el aumento del fitoplancton (Beltrán, 2011). Es posible que un factor incidente sobre el aumento de dicha comunidad, es la materia orgánica disponible proveniente de las bolsas gaméticas liberadas por las especies que liberadoras de productos sexuales durante el evento. De manera similar, la aparición de los cumáceos durante el desove y post desove nocturno, puede ser sustentada por las migraciones verticales que realizan tras el atardecer desde el bentos y suprabentos hacia superficie, donde individuos del holoplancton y meroplancton presentan mayores abundancias durante la noche aumentando su oportunidad de predación (Sorokin, 1990); lo que genera que sean susceptibles a las capturas superficiales (Corbera y López, 2004).

En relación con la presencia de huevos normales en el desove y post desove, se presumía que los huevos provendrían de colonias liberadoras de gametos como *Montastraea* debido a que las muestras fueron recolectadas sobre colonias de este género en las fechas de la liberación multiespecífica. Sin embargo, durante el pre desove nocturno también se evidenciaron huevos, aunque en bajas densidades en comparación con los siguientes días, lo cual puede ser explicado porque el evento de liberación de muchas especies de corales se presenta entre los días 3 y 9 del mes de septiembre después de luna llena, con un pico de abundancia los días 6 y 7. Con base en las predicciones establecidas por CARMABI Foundation para el 2012, se sabe que distintas especies de corales liberaron huevos durante este periodo. A lo largo de los días 3 a 9, *Madracis senaria* libera huevos, mientras que *Agaricia humilis* y *A. agaricites* expulsan larvas (Harrison y Wallace, 1990, Richmond, 1996). En adición a esto, la significativa abundancia que este morfotipo presentó



durante el muestreo, se debe a que organismos distintos a corales como equinodermos (*Diadema antillarum*, *Holothuria mexicana*), gorgonáceos (*Plexaura* spp.), poliquetos (*Hermodice carunculata*, *Spirobranchus giganteus*), y esponjas (*Neofibularia nolitangere*), y varias especies de ofiuros, liberan sus productos sexuales en el mismo periodo (CARMABI Foundation, 2012). En los días clímax del muestreo, *Diploria* spp., *Montastraea cavernosa* y *M. annularis*, pudieron haber liberado huevos con tamaños entre 300 y 400  $\mu\text{m}$  de diámetro (Harrison y Wallace, 1990), coincidiendo con la mayoría de los de los huevos medidos en el estudio, indicando también que la alta densidad de huevos se debe a los huevos liberados por otras especies. La presencia de huevos mórula o deforme fue determinada por las colonias u organismos que desovaron días previos al clímax del muestreo, evidenciando un proceso de gastrulación evidente (Babcock y Heyward, 1986); lo que a su vez permite entender la presencia significativa de larvas en el post desove diurno, ya que son estos procesos los que generan la formación de la plánula tras un periodo de 18 horas (Richmond, 1996).

## 10.2. Variación temporal

La composición y abundancia de la comunidad evidenció similaridad (Figura 3) en las jornadas diurnas (grupo B) y nocturnas (grupo A), resaltando la presencia de las familias Oikopleuridae, Paracalanidae, Corycaeidae, Centropagidae y Cumacea en los diferentes días de muestreo en los que estos grupos presentaron las mayores densidades tal como se comprobó con el análisis SIMPER (Anexo E). Con respecto a la riqueza y abundancia total por día de muestreo, a pesar de no ser estadísticamente significativas, se observaron diferencias con respecto a estas variables, siendo mayores durante el desove. Esto debido a la sincronía de liberación de los productos reproductivos de distintas especies durante dicho periodo, evidenciando mayores abundancias los días 6 y 7, ya que especies más abundantes y de mayor tamaño (como *Montastraea* spp. y *Diploria* spp.) desovan esos días; y en respuesta a la presión por depredación, se observó mayor abundancia de distintos grupos durante el desove (Harrison y Wallace, 1990). Sin embargo, dichas diferencias no fueron notorias debido a que el tiempo de muestreo de este estudio no fue el suficiente para evaluar lo ocurrido durante todo el periodo del evento (días 3 a 9 de Septiembre).

A través de los atributos ecológicos se observó que la jornada nocturna (grupo A) fue más diversa (con una mayor riqueza de familias y abundancia total) que la diurna, con un predominio bajo, presentando menor cantidad de las familias más abundantes. Dicha diferencia entre jornadas de



muestreo podría responder a la oportunidad de captura durante la noche de individuos meroplanctónicos y demersales en la columna de agua aumenta, causada por la migración vertical (Sorokin, 1993; Heidelberg *et al.*, 2004). Adicional a esto, se debe tener en cuenta que comunidad zooplanctónica es altamente variable en espacio y tiempo (Heidelberg *et al.*, 2004), en donde factores biológicos como el evento de liberación (Moore y Sander, 1976) y físicos como fases lunares, considerando que el muestreo se realizó 6 y 7 días después de luna llena (Alldredge y King, 1980), incidieron sobre la variación en cuanto a composición y abundancia.



## 11. CONCLUSIONES

La comunidad zooplanctónica asociada a la liberación masiva de corales en el archipiélago de Nuestra Señora del Rosario estuvo representada principalmente por copépodos (miraciidae, Temoridae, Paracalanidae, Corycaeidae, Tartanidae y Centropagidae), apendicularios (Oikopeluridae) y cumáceos; siendo similar a lo reportado para otras comunidades de zonas arrecifales.

La abundancia representativa de las familias Centropagidae y Corycaeidae, y el taxa Cumacea durante las jornadas de muestreo, indica que estas pueden estar asociadas a la depredación de productos sexuales de la liberación multiespecífica del estudio.

La presencia de huevos normales durante el muestreo es explicada por la liberación de productos sexuales que distintas especies realizan entre los días 3-9 después de luna llena, siendo mayor durante los días 6 y 7, en los cuales especies hermatípicas desovan.

La presencia de morfotipos de huevos mórula y deforme durante el desove y post desove, indican que días previos al clímax del evento, diferentes especies habían liberado sus productos, evidenciando procesos de gastrulación que posteriormente generarían la formación de plánulas encontradas en el post desove diurno.

La mayoría de huevos encontrados podrían ser de *M. cavernosa*, *M. annularis*, *M. faveolata* y *Diploria* spp., según su diámetro en base a literatura (300-400 m).

La comunidad zooplanctónica asociada a un evento de liberación masiva fue homogénea en términos de composición y densidad; sin embargo se observaron tendencias en cuanto a variación de densidades en la jornada nocturna y el desove.



## **12. RECOMENDACIONES**

La comunidad zooplanctónica asociada a un desove masivo de corales en las islas del Rosario presenta atributos biológicos importantes que permiten conocer aspectos sobre la dinámica de la liberación. Futuros estudios deben encaminarse hacia la determinación de niveles taxonómicos clave, como especie, en aquellos grupos que presenten relaciones tróficas como depredación, sobre productos sexuales de un evento de liberación multiespecífica.

Dado que distintos organismos de diversos grupos se encuentran desovando durante un periodo de 8 días, es de gran relevancia que estudios posteriores amplíen su rango de muestreo a al menos 12 días (teniendo en cuenta que los dos primeros días serían “anteriores” y los últimos dos “posteriores” a la liberación de dichos individuos), manteniendo las jornadas diurnas y nocturnas, con el fin de evaluar de manera global las variaciones que la comunidad pueda presentar según el transcurso del evento.

Con el fin de evidenciar la incidencia del evento de liberación sobre el zooplankton, se deben realizar comparaciones de la comunidad durante un mes lluvioso sin liberación.



### 13. BIBLIOGRAFÍA

- Allredge, A.; King, J. 1980. Effects of moonlight on the vertical migration patterns of demersal zooplankton. *J.Exp.Mar. Biol. Ecol.* 44: 133–156.
- Alvarado, E.; Duque, F.; Flórez, L.; Ramírez, R. 1986. Evaluación cualitativa de los arrecifes coralinos de las Islas del Rosario (Cartagena – Colombia). *Bol. Ecotrópica: Ecosistemas Tropicales.* 15: 1-30.
- Alvarado, E. 2008. Efecto de las lesiones naturales sobre la fecundidad: Implicaciones en la estructura de talla de una población de coral de *Montastraea annularis* en un arrecife degradado del Caribe colombiano. Tesis de grado para optar a título de Doctor en Ciencias. Universidad del Valle. 127 pp.
- Alvarado, E.; Acosta, A. 2009. Lesiones naturales y regeneración de tejido en ramets del coral *Montastraea annularis* (Scleractinia: Faviidae) en un arrecife degradado del Caribe Colombiano. *Biol. Trop.* 57 (4): 939-954.
- Alvarado, E.; Henao, A. 2013. Efectos de la escorrentía del Canal del Dique sobre el ecosistema de arrecife coralino del Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario: Evidencias de tres décadas de estudio. Primer simposio internacional sobre la administración sostenible de los Archipiélagos Islas del Rosario y San Bernardo. Memorias. Cartagena de Indias. 186–214 pp.
- Alvariño, A. 1981. Atlas del zooplankton Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplankton marino. INIDEP. Mar de Plata. 936 pp.
- Alviar, M. 2012. Éxito reproductivo in situ e in vitro, de las especies de coral *Montastraea annularis* y *M. faveolata*, en Isla Grande, Parque Nacional Natural los Corales del Rosario y de San Bernardo, Colombia. Trabajo de grado para optar por el título de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. 22 pp.
- Babcock, R.; Heyward, A. 1986. Larval development of certain gamete-spawning scleractinia corals. *Coral Reefs.* 5: 111–116.



- Barth, R.; Hamila, G. 1963. Estudios volumétricos en plancton capturado en la costa brasilera entre Recife y Cabo Orange. Publ. Inst. Pesq. Mar. 28: 1–23.
- Bakus, G. 1964. The effects of fish grazing on invertebrate evolution in shallow tropical waters. Occas. Pap. Allan Hancock Foundation. 27: 1–29.
- Beltrán, J. 2011. Relación entre la comunidad fitoplanctónica y el entorno abiótico de la Bahía de Cartagena, para establecer un índice de calidad de agua y su variación espacio – temporal. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. 121 pp.
- Bray, J.; Curtis, J. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. Ecol. Monogr. 27: 325-349.
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación Especial del INIDEP. Mar de Plata. 936 pp.
- Bucklin, A.; Nishida, S.; Schiel, S. 2004. Census of marine zooplankton: A new global survey of Marine Biodiversity. Global Change News Letter. 60: 8–10.
- CARMABI Foundation. 2012. Spawning predictions of 2012. Curacao, <http://www.researchstationcarmabifoundation.org/images/stories/file/Mark%20PDFs/SPAWNIN%20PREDICTIONS%202012.pdf>
- Carrillo, V. 2009. Estudio de la fertilidad de *Montastraea annularis* (Ellis & Solander 1786) en un evento reproductivo en el arrecife de isla grande (PNNCRSB) – Colombia: posibles herramientas para generar estrategias de manejo y conservación. Trabajo de grado para optar al título de Bióloga Ambiental. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. 64 pp.
- Casanova, E.; Zoppi, E.; Montiel, E. 2007. Caracterización espacial y temporal del zooplancton en el Archipiélago Los Roques, Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. 46 (1): 51–65.
- Castellanos-Osorio, I.; Suárez-Morales, E. 1997. Observaciones sobre el zooplancton en la zona arrecifal de Mahahual, Quintana Roo (mar Caribe mexicano). An. Inst. Biol. Universidad Autónoma de México, Serie Zoológica. 68 (2): 237-252.



- Clarke, K. 1993. Nonparametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18: 117-143.
- Clarke, K.; Warwick, R. 2001. *Change marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation*. PRIMER-E, Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK. 165 pp.
- Cendales, M. 1999. Cartografía, composición y estado actual de los biótopos marinos arrecifales de Isla Rosario, Isla Barú y de los bajos intermedios del Archipiélago del Rosario. Trabajo de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 113 pp.
- Cendales, M.; Zea, S.; Díaz, J. 2002. Geomorfología y unidades ecológicas del complejo de arrecifes de las Islas del Rosario e Isla Barú (Mar Caribe, Colombia). *Rev. de la Acad. Col. Cien. Exac. Fís. Nat.* 26: 497–510.
- Coma, R.; Lasker, H. 1997. Small-scale heterogeneity of fertilization of fertilization success in a broadcast spawning octocoral. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 214: 107–120.
- Conway, D.; White, R.; Hugues-Dit-Ciles, J.; Gallienne, C.; Robins, D. 2003. *Guide to the coastal and surface zooplankton of the south-western Indian Ocean*. Occasional Publ. Mar. Biol. Assoc. of the United Kingdom. 354 pp.
- Corbera, J.; López, M. 2004. Cumáceos y tanaidáceos. Curso práctico de entomología. Asociación Española de Entomología. 405 – 423 pp.
- Cowan, J.; Houde, E. 1993. Relative predation potentials scyphomedusae, ctenophores and planktivorous fish on ichthyoplankton in Chesapeake Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 95: 55–65.
- Díaz, J.; Barrios, L.; Cendales, M.; Garzón-Ferreira, J.; Geister, J.; López-Victoria, M.; Ospina, G.; Parra-Velandia, F.; Pinzón, J.; Vargas-Angel, B.; Zapata, F.; Zea, S. 2000. *Áreas coralinas de Colombia*. INVEMAR. Serie de publicaciones especiales. No. 5. Santa Marta. 176 pp.
- Dini, M.; Carpenter, S. 1992. Fish predators, food availability and diel vertical migration in *Daphnia*. *J. Plank. Res.* 14: 359-377.



- De Graaf, M.; Geertjes, G.; Videler, J. 1999. Observations on spawning of scleractinian corals and other invertebrates on the reefs of Bonaire (Netherlands Antilles, Caribbean). *Bull. Mar. Sci.* 64 (1): 189–194.
- De Stasio, B. Jr. 1993. Diel vertical and horizontal migration by zooplankton: Population budgets and the diurnal deficit. *Bull. Mar. Sci.* 53 (1): 44-64.
- Enright, J. 1977. Diurnal vertical migration: adaptive significance and timing. Part 1. Selective advantage: a metabolic model. *Limnol. Oceanogr.* 22: 856-872.
- Fadlallah, Y. 1983. Sexual reproduction, development and larval biology in scleractian corals. *Coral Reefs.* 2: 129–150.
- Fabricius, K. 2005. Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. *Mar. Pollut. Bull.* 50: 125-146.
- Franco, A.; Avendaño, D.; Bernal, B.; Uribe, M. 1992. Contribución al conocimiento del plancton de Isla Tesoro, Parque Nacional Natural Corales del Rosario, Caribe colombiano. Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar. Congreso Centroamericano y del Caribe de ciencias del Mar. Centro de convenciones Pozos Colorados. Santa Marta. 754–762 pp.
- Frithsen, J.; Holland, A. 1990. Benthic communities as indicators of ecosystem conditions. 459-460 pp. En: McKenzie, D., Hyatt, D., McDonald, V (Eds.). *Ecological indicators*. Chapman & Hall. Lóndres. 481 pp.
- Giesecke, R.; González, H. 2004. Mandible characteristics and allometric relations in copepods: a reliable method to estimate prey size and composition from mandible occurrence in predator guts. *Rev. Chilena de Historia Natural.* 77: 607–616.
- Gilmour, J. 1999. Experimental investigation into the effects of suspended sediment on fertilization, larval survival and settlement in a scleractinian coral. *Mar. Biol.* 135: 451–462.
- Goa, P. 2004. *Zooplankton methodology, collection and identification – A field manual*. Natl. Inst.of Oceanogr. 16 pp.



- Hamner, W.; Carleton, J. 1979. Copepod swarms: attribute and role in coral ecology. *Limnol. Oceanogr.* 24: 1–14.
- Harrison, P. 2011. Sexual reproduction of scleractian corals. *Coral reefs: an ecosystem in transition.* Springer Science. Amsterdam. 59–85 pp.
- Harrison, P.; Wallace, C. 1990. Reproduction, dispersal, and recruitment of scleractinian corals. En: Dubinsky, J. *Ecosystems of the world: coral reefs.* Springer Science. Amsterdam. 133–207 pp.
- Heidelberg, K.; Sebens, K.; Purcell, J. 2004. Composition and sources of near reef zooplankton on a Jamaican fore reef along with implications for coral feeding. *Coral Reefs.* 23: 263–276.
- Henaó-Castro, A. 2013. Efectos de los aportes del canal del dique sobre el reclutamiento de especies de coral en los arrecifes del Archipiélago Nuestra Señora del Rosario, área marina protegida. Tesis de maestría en Ciencias Marinas. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 137 pp.
- Johnson, W. 1949. Zooplankton as an index of water exchange between Bikini lagoon and open sea. *Trans. Am. Geophys.* 30: 238–244.
- Johnson, W.; Allen, D. 2005. *Zooplankton of the Atlantic and Gulf coasts: A guide to their identification and ecology.* The Johns Hopkins University Press. 379 pp.
- Kramer, A. 1987. Über die Korallenriffe und die Plankton verteilung. Kiel. 163 pp. En: Sorokin, Y. 1993. *Coral reef ecology.* Springer - Verlag. Berlin. 401 pp.
- Kuk, J; Delgado, V; Tejero, J. 2000. Poliquetos de sustrato arenoso como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en la zona urbana de la bahía de Chetumal, Quintana Roo. Universidad Quintana Roo. Chetumal. 4 pp.
- Landry, M.; Lehner-Fournier, J.; Fagerness, V. 1985. Predatory feeding behavior of the marine cyclopoid copepod *Corycaeus anglicus*. *Mar. Biol.* 85: 163–169.
- Leblé, S.; Cuignon, R. 1987. El archipiélago de las islas del Rosario. Estudio morfológico, hidrodinámico y sedimentológico. *Boletín científico CIOH.* 7: 37–52.



- López-Victoria, M; Díaz, J. 2000. Morfología y estructura de las formaciones coralinas del Archipiélago de San Bernardo, Caribe colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 14: 219-230.
- Ludwig, J.; Reynolds, F. 1988. *Statistical ecology. A Primer on Methods and Computing.* John Wiley & Sons. 337 pp.
- Margalef, R. 1972. *Ecología Marina.* Fundación la Salle de Ciencias Naturales. DOSSAT, S.A. Madrid. 711 pp.
- Martínez, M. 2007. Composición y abundancia del zooplankton marino de las islas de Providencia y Santa Catalina (Caribe colombiano), durante la época climática lluviosa (Octubre- Noviembre) de 2005. Trabajo de grado. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 72 pp.
- McCormick, M. 2003. Consumption of coral propagules after mass spawning enhances larval quality of damselfish through maternal effects. *Oecologia.* 136: 37–45.
- McWilliam, P.; Sale, P.; Anderson, D. 1981. Seasonal changes in resident zooplankton samples by emergence traps in One Tree Lagoon, Great Barrier Reef. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 52: 185–203.
- Mendes, J.; Woodley, J. 2002. Timing of reproduction in *Montastraea annularis*: relationship to environmental variables. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 227: 241–251.
- Miller, K; Mundy, C. 2003. Rapid settlement in broadcast spawning corals: implications for larval dispersal. *Coral Reefs.* 22: 99–106.
- Moore, E.; Sander, F. 1976. Quantitative and qualitative aspects of zooplankton and breeding of copepods at two Caribbean coral reef stations. *Est. Coastal Mar. Sci.* 4: 489–607.
- Morales, A.; Nowaczyk, J. 2006. El zooplankton gelatinoso del Golfo Dulce, Pacífico de Costa Rica, durante la transición de la estación lluviosa a la seca 1997 – 1998. *Rev. Biol. Trop.* 54: 201–223.



- Oliver, J.; Babcock, R.; Harrison, P.; Willis, B. 1988. Geographical extent of mass coral spawning: clues to ultimate causal factors. Proc. 6th Int. Coral Reef Symposium. Australia. 803–810 pp.
- Omori, M.; Fukami, H.; Kobinata, H.; Hatta, M. 2001. Significant drop of fertilization of *Acropora* corals in 1999: An after-effect of heavy coral bleaching? Limnol. Oceanogr. 46 (3): 704–706.
- Palma, S; Apablaza, P. 2004. Abundancia estacional y distribución vertical del zooplankton gelatinoso carnívoro en un área de surgencia en el norte del Sistema de la Corriente de Humboldt. Invest. Mar. 32 (1): 49–70.
- Pfaff, R. 1969. Las Scleractinia y Milleporina de las Islas del Rosario. Invest. Cient. 3: 17–24.
- Pizarro, V. 2006. The importance of connectivity between coral populations for the management of the Seaflower Biosphere Reserve. PhD Thesis, Newcastle University. 172 pp.
- Pratchett, M; Baird, A; Marquis, C. 2000. Comparative palatability among eggs of mass-spawning corals. 9<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium. 23 – 27 pp.
- Ramírez, A. 1999. Ecología aplicada: Diseño y análisis estadístico. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 129 pp.
- Renon, J. 1977. Zooplankton du lagon et des abords extérieurs de l'atoll de Moruroa. Ann. Inst. Oceanogr. 53 (2): 217–236.
- Restrepo J.; Zapata, P.; Díaz, J.; Garzón-Ferreira, J.; García, C. 2006. Fluvial fluxes into the Caribbean Sea and their impact on coastal ecosystems: The Magdalena River, Colombia. Global and Planetary Change. 50: 33–49.
- Richmond, R. 1996. Reproduction and recruitment in corals: critical links in the persistence of reefs. Life and death of coral reefs. Chapman and Hall. New York. 175–197 pp.
- Sale, M.; McWilliam, P.; Anderson, D. 1976. Composition of the near reef zooplankton at Heron reef. Mar. Biol. 34: 596 pp.



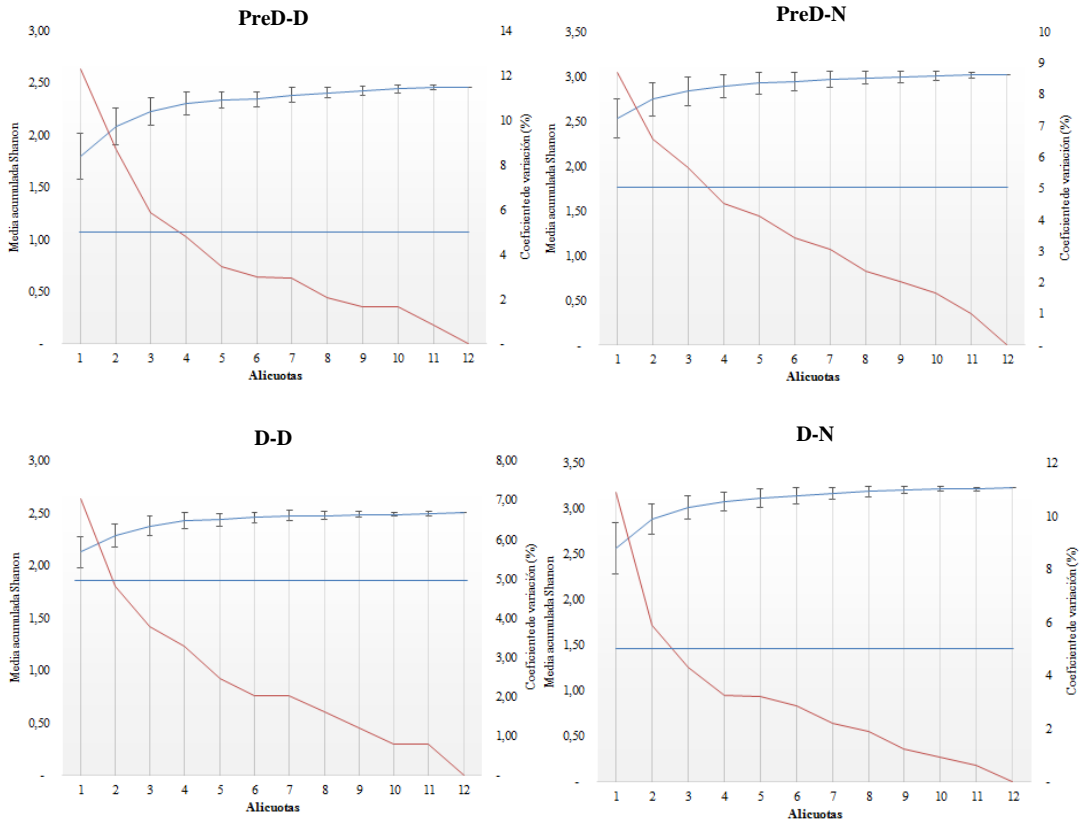
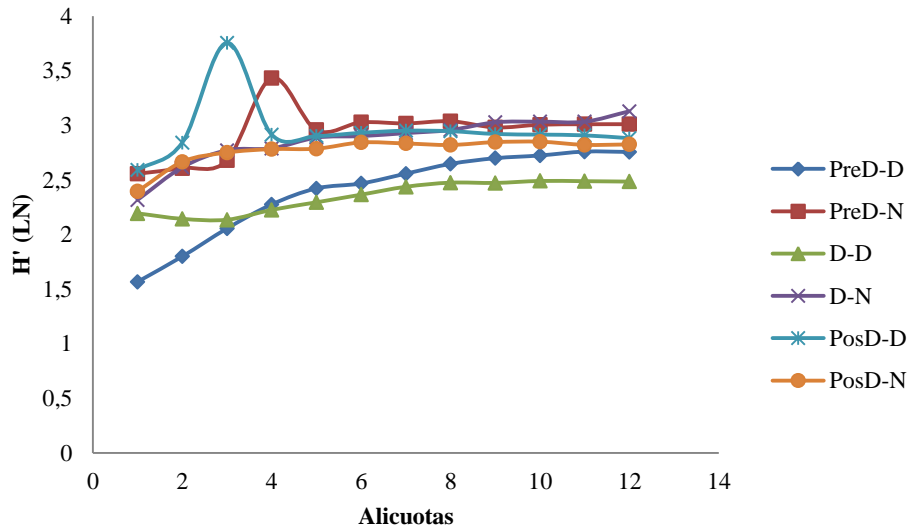
- Sánchez, J. 1995. Benthic communities and geomorphology of the Tesoro island coral reef, Colombian Caribbean. An. Inst. de Invest. Mar. y Costeras Punta Betín. INVEMAR. No. 24. 55–77 pp.
- Sánchez, J.; Alvarado, E.; Gil, M.; Charry, H.; Arenas, O.; Chasqui, L.; García, R. 1999. Synchronous mass spawning of *Montastraea annularis* (Ellis y Solander) and *Montastraea faveolata* (Ellis y Solander) (Faviidae: scleractinia) at Rosario islands, Caribbean coast of Colombia. Bull. Mar. Sci. 65 (3): 873–879.
- Smith, L.; Johnson, K. 1996. A guide to marine coastal plankton and marine invertebrate larvae. 2<sup>nd</sup> Edition. Kendall Hunt Publication Company. 221 pp.
- Sorokin, Y. 1990. Plankton in the reef ecosystems. Ecosystems of the world. Coral Reefs. Elsevier. 291 – 328 pp.
- Sorokin, Y. 1993. Coral reef ecology. Springer - Verlag. Berlin. 401 pp.
- Szmant, A. 1986. Reproductive ecology of Caribbean reef corals. Coral Reefs. 5: 43-54.
- Szmant, A; Meadows, M. 2006. Developmental changes in coral larval buoyancy and vertical swimming behavior: Implications for dispersal and connectivity. 10<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium. 431–437 pp.
- Szmant, A.; Reutter, M.; Riggs, L. 1985. Sexual reproduction of *Favia fragum* (Esper): lunar patterns of gametogenesis, embryogenesis and planulation in Puerto Rico. Bull. Mar. Sci. 37 (3): 880–892.
- Todd, C. 1996. Coastal marine zooplankton: A practical manual for students. Cambridge University Press. 106 pp.
- Urabe, J. 1990. Stable horizontal variation in the zooplankton community structure of a reservoir maintained by predation and competition. Limno. Oceanogr. 35: 1703-1717.
- Urbano, J.; Thomas, Y.; Parra, C.; Genet, P. 1992. Dinámica de la pluma de turbidez del Canal del Dique en la Bahía de Cartagena. Bol. Científico CIOH. 11: 3-14.



- Vandermuelen, J. 1974. Studies on reef corals II. Fine structure of planktonic planula larvae of *Pocillopora damicornis*, with emphasis on the aboral epidermis. *Mar. Biol.* 27: 239-249.
- van Veghel, M. 1993. Multiple species spawning on Curacao reefs. *Bull. Mar. Sci.* 52 (3): 1017–1021.
- van Woesik, R.; Lacharnoise, F.; Köksal, S. 2006. Annual cycles of solar insolation predict spawning times of Caribbean corals. *Ecol. Lett.* 9: 390–398.
- Zoppi de Roa, E. 1971. Apendicularias de la región oriental de Venezuela. *Stud. Fauna. Curacao an Caribb. Isl.* 38: 1-109.

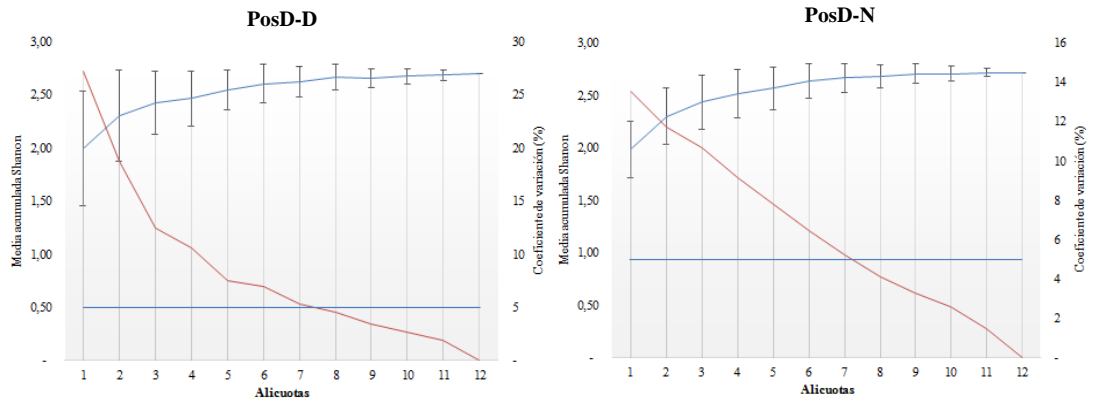


**Anexo A.** Curvas de diversidad acumulada obtenidas por familia-taxón durante el muestreo. Pre: Predesove, D: Desove, Pos: Postdesove, D: Diurno, N: Nocturno.



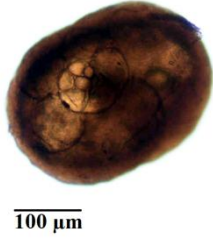
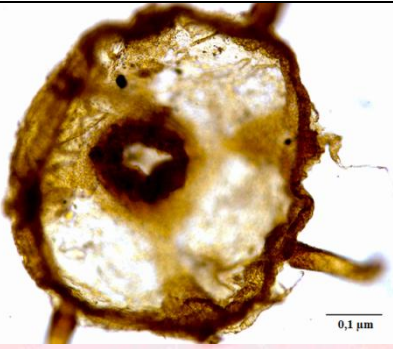
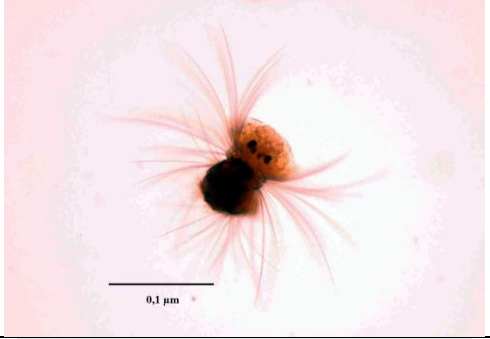



## Zooplankton asociado a un desove masivo de corales hermatípicos







**Anexo B.** Registros fotográficos de algunos integrantes de la comunidad zooplanctónica asociada a la liberación masiva de 2012.



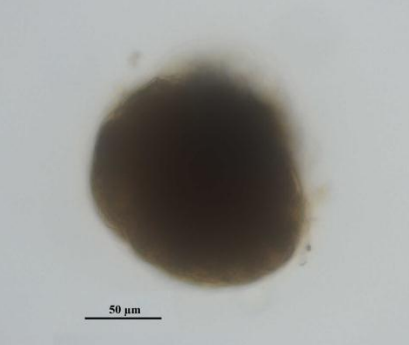

Phylum	Orden	Familia - Taxón	Imagen
Foraminifera	Rotaliida	Globorotaliidae	
Cnidaria	Leptothecata	Campanulariidae	
Annelida	Spionida	Spionidae	
Arthropoda	Cumacea	Cumacea	






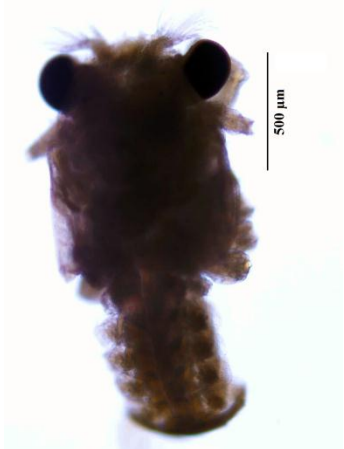
*Zooplankton asociado a un desove masivo de corales hermatípicos*

Phylum	Orden	Familia - Taxón	Imagen
	Diplostraca	Podonidae	
Chordata	Copelata	Oikopleuridae	







Phylum	Orden	Taxon-Morfotipo	Imagen
Cnidaria		H deforme	
		H mórula	
		H normal	
			



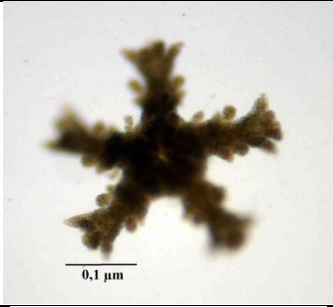
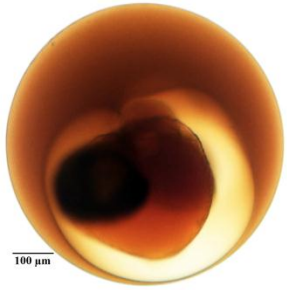
		Larva actínula	
		Larva plánula	
Mollusca		Larva veliger	
Arthropoda	Decapoda (Brachyura)	Megalopa	



		Mysis	
		Zoea	
		Zoea I	
Stomatopoda		Estado I	



*Zooplankton asociado a un desove masivo de corales hermatípicos*

Equinodermata		Larva ophiuroidea	 0.1 $\mu\text{m}$
Chordata		Huevo (Ictioplancton)	 100 $\mu\text{m}$



**Anexo C.** Densidad (individuo/m<sup>3</sup>) obtenida por familia-taxon durante el muestreo. Pre: Predesove, D: Desove, Pos: Postdesove, D: Diurno, N: Nocturno.

Phylum	Orden	Familia-Taxon	PreD-D	PreD-N	D-D	D-N	PosD-D	PosD-N
Foraminifera	Rotaliida	Globorotaliidae	54,12	101,12	37,50	106,25	75,00	192,86
Cnidaria	Leptothecata	Campanulariidae	7,73	-	6,25	-	12,50	-
	Siphonophorae	Diphyidae	7,73	8,43	6,25	6,25	-	-
Annelida	Phyllodocida	Alciopidae	-	8,43	6,25	12,50	-	10,71
	Spionida	Spionidae	-	92,70	31,25	50,00	12,50	32,14
	Terebellida	Terebellidae	-	8,43	-	-	-	-
Mollusca	Littorinimorpha	Atlantidae	7,73	-	56,25	18,75	37,50	-
	Thecosomata	Limacinidae	61,86	219,10	68,75	37,50	37,50	235,71
Arthropoda	Acarina	Halacaroidea	7,73	-	-	-	-	-
	Calanoida	Acartiidae	-	117,98	6,25	150,00	-	85,71
		Centropagidae	23,20	143,26	106,25	168,75	112,50	353,57
		Eucalanidae	-	101,12	-	6,25	62,50	-
		Lucicutiidae	-	16,85	-	0,00	-	-
		Rhincalanidae	-	-	-	62,50	-	-
		Temoridae	85,05	143,26	125,00	93,75	87,50	21,43
		Tortanidae	61,86	480,34	143,75	287,50	50,00	21,43
	Paracalanidae	61,86	825,84	531,25	387,50	350,00	385,71	
	Decapoda	Callianassidae	-	-	-	6,25	-	21,43
		Palaemonidae	-	-	-	781,25	-	-
		Thalassinidea	-	-	-	6,25	-	-
	Diplostraca	Bosminidae	30,93	-	6,25	0,00	12,50	-
		Morfotipo 1	-	25,28	-	6,25	-	21,43
		Podonidae	-	126,40	12,50	12,50	37,50	42,86
		Sididae	-	-	-	-	-	75,00
	Cumacea	Cumacea	-	42,13	-	381,25	-	385,71
	Euphausiacea	Euphausiidae	-	8,43	-	93,75	-	10,71
	Harpacticoida	Euterpinidae	-	143,26	118,75	150,00	62,50	-
		Miraciidae	92,78	16,85	68,75	18,75	87,50	85,71
		Oithonidae	-	25,28	-	112,50	75,00	21,43
	Poecilostomatoida	Corycaeidae	85,05	227,53	518,75	162,50	325,00	107,14
		Oncaeidae	-	58,99	-	25,00	87,50	-
Chaetognatha	Aphragmophora	Sagittidae	-	-	25,00	25,00	-	
Equinodermata	Aspidochirotida	Holothuriidae	-	8,43	-	-	-	
Chordata	Copelata	Oikopleuridae	85,05	926,97	606,25	412,50	650,00	396,43



**Anexo D.** Densidad (individuo/m<sup>3</sup>) obtenida por taxon-morfotipo durante el muestreo. Pre: Predesove, D: Desove, Pos: Postdesove, D: Diurno, N: Nocturno, H: Huevos.

Phylum	Orden	Taxon-Morfotipo	PreD-D	PreD-N	D-D	D-N	PosD-D	PosD-N	
Cnidaria		H deforme	-	-	168,75	18,75	25,00	64,29	
		H mórula	-	-	318,75	62,50	37,50	32,14	
		H normal	30,93	109,55	1068,75	300,00	100,00	53,57	
		Larva actinula	-	16,85	-	6,25	-	-	
		Larva planula	-	-	12,50	43,75	112,50	32,14	
Brachiopoda		Larva	-	8,43	-	-	-		
Mollusca		Larva veliger	7,73	33,71	31,25	56,25	25,00	42,86	
		Larva adulta (Pellecypoda)	7,73	84,27	-	-	-	-	
Arthropoda	Amphipoda	Morfotipo 2	-	25,28	-	6,25	-	-	
	Calanoida	Nauplio	7,73	33,71	18,75	-	87,50	-	
	Ciclopoida	Nauplio	7,73	58,99	6,25	-	-	-	
	Decapoda (Brachyura)		Megalopa	-	-	-	175,00	-	64,29
			Mysis	7,73	-	6,25	93,75	37,50	-
			Protozoa	-	8,43	6,25	-	100,00	-
			Zoea	-	-	-	18,75	-	-
			Zoea I	7,73	42,13	-	350,00	-	-
			Zoea II	7,73	16,85	-	31,25	62,50	-
			Zoea III	7,73	8,43	-	362,50	-	-
	Euphausiacea		Metanuplio	-	42,13	-	-	-	-
			Nauplio	-	67,42	-	56,25	-	21,43
	Harpacticoida	Nauplio	7,73	50,56	12,50	37,50	100,00	-	
	Isopoda	Morfotipo 3	-	16,85	-	-	-	-	
	Poecilostomatoida	Nauplio	162,37	84,27	93,75	75,00	112,50	-	
Stomatopoda	Estado I	-	-	-	50,00	12,50	-		
Equinodermata		Larva bippinaria	7,73	25,28	-	6,25	-	-	
		Larva ophiopluteus	30,93	-	-	-	-	-	
		Larva ophiuroidea	-	-	-	6,25	-	-	
Chordata		Embrion (Ictioplancton)	-	67,42	-	62,50	37,50	107,14	
		Huevo (Ictioplancton)	-	16,85	-	-	-	-	
		Larva (Ictioplancton)	7,73	8,43	-	62,50	12,50	-	
Otros		Morfotipo 4	7,73	8,43	-	-	-	-	
		Morfotipo 5	-	8,43	-	-	-	-	
		Morfotipo 6	-	8,43	-	18,75	-	21,43	
		Morfotipo 7	-	8,43	-	-	-	-	
		Morfotipo 8	-	-	-	6,25	-	21,43	
		Morfotipo 9	-	-	-	6,25	-	-	
		Morfotipo 10	-	-	-	-	10,71		



**Anexo E.** Familias contribuyentes por grupo del SIMPER, para la comunidad zooplanctónica asociada a un desove de corales hermatípicos en 2012.

Grupo A			Grupo B			Grupo A-B		
Similaridad Promedio = 74,4			Similaridad Promedio = 74,1			Disimilaridad Promedio = 37,39		
Familia	Contribución (%)	DE	Familia	Contribución (%)	DE	Familia	Contribución (%)	DE
Oikopleuridae	8,40	14,32	Oikopleuridae	10,30	9,35	Cumacea	8,72	3,85
Paracalanidae	8,35	13,72	Corycaeidae	9,92	21,65	Acartiidae	6,83	3,49
Centropagidae	7,04	12,71	Paracalanidae	9,51	10,30	Euphausiidae	5,05	3,21
Corycaeidae	6,74	31,83	Temoridae	9,14	10,01	Morfotipo 1	4,68	3,59
Globorotaliidae	6,51	13,41	Miraciidae	8,86	8,40	Oithonidae	4,66	1,79
Acartiidae	6,39	25,98	Tortanidae	8,20	8,13	Bosminidae	4,53	3,00
Cumacea	6,31	3,30	Limacinidae	7,83	6,32	Atlantidae	4,14	1,77
Limacinidae	5,98	3,33	Globorotaliidae	7,73	7,44	Euterpinidae	3,99	0,99
Tortanidae	5,46	3,41	Centropagidae	7,42	8,41	Oncaeidae	3,77	1,19
Spionidae	5,09	44,69	Atlantidae	5,33	4,89	Campanulariidae	3,73	6,87
Temoridae	4,98	6,43	Bosminidae	4,50	4,42	Eucalanidae	3,62	1,14
Oithonidae	4,43	21,00	Campanulariidae	4,19	7,54	Caridea	3,42	0,66