

**Abundancia y composición de las comunidades zoopláncticas sobre los arrecifes coralinos en Isla Desecheo, Puerto Rico**

Por

Yira Arlene Rodríguez-Jerez

Tesis sometida en cumplimiento parcial  
de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS MARINAS  
(Oceanografía Biológica)

**UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ**

Mayo, 2005

Aprobado por:

\_\_\_\_\_  
José Manuel López, Ph.D.  
Miembro, Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Roy A. Armstrong, Ph.D.  
Miembro, Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Jorge R. García Sais, Ph.D.  
Presidente, Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Carlos J. Santos Flores, Ph. D.  
Representante Estudios Graduados

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Nilda E. Aponte, Ph.D.  
Directora del Departamento

\_\_\_\_\_  
Fecha

## ABSTRACT

A study of zooplankton taxonomic composition and abundance was performed in the vicinity of Puerto Canoas and Puerto Botes reefs in Isla Desecheo. The main objective of the study was to examine the influence of the coral reefs in the taxonomic structure and abundance of zooplankton. The approach was to sample the zooplankton in a series of six parallel transects at variable distances away from the reefs system in Isla Desecheo. A total of four sampling cruises were performed during June, September and November 2002, and February 2003. Holoplankton was composed mainly of calanoids copepods and the abundance varied between 539 – 1,888 Ind/m<sup>3</sup>. The abundance of the meroplanktonic groups, excluding the fish eggs, fluctuated between 9 – 36 Ind/m<sup>3</sup>. Fish eggs were the numerically dominant zooplankton group throughout all sampling stations and dates. Results suggest that the reefs of Isla Desecheo are important sources of fish eggs that support a large community of zooplanktivorous fishes above the reefs.

## Resumen

Se desarrolló un estudio sobre la composición taxonómica y la abundancia del zooplancton en los alrededores de los arrecifes Puerto Canoa y Puerto Botes en la sección suroeste de Isla Desecheo. El principal objetivo fue evaluar la influencia de los arrecifes de corales en la estructura taxonómica y abundancia de las comunidades zoopláncticas. Se muestrearon seis transectos paralelos desde los arrecifes Puerto Canoas y Puerto Botes hasta diez kilómetros en aguas oceánicas del Canal de La Mona; durante los meses de junio, septiembre y noviembre del 2002 y febrero del 2003. El holoplancton estuvo conformado principalmente por copépodos calanoides y la abundancia varió entre 539 – 1,888 Ind/m<sup>3</sup>. La abundancia de los grupos meroplanctónicos, excluyendo los huevos de peces, fluctuó entre 9 – 36 Ind/m<sup>3</sup>. Los huevos de peces fueron numéricamente dominantes a través de todas las estaciones y fechas de muestreos. Esto sugiere que los arrecifes de Isla Desecheo son fuentes importantes de huevos de peces, y que estos huevos a su vez pudieran representar la base alimenticia de una gran cantidad de peces zooplanctívoros en el arrecife.

## **Declaratoria de derechos de autor**

Autorizo a la Biblioteca de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, a permitir la copia parcial o completa de éste documento para fines de investigación.

Yira Arlene Rodríguez Jerez, 2004.

## **Dedicatoria**

A la memoria de mi padre, Frank Rodríguez Bidó, quien siempre me animó en mi sueño de ser una bióloga marina y se marchó sin ver el sueño realidad. A mi mamá, Josefina Jerez, mi gran soporte; a mis hermanos Alain Eduardo y Alina Raquel, mis animadores. A mi primera hija, mi sobrina Massiel Josefina, mi inspiración. Esta tesis también quiero dedicársela a la señora Elsa Ortiz vda. Cotte por ser mi consuelo y ayuda; muchas gracias doña Elsie, sin usted hubiese sido más difícil.

Este proyecto está dedicado a mi compañero de siempre y de lucha del día a día, a mi esposo Santo Navarro Morales, y a la estrella que un día inesperado empezó a brillar en nuestras vidas para iluminarnos el resto de la existencia, a nuestra hija Shara Esther.

Quiero dedicar este proyecto muy especialmente al Dr. Juan González Lagoa, por ser un maestro en todo momento; por enseñarnos que la vocación de educador sigue siendo una de las más nobles del hombre.

## Agradecimientos

Deseo expresarle agradecimiento a mi director de tesis, el Dr. Jorge Reni García, por el apoyo que me ha brindado durante toda la maestría. A los demás miembros de mi comité: Dr. Roy Armstrong y Dr. José Manuel López, por sus consejos y revisión del manuscrito.

Agradezco profundamente a mis compañeros de laboratorio: René Esteves, Wilson Rovira, Janneth Rojas, Roberto (Bob) Castro y Milton Carlo por sus esfuerzos, consejos y ayuda en la fase del trabajo de campo. Jorge Sabater, por su ayuda técnica en la navegación, CTD, los mapas y las computadoras. Al Dr. Juan González Lagoa, Arlene González-Figueroa y Aurea Rodríguez, por su invaluable ayuda en la fase de laboratorio. A los capitanes Dennis Corales y Harry Montalvo, gracias por su disposición en los viajes de campo.

Quiero dar las gracias muy especialmente a Amarilis Rodríguez, Narielys Nazario y Yashira Estrada, por la separación de las larvas de peces. Al señor Aldo Acosta, por su ayuda técnica con las computadoras y los microscopios. Rocío del Pilar García por sus consejos, revisión del manuscrito, datos del CTD y del radiómetro (Li-Cor), además de su invaluable apoyo. A Santo Navarro Morales, Arlene González-Figueroa, Dr. Alexis Cabarcas y Dr. Carlos Santos Flores, por la revisión del manuscrito.

Muchas gracias a todos y a muchas otras personas que de manera indirecta contribuyeron a que éste proyecto culminara. Sin ustedes, amigos, nada habría sido posible.

## Tabla de contenido

Lista de Tablas.....	viii
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Apéndices.....	x
Introducción.....	1
Revisión de Literatura.....	3
Objetivos.....	7
Hipótesis.....	7
Metodología.....	9
Descripción del área de estudio.....	9
Fase de campo.....	11
Fase de Laboratorio.....	14
Resultados.....	16
Variaciones temporales y espaciales de la Temperatura, Salinidad, Densidad y Clorofila- <i>a</i> .....	16
Variaciones en el coeficiente de Atenuación (Kd par).....	18
Estructura taxonómica, abundancia y diversidad del zooplancton.....	19
Transecto 6 (T6).....	20
Transecto 1 (T1).....	22
Transecto 2 (T2).....	23
Transecto 3 (T3).....	23
Transecto 4 (T4).....	24
Transecto 5 (T5).....	25
Variaciones temporales de abundancia del zooplancton.....	26
Variaciones espaciales de abundancia del zooplancton.....	29
Discusión.....	40
Conclusiones.....	44
Bibliografía.....	45

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Coordenadas geográficas y profundidad en los transectos desde Isla Desecheo hasta el canal de la Mona, Puerto Rico.....	11
<b>Tabla 2.</b> Abundancia promedio y relativa de los grupos del holoplancton y meroplancton durante el estudio en Isla Desecheo, Puerto Rico.....	31
<b>Tabla 3.</b> Abundancia promedio y relativa del zooplancton a través de los transectos estudiados en Isla Desecheo, Puerto Rico.....	32
<b>Tabla 4.</b> Índice de Diversidad ( $H'$ ) de los grupos zooplácticos en Isla Desecheo, Puerto Rico.....	34
<b>Tabla 5.</b> Abundancia promedio y relativa del holoplancton, meroplancton y zooplancton total para las fechas de muestreo en Isla Desecheo, Puerto Rico.....	35
<b>Tabla 6.</b> Resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) de los datos transformados ( $\ln(X+1)$ ) de abundancia de zooplancton para evaluar relación entre fechas de muestreos y transectos en Isla Desecheo, Puerto Rico.....	36
<b>Tabla 7.</b> Resultados de prueba Tukey de los grupos del meroplancton para evaluar diferencias en abundancias entre fechas de muestreo en Isla Desecheo, Puerto Rico.....	37
<b>Tabla 8.</b> Valores de salinidad, temperatura, clorofila- <i>a</i> y densidad ( $\sigma-t$ ) durante los eventos de muestreo en Isla Desecheo, Puerto Rico.....	38
<b>Tabla 9.</b> Valores de los coeficientes de atenuación vertical ( $K_d$ (PAR)) medidos en los transectos durante tres muestreos en Isla Desecheo Puerto Rico.....	39

## Lista de Figura

<b>Figura 1.</b> Mapa del área de estudio y localización de los transectos (T1-T6) estudiados en Isla Desecheo, Puerto Rico.....	9
<b>Figura 2.</b> Concentración de clorofila- <i>a</i> (mg/l) medidos en los transectos durante los muestreos en Isla Desecheo, Puerto Rico.....	16
<b>Figura 3.a-c.</b> Abundancia promedio de los grupos zooplácticos durante el estudio en Isla Desecheo, Puerto Rico.....	18
<b>Figura 4.</b> Variación temporal del holoplancton, meroplancton y zooplancton en Isla Desecheo, Puerto Rico.....	24
<b>Figura 5.</b> Variación espacial de los grupos del holoplancton, meroplancton y zooplancton total en Isla Desecheo, Puerto Rico.....	27

## Lista de Apéndice

<b>Apéndice 1.</b> Listado de la composición taxonómica del zooplancton de Isla Desecheo, Puerto Rico. Nomenclatura según Barnes y Ruppert (1994); Hickman <i>et al.</i> (2002).....	52
<b>Apéndice 2.</b> Abundancia promedio y relativa del zooplancton a través de los transectos en junio 2002 en Isla Desecheo, Puerto Rico.....	54
<b>Apéndice 3.</b> Abundancia promedio y relativa del zooplancton a través de los transectos en septiembre 2002 en Isla Desecheo, Puerto Rico.....	56
<b>Apéndice 4.</b> Abundancia promedio y relativa del zooplancton a través de los transectos en noviembre 2002 en Isla Desecheo, Puerto Rico .....	58
<b>Apéndice 5.</b> Abundancia promedio y relativa del zooplancton a través de los transectos en febrero 2003 en Isla Desecheo, Puerto Rico.....	60
<b>Apéndice 6a-d.</b> Distribución de la abundancia del holoplancton, meroplancton y zooplancton total a través de los transectos en Isla Desecheo, Puerto Rico.....	62

## Introducción

Los estudios sobre zooplancton en arrecifes coralinos arrojan información sobre la existencia de una fauna particular, conformada por especies oceánicas, estadios larvales de peces e invertebrados y formas endémicas que habitan alrededor de las estructuras coralinas (Emery, 1968, Kramer, 1897 en Sorokin, 1990). Se han encontrado grandes nubes monotípicas de organismos holoplácticos que se mantienen en diferentes posiciones en los arrecifes de coral durante el día y luego migran en las noches a posiciones someras de la estructura, lo cual es diferente a los grupos de aguas oceánicas en términos de su conducta, composición y abundancia (Johannes *et al.*, 1970; Sale *et al.*, 1976; Porter y Porter, 1977; Hammer y Carleton, 1979). Esta comunidad específica, conocida modernamente como “zooplancton de arrecife”, forma parte del ecosistema de los arrecifes de coral ya que viven en este ambiente permanentemente e interactúan dentro de su sistema trófico. Algunas especies de coral muestran clara preferencia por especies de zooplancton, cuyas poblaciones están compuestas principalmente por especies que están conectadas con el biotopo del fondo (Sorokin, 1990, Sudara, 1986).

Los arrecifes de coral, que representan sistemas altamente productivos y taxonómicamente complejos, están compuestos por una gran variedad de organismos benthicos cuyos ciclos de vida incluyen etapas larvales plácticas. Estas larvas de invertebrados y peces, conocidas como meroplancton, enriquecen a su vez la estructura taxonómica y productividad de las comunidades de zooplancton en la vecindad de los arrecifes y contribuyen significativamente al reabastecimiento de las poblaciones locales (Cowen y Castro, 1994). Pabón (2001) encontró en La Parguera, Puerto Rico, que los grupos del meroplancton mostraron variabilidad a través de un gradiente costero-oceánico, siendo mayores la abundancia y diversidad en la zona nerítica para la mayoría de las formas larvales y disminuyendo a medida que se desplazaba hacia el océano. Por otra parte, formas holoplácticas como gusanos quetognatos, pterópodos y cladóceros se

encontraron homogéneamente distribuidos a través de todo el gradiente, mientras que los foraminíferos aumentaron a medida que se alejaban de la costa. Resultados similares fueron reportados por Purcell (1980) y Sydney y Beers (1969) en las Bermudas e Islas Vírgenes, respectivamente. Youngbluth (1979) realizó un estudio en siete localidades costeras de Puerto Rico y encontró que la mayor densidad de meroplancton se concentró en la parte oeste de la Isla, atribuyéndolo a que la plataforma insular es más amplia y existe una mayor diversidad de hábitats bénticos, incluyendo los arrecifes de coral.

Sabater (2001) reportó mayor abundancia de los primeros estadios larvales de langostas en la zona nerítica de La Parguera, Puerto Rico y esta abundancia disminuyó a través de un gradiente nerítico-oceánico, encontrándose en la zona oceánica aquellas larvas con los estadios más avanzados. Ramírez y García (2003) encontraron que las larvas de peces arrecifales fueron muy abundantes en la zona nerítica y disminuyeron paulatinamente hacia el océano donde prevalecieron entonces las de tipo oceánico. Rojas (2002) observó un patrón similar para larvas de peces en la plataforma de Puerto Rico e Isla de Mona relacionando este hecho a la presencia de hábitats bénticos en ambas áreas.

El presente estudio tiene como propósito evaluar la influencia del sistema arrecifal de Isla Desecheo sobre la estructura taxonómica y la abundancia zooplancton, con particular enfoque en las larvas de invertebrados a través de un gradiente costero - oceánico hasta 10 kilómetros fuera de la plataforma del arrecife en aguas oceánicas del Canal de La Mona.

## Revisión de Literatura

El término zooplancton es aplicado a todos los animales que viven libremente en el mar o en sistemas de agua dulce o salobre y que por su limitado poder de locomoción en el plano horizontal, debido a su pequeño tamaño, son más o menos pasivos a la deriva de las corrientes. Muchos investigadores han acuñado el término zooplancton de arrecife para definir a una comunidad específica que difiere de la de mar abierto en composición, conducta y abundancia, aún en lugares donde hay intenso intercambio con aguas oceánicas. Muchos de estos grupos viven asociados con el biotopo del fondo y presentan en su registro fósil y árbol filogenético un origen béntico, encontrándose que en su evolución estuvieron conectados a mecanismos anteriores asociados a la producción primaria y transporte de material al fondo del océano (Rigby y Milsom, 2000, Sorokin, 1990).

El zooplancton juega un papel importante en la estructura trófica de los arrecifes coralinos, siendo el enlace entre los productores primarios y los heterótrofos mayores; los cuales pueden mostrar preferencias de comida por un grupo o especie en particular. El plancton representa la mayor fuente de nutrientes y energía a la comunidad de los arrecifes coralinos. Johannes *et al.* (1970) resaltaron el papel que desempeña el zooplancton en la nutrición de algunos corales constructores de arrecifes (Scleractinios) aportando fósforo que los corales no pueden obtener de forma diluida. El fósforo no puede ser adquirido directamente por los corales aunque en pequeñas concentraciones este elemento es indispensable para la simbiosis coral-zooxanthela (Koop *et al.*, 2001, Emery, 1968).

Los arrecifes de coral sirven de refugio a organismos que en muchos casos constituyen su único mecanismo de defensa en la evasión de depredadores (Hamner y Carleton, 1979). Ellos reportaron que durante el día se pueden observar nubes de

mísidos y grandes copépodos, los cuales se ubican en las bases y dentro de agujeros en los arrecifes, lo que se considera una conducta de comunidades prácticamente estacionarias.

Los factores físicos juegan un papel importante en la estructura y la dinámica de las comunidades pláncticas; esto se refleja en patrones de abundancia y diversidad a través del tiempo y el espacio (González-Figueroa, 2002, Yoshioka, 1985). Factores como la luz, salinidad, oleaje, temperatura y configuración del hábitat contribuyen a la determinación de los patrones de distribución de los estadios larvales de peces e invertebrados y consecuentemente a la dinámica de reclutamiento.

La circulación del agua en áreas coralinas es compleja y la topografía tiene un efecto reductor sobre los mecanismos físicos existentes que hacen posible la retención de larvas cerca de los arrecifes. Los mecanismos que pueden promover el aumento del plancton en el lado de sotavento de las islas y arrecifes son variados y dependen de los factores físicos de cada área en particular (Lewis y Fish, 1969). Rojas (2002) consideró que en aguas oligotróficas la distribución y la abundancia del zooplancton en este lado de las islas y arrecifes están influenciadas por el “efecto de masas de islas”. Igualmente, el plancton se puede transportar atrapado en vórtices y turbulencias provenientes de la región de barlovento hacia sotavento o ser el resultado del movimiento y retención con la ayuda de las corrientes a lugares de abundancia de comida (Rissik *et al.*, 1997). Sin embargo, Leis (1986) encontró una mayor retención de larvas de peces en el lado barlovento de *Lizard Island* en la Gran Barrera de Coral en Australia; y atribuyó estos resultados a los patrones de corrientes del lugar y al comportamiento larval.

En las aguas alrededor de Barbados, se encontró la existencia de vórtices a los cuales se le atribuyó la retención potencial de organismos con largos estadios larvales y el retorno de larvas de peces al arrecife influenciado por condiciones oceánicas (Cowen y

Castro, 1994, Emery, 1972). Los movimientos horizontales de las larvas pláncicas y de las post larvas de invertebrados bénticos no parecen estar controlados por su nado horizontal y al parecer, corresponden más a la advección por corrientes sobre la plataforma, las cuales pueden ser generadas por el viento, las mareas, diferencias de densidad del agua y a los vórtices (Shanks, 1995). Los mecanismos de reclutamiento y dispersión de las poblaciones de peces arrecifales se han apoyado en los últimos tiempos sobre la idea del autoabastecimiento debido a mecanismos de retención de las larvas que ocurren en los mismos arrecifes, encontrándose que una gran cantidad de las larvas de peces arrecifales son reclutadas en su arrecife natal (Jones *et al.*, 1999).

La abundancia del zooplancton está muy relacionada con los cambios en la abundancia del fitoplancton que se produce en el ámbito local y regional. Alfonso (2001) registró máximos de producción primaria en aguas del Caribe Norte en los meses de abril y octubre asociadas al incremento en la producción del fitoplancton debido a la influencia de aguas menos salinas y ricas en nutrientes provenientes de los Ríos Amazonas y Orinoco. Yoshioka *et al.* (1985) reportó un aumento significativo en la abundancia del zooplancton al sur de Puerto Rico asociado a picos en la concentración de clorofila-*a*, que coinciden con la entrada de agua proveniente del Río Orinoco. En el ámbito local, también se han observado que las fluctuaciones en las poblaciones de zooplancton se encuentran asociadas a la concentración de clorofila.

Ríos-Jara (1998) reportó fluctuaciones en las poblaciones de zooplancton con el aumento en las concentraciones de clorofila para la Bahía Bioluminiscente en La Parguera, Puerto Rico. Youngbluth (1979) relaciona este hecho a la baja salinidad provocada por esorrentía que lleva consigo nutrientes del medio terrestre al medio acuático, el cual se traduce en un aumento en la producción de fitoplancton. Se ha encontrado que tanto el holoplancton como el meroplancton incrementan sus poblaciones en respuesta al aumento en productividad primaria (García y López, 1989,

Glynn, 1973). Sin embargo, otros estudios han reportado una correlación negativa entre la abundancia de zooplancton y la concentración de clorofila y ésto se atribuye a efectos de pastoreo del zooplancton sobre el fitoplancton (González-Figueroa, 2002; García y Durbin, 1993).

La luz y la temperatura son conocidas como los principales factores ambientales que regulan la distribución vertical del plancton; controlando, iniciando y orientando el movimiento vertical que realizan los organismos. Muchos grupos pláncnicos responden a cambios de luz en su medio teniendo un ciclo diurno, con una interacción dinámica entre el máximo de luz y los cambios en la distribución (Harris, 1988, Swift y Forward, 1988). Una hipótesis que ha ganado atención del por qué de estas migraciones sugiere que los organismos se mantienen dentro de una zona de iluminación preferente y migran hacia la superficie cuando la intensidad de la luz decrece al anochecer y descienden cuando la intensidad incrementa al amanecer (Frank y Widder, 2002). Existe otro proceso de carácter biológico que determina preferencia en la intensidad de la luz como es la depredación; los piscívoros necesitan una intensidad mayor que los planctívoros para ser más eficientes en localizar a su presa (Kaartvedt *et al.*, 1996).

Se ha reportado que la relación entre abundancia y composición taxonómica de las poblaciones de zooplancton en un gradiente nerítico-oceánico muestra una diferencia clara entre las especies del holoplancton y el meroplancton (Pabón, 2001, Gaard, 1999, Sydney y Beers, 1969). La diversidad de grupos holopláncnicos, que en su gran mayoría está representada por copépodos, se muestra menor en zonas neríticas donde generalmente hay pocas especies adaptadas a comer células grandes de fitoplancton, las cuales son comunes en zonas influenciadas por ríos y escorrentías (Paffenhoffer, 1993; García com. pers.). La mayoría de las especies de copépodos de aguas oceánicas se alimentan de células pequeñas.

## Objetivos

- ❖ Caracterizar la composición taxonómica y abundancia del zooplancton en los arrecifes de coral Puerto Botes y Puerto Canoas, ubicados al suroeste de la Isla Desecheo.
- ❖ Evaluar si los arrecifes coralinos ejercen influencia sobre la abundancia y la estructura taxonómica de las comunidades del zooplancton.
- ❖ Examinar posibles patrones temporales de variabilidad en la composición taxonómica y abundancia del zooplancton asociado a los arrecifes de Isla Desecheo y el Canal de La Mona.

## Hipótesis

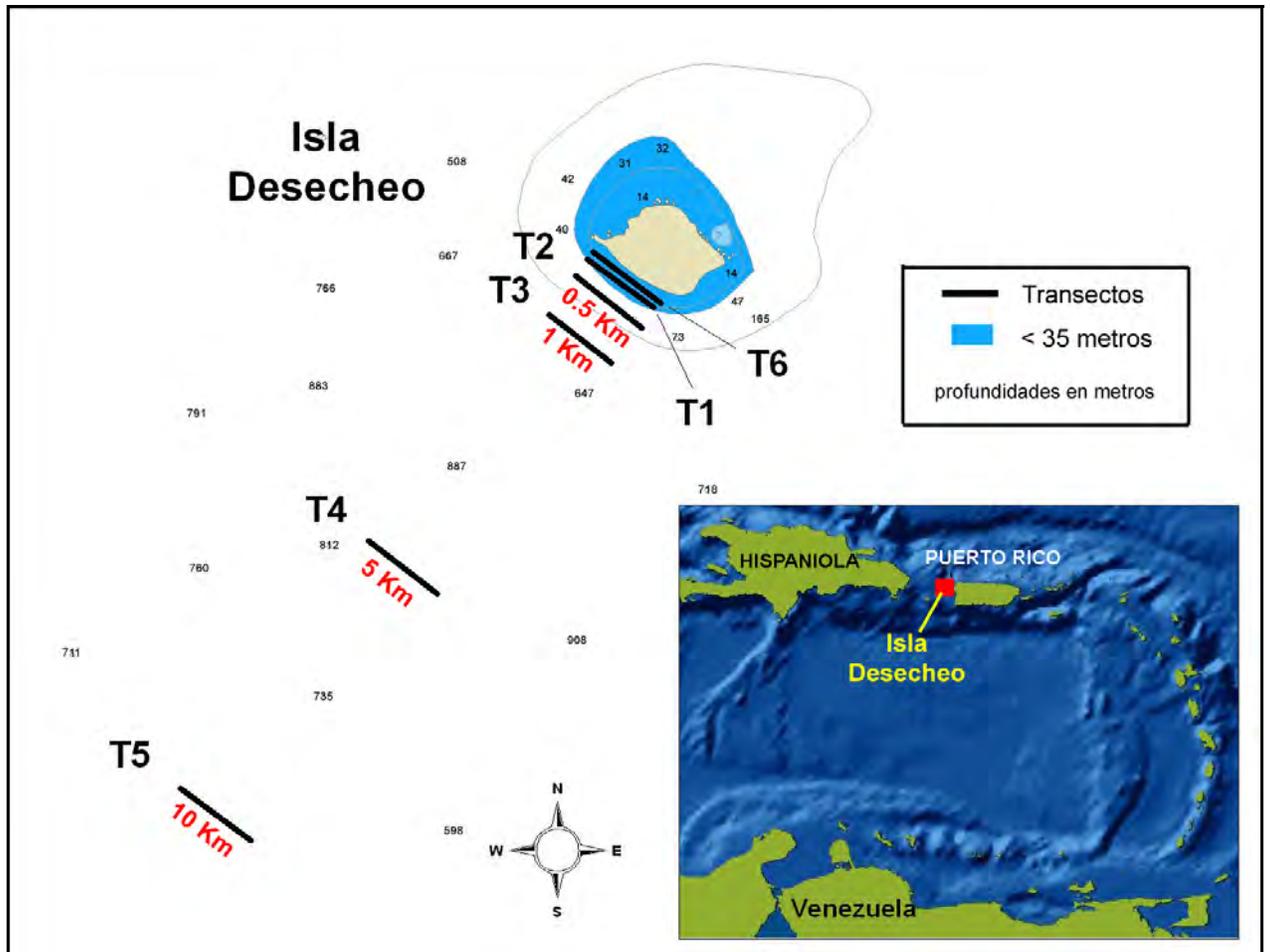
**Ho:** Existen diferencias en la abundancia y la composición taxonómica del zooplancton, principalmente de los estadios larvales; a través de un gradiente costero-oceánico apartir de la zona arrecifal de Isla Desecheo, Puerto Rico.

## Metodología

### Descripción del área de estudio

Isla Desecheo tiene una extensión de 1.2 hectáreas y está localizada al este del Canal de La Mona, aproximadamente a 9 millas náuticas del municipio de Rincón en la costa noroeste de Puerto Rico (Figura 1). La Isla es de tipo oceánica, compuesta de rocas areniscas y calcáreas de origen volcánico, su topografía es montañosa, no hay manantiales permanentes ni riachuelos y recibe unos 1,020 milímetros de lluvia anualmente. Fue utilizada como campo de tiro por la marina de los Estados Unidos desde 1940 hasta 1965. En 1966 fue adquirida por el Departamento de Salud y en 1976 fue transferida a la Administración del Servicio de Pesca y Vida Silvestre y declarada Reserva Natural (Breckon, 2000).

Las comunidades marinas alrededor de la Isla están influenciadas por aguas oceánicas oligotróficas todo el año, fuertes corrientes y oleajes estacionales influenciados por los vientos provenientes del Atlántico Norte (Armstrong *et al.*, 2001). Los ciclos de marea son semidiurnos (períodos de 12 horas). El sistema arrecifal más extenso se encuentra al suroeste de la Isla, constituido por los arrecifes Puerto Canoas y Puerto Botes; en las coordenadas  $18^{\circ} 22.895' N$ -  $067^{\circ} 29.316' W$  y  $18^{\circ} 23.416' N$ -  $067^{\circ} 29.026' W$ , respectivamente. Este sistema con formaciones de tipo parches combinados con surcos y espolones, se caracteriza por el crecimiento de coral masivo con colonias de gran tamaño ramificadas e incrustantes con un porcentaje de cobertura alrededor de 50 % (García *et al.*, 2001). Estas formaciones coralinas se encuentran a profundidades entre los 15 y 23 metros.



**Figura 1.** Mapa del área de estudio y localización de los transectos (T1-T6) estudiados en Isla Desecheo, Puerto Rico.

## Fase de campo

Se realizaron cuatro viajes de muestreo, estos fueron el 4 de junio, 6 de septiembre y 27 de noviembre del 2002 y el 20 de febrero del 2003. Un quinto viaje a la zona de estudio se efectuó el 14 de marzo del 2003 para hacer perfiles de CTD (Conductivity, Temperature, Density) los cuales no fueron realizados en el muestreo de febrero. Los muestreos se realizaron entre las 08:00 y 16:00 horas. Se utilizaron las embarcaciones R/V Sultana y R/V Pez Mar propiedad del Departamento de Ciencias Marinas de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

Se establecieron seis transectos paralelos (T1 a T6) a partir de los arrecifes Puerto Botes y Puerto Canoas (Figura 1). Las estaciones T1 y T6 se situaron dentro de la plataforma insular al sur y al norte de los arrecifes, T2 a medio kilómetro, T3 a un kilómetro, T4 a cinco kilómetros y T5 a diez kilómetros. La longitud aproximada de cada transecto fue de un kilómetro (Tabla 1). En cada transecto se realizaron arrastres oblicuos escalonados a 1, 10 y 20 metros. Estas profundidades se estimaron utilizando la fórmula  $Z=WL/\text{Cos}$  donde Z es la profundidad, WL es la distancia del cable que lleva la red y Cos es el coseno del ángulo del cable. El mecanismo utilizado fue un sistema de 3 redes o *Tucker Trawl* de 0.65 metros cuadrados de entrada y abertura de malla de 0.308 milímetros, la cual es selectiva para macrozooplancton. Las muestras en cada transecto se tomaron en triplicado y el tiempo de pesca fue de cinco minutos para cada red. El volumen filtrado promedio por transecto fue de 251.2 m<sup>3</sup> a una velocidad aproximada de dos nudos.

**Tabla 1.** Coordenadas geográficas y profundidad en los transectos desde Isla Desecheo hasta el Canal de La Mona, Puerto Rico.

Transectos	Coordenadas inicio transecto	Coordenadas final transecto	Profundidad (m)
T6	18° 22.681 N 67° 28.869 W	18° 22.757 N 67° 29.121 W	16.4
T1	18° 22.7630 N 67° 29.2310 W	18° 22.9560 N 67° 29.4320 W	23.5
T2	18° 22.6520 N 67° 29.4240 W	18° 22.7730 N 67° 29.5650 W	310
T3	18° 22.2820 N 67° 29.3770 W	18° 22.6720 N 67° 29.8910 W	>1000
T4	18° 22.2820 N 67° 30.8630 W	18° 20.830 N 67° 31.113 W	>1000
T5	18° 18.660 N 67° 32.636 W	18° 18.3348 67° 32.8720 W	>1000

Para determinar el volumen de agua filtrada se colocaron metros de flujo modelo *General Oceanics* en la entrada de las redes. El volumen filtrado resulta de la siguiente fórmula:  $(VF = \pi(A)^2(\text{dist}(m))/4)$  donde la constante  $\pi$  es igual a 3.14, A es el área de la entrada de la red, dist es la distancia que resulta de la diferencia entre las lecturas del metro de flujo antes y después del arrastre y m es la constante del rotor que es igual a 26,873 (*General Oceanics, Inc.*). Se registró la profundidad real (17 metros) que alcanzaba la red de pesca utilizando un sensor de presión o minilog TDR (*VEMCO*) el cual se instaló en la parte superior del sistema de redes.

En cada salida de campo se tomaron 18 muestras para un total de 72. En el mes de noviembre se hizo un duplicado de la estación T3 para comprobar replicabilidad de los arrastres. Cada muestra de plancton se rotuló y acompañó de una hoja de campo con información del número de la réplica, fecha, coordenadas geográficas, tiempo de comienzo y final del arrastre, datos del volumen filtrado y otros datos pertinentes. Las muestras de plancton fueron preservadas *in situ* con formalina amortiguada con borato

de sodio al 5% y agua de mar para su identificación posterior y conteo en el laboratorio de ecología de plancton en Isla Magueyes.

Al principio y al final de cada transecto se tomaron datos oceanográficos físico-químicos utilizando un CTD modelo SBE-19 Sea-Bird Electronics, Inc. con un fluorómetro integrado de Wet Labs, Inc. Este instrumento permite tomar perfiles de temperatura, salinidad, densidad y fluorescencia. Los perfiles se tomaron hasta una profundidad de 20 metros y los datos arrojados por estos perfiles se promediaron para obtener datos puntuales de esta masa de agua superficial. Los valores de clorofila-*a* se ajustaron haciendo una curva de calibración:  $y = 0.4094 x + 0.0514$ , donde los datos de clorofila-*a* obtenidos por método extractivo es de 0.4094 por  $x$ , que corresponde al valor del CTD, y la suma del valor 0.0514 obtenido de la regresión lineal.

Se utilizó un radiómetro sumergible modelo Li-1400 (Li-Cor Biosciences) en los muestreos de junio, septiembre y febrero para calcular el Coeficiente de Atenuación Vertical de la luz disponible para fotosíntesis ( $K_d(\text{PAR})$ ); donde PAR son las abreviaciones de "Photosynthetically Active Radiation". El coeficiente de atenuación vertical ( $K_d(\text{PAR})$ ) se obtuvo al calcular la pendiente de la regresión lineal de los logaritmos naturales de los perfiles de irradianza descendente ( $E_d(\text{PAR})$ ) los cuales se tomaron hasta una profundidad de diez metros. Los datos de  $K_d(\text{PAR})$  fueron corregidos a partir de los datos colectados por el sensor sumergible los cuales se dividieron entre los datos del sensor en el barco y los valores resultantes se promediaron por profundidad y se les calculó el logaritmo natural.

## **Fase de laboratorio**

Inicialmente se separaron y contaron las larvas de peces de las muestras utilizando un microscopio de disección, luego fueron preservadas con etanol al 95% y rotuladas. Para fines de esta investigación sólo se tomó en cuenta el número total de larvas de peces por estación, sin considerar el desarrollo larval.

El análisis cuantitativo y taxonómico del zooplancton se comenzó lavando la muestra con agua fresca en un cedazo de abertura de malla de 0.202 milímetro bajo un extractor de aire para evitar la exposición a los vapores de la formalina, luego se transfirió la muestra a un vaso graduado y se diluyó su contenido a un volumen conocido. Utilizando una pipeta tipo *Stempel* se tomó una alícuota y se dispersó en una cámara de conteo. La dilución de la muestra y el volumen de la alícuota se ajustaron para contar aproximadamente 100 individuos del grupo más abundante del holoplancton y 30 individuos del grupo más abundante del meroplancton; este procedimiento se realizó dos veces para obtener un promedio representativo de la muestra. Para la identificación y conteo de los organismos se utilizó un microscopio de disección y un contador. Los grupos taxonómicos se reportaron como individuos por metros cúbicos (Ind/m<sup>3</sup>), valor que se obtuvo al multiplicar el promedio de las alícuotas por el factor de dilución para obtener (individuos por muestras) y luego dividir por el volumen filtrado. El factor de dilución de la muestra se obtiene de la división del volumen de dilución inicial conocido por el volumen de la alícuota. El volumen filtrado se calcula por el producto del área de la superficie de la red y la distancia recorrida.

La identificación taxonómica del zooplancton se realizó a nivel de grupos (filo, orden y clase) utilizando las siguientes referencias: Trégouboff y Rose (1957), Newell y Newell (1963), Gosner (1971), Smith (1979), Williams (1984) y Todd y Laverack (1991).

Los datos de abundancia del meroplancton, holoplancton y zooplancton total se transformaron a logaritmo natural ( $\ln(X+1)$ ) para normalizar la distribución. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza de dos vías para determinar si había diferencias en la abundancia de zooplancton entre estaciones y meses de muestreo usando el programa estadístico Infostat (IS, 2004; Ott, 1993). Las diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) se analizaron mediante una prueba de comparación múltiple de promedios (Tukey Test).

Se utilizó la correlación de Pearson para examinar posibles relaciones entre la abundancia de zooplancton total y los factores físico – químicos y los valores del coeficiente de atenuación vertical. Se utilizó el programa estadístico Sigma Stat versión 1.0 (1992-1994) y las diferencias significativas se analizaron como  $p < 0.05$ .

Se calculó el índice de diversidad de Shannon y Weaner ( $H'$ ) (Pielou, 1966)

utilizando la fórmula: 
$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i),$$

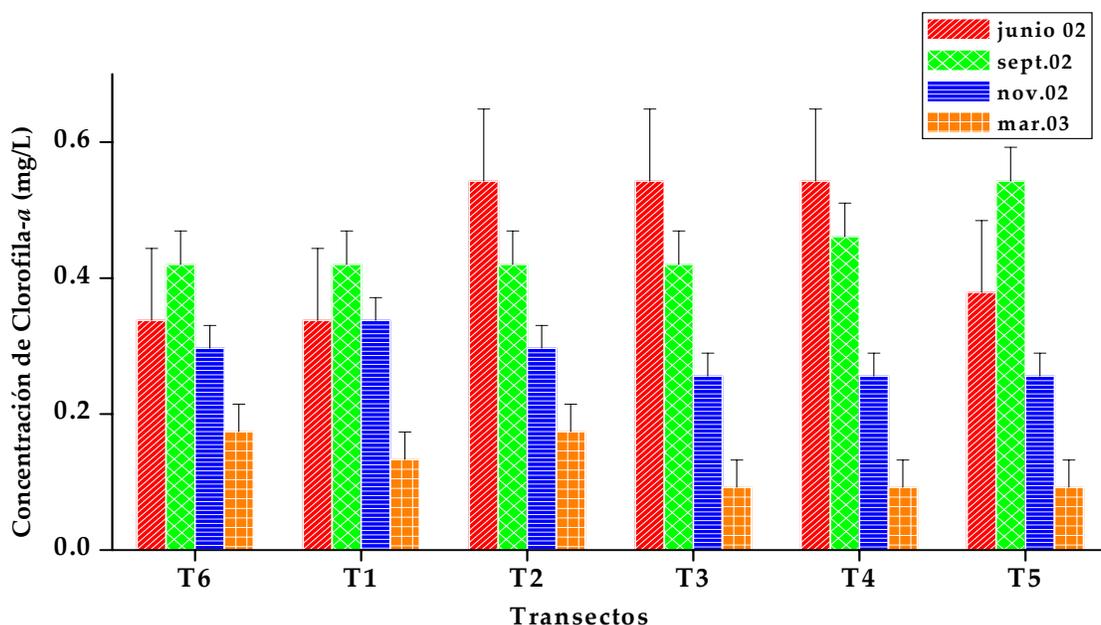
donde, S es el número de grupos taxonómicos,  $p_i$  es el número de individuos de los grupos taxonómicos dividido por N, donde N es la abundancia del zooplancton expresada en Ind/m<sup>3</sup>.

## Resultados

### Variaciones temporales y espaciales de la temperatura, salinidad, densidad y clorofila-*a*.

Las concentraciones de clorofila-*a* variaron entre un máximo de 0.5 mg/l en junio y septiembre y un mínimo de 0.1 mg/l en marzo (Tabla 8). (Tabla 8 y Figura 5).

Los valores máximos de salinidad se registraron en junio con un promedio de 36.2 us y los valores mínimos en septiembre con un promedio de 34.9 us. Se registró una diferencia de casi dos unidades de salinidad entre estos dos meses así como de una décima de unidad entre noviembre y marzo (Tabla 8). La temperatura mostró variaciones entre 26.8° C y 29.3° C, reflejando diferencias de aproximadamente un grado entre los meses de muestreo.



**Figura 2.** Concentración de clorofila-*a* (mg/l) medidos en los transectos durante los muestreos en Isla Desecho, Puerto Rico. (Las barras representan el error estándar).

En septiembre se reportaron las temperaturas máximas promedio de 29.1 °C, mientras que en marzo las temperaturas mínimas fueron de 26.8°C (Tabla 8). Los datos de densidad ( $\sigma-t$ ) mostraron los valores más altos y consistente en todos los transectos durante el muestreo de marzo con 23.5 kg/m<sup>3</sup> y los más bajos en septiembre con 22.6 kg/ m<sup>3</sup> (Tabla 8).

Se encontraron variaciones temporales significativas (ANOVA factorial,  $p < 0.01$ ) en la salinidad, densidad, temperatura y concentración de clorofila-*a*. Se encontró baja correlación ( $r = 0.4$ ) entre la abundancia de zooplancton y la concentración de clorofila-*a*, Sin embargo no se encontró correlación entre la abundancia de zooplancton con la salinidad, temperatura y el coeficiente de atenuación.

## Variaciones en el Coeficiente de atenuación ( $K_d_{PAR}$ ).

Los coeficientes de atenuación ( $K_d_{PAR}$ ) se calcularon a partir de las medidas de irradianza descendente ( $E_d(PAR)$ ). Estas mediciones se realizaron con el propósito de evaluar si la abundancia de zooplancton afectaría el comportamiento de la luz en las aguas que circundan el suroeste de Isla Desecheo. Los coeficientes de atenuación ( $K_d_{PAR}$ ) presentaron variaciones significativas entre los meses de muestreos (ANOVA Factorial;  $p = 0.03$ ). Los valores más altos se observaron en febrero entre 0.2 y 0.3  $m^{-1}$  desde el transecto 2 hasta el transecto 5, valores considerados altos en aguas oceánicas por lo que lo atribuimos a un error instrumental al momento de tomar los datos (Tabla 9). En junio los valores oscilaron entre 0.02 y 0.1  $m^{-1}$ , siendo 0.02  $m^{-1}$  el valor más bajo registrado durante el estudio. En septiembre fluctuaron entre 0.04 y 0.2  $m^{-1}$ . La variabilidad temporal encontrada puede estar relacionada con los bajos valores que se registraron en junio, cuando la radiación solar es mayor.

De acuerdo a la clasificación óptica de las aguas marinas, las aguas que circundan la Isla son de tipo "caso 1"; aguas oligotróficas (Kirk *et al.*, 1984). No hubo correlación entre la abundancia del zooplancton total con los valores de  $K_d_{PAR}$  ( $p > 0.05$ ), lo cual indica que el zooplancton no es un factor que afecte la atenuación de la luz en Isla Desecheo. Tampoco se encontró correlación ( $p > 0.05$ ) entre el coeficiente de atenuación ( $K_d_{PAR}$ ) y la concentración de clorofila-*a*, la cual ofrece información sobre la cantidad de luz disponible para la fotosíntesis.

## Estructura taxonómica, abundancia y diversidad del zooplancton

La composición taxonómica del zooplancton desde Isla Desecheo hasta el Canal de La Mona incluyó un total de treinta y tres grupos de invertebrados y vertebrados identificados a nivel de filos, clases, órdenes y subórdenes (Apéndice 1). La abundancia promedio del zooplancton total del estudio fue de 3,979 Ind/m<sup>3</sup> (varió entre: 2,246 – 6,411 Ind/m<sup>3</sup>; tabla 2).

Se encontraron 17 grupos taxonómicos del holoplancton con una abundancia promedio de 1,871 Ind/m<sup>3</sup> (varió entre: 1,255 – 3,007 Ind/m<sup>3</sup>), lo que representó el 47.0 % del zooplancton total (Tabla 2). Los copépodos calanoides fueron el grupo numéricamente dominante del holoplancton con un 25.6 %, seguido de los copépodos ciclopoideos con un 9.7 %. Otros grupos importantes en cuanto a la abundancia relativa fueron los gusanos quetognatos (3.8 %), sifonóforos (1.9 %), cladóceros (1.2 %), foraminíferos (1.1 %) y larváceos (1.0 %).

El meroplancton estuvo compuesto por 12 grupos de larvas de invertebrados, peces, huevos de peces y huevos de decápodos con una abundancia promedio de 2,108 Ind/m<sup>3</sup> (varió entre: 793.4 – 3,404 Ind/m<sup>3</sup>), lo que representó el 53.0 % del zooplancton total (Tabla 2). Los huevos de peces constituyeron el grupo numéricamente dominante con un 49.7 % (93 % del meroplancton total), seguidos por las larvas de gastrópodos (0.7 %), larvas de poliquetos (0.5 %), larvas de cangrejos anomuros (0.4 %) y larvas de camarones carídeos (0.4 %). Las larvas de peces representaron el 0.3 % del zooplancton total, al igual que los huevos de decápodos y larvas de cangrejos braquiuros.

El índice de diversidad de Shannon y Weaner para la comunidad de zooplancton de Isla Desecheo estuvo representado por valores similares en los transectos; siendo el transecto 1 el que presentó el valor más alto ( $H' = 1.7$ ; Tabla 4). Este transecto se encuentra en el borde de la plataforma insular de la isla; habitualmente estos lugares

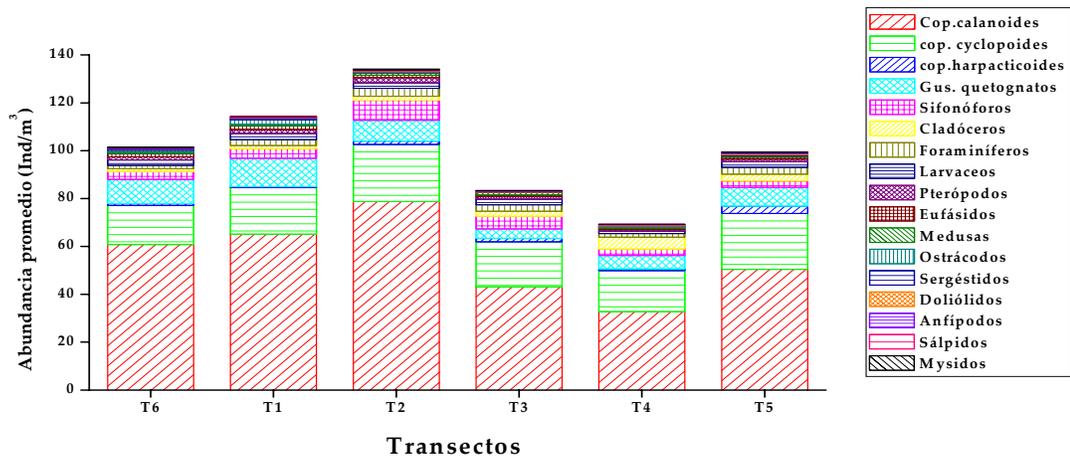
reportan una mayor concentración de organismos lo que los hace más diversos. Los transectos 6 y 5 resultaron con un valor de  $H' = 1.6$ , colocándose en el segundo lugar en cuanto a diversidad. Estos se encuentran en los extremos del área que fue muestreada, el transecto más cercano a la costa y el canal de la Mona, considerado un umbral oceánico entre las Islas de Puerto Rico y la República Dominicana. En Puerto Rico solamente se han reportado datos de índice de diversidad de Shannon y Weaner para la comunidad de zooplancton en la bahía de Jobos con valores entre 1.9 y 2.3, esta zona constituye una zona estuarina (García, 2004).

### **Transecto 6 (T6).**

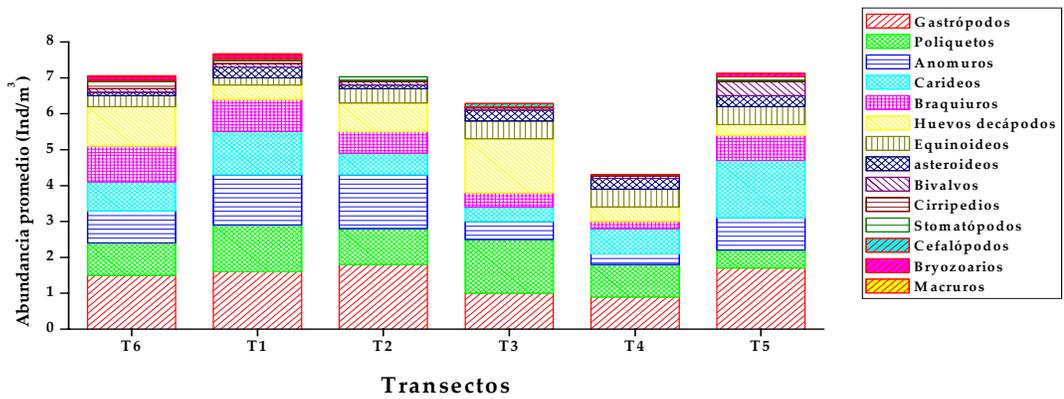
La abundancia promedio del zooplancton total en el transecto 6 fue de 207 Ind/m<sup>3</sup> (Tabla 3). Varió entre 81 -358 Ind/m<sup>3</sup> durante el período del estudio (Apéndices 2 al 5). El holoplancton representó el 48.9 % del zooplancton total. Los copépodos calanoides fueron el grupo numéricamente dominante en este transecto constituyendo el 29.3 % del zooplancton total (Tabla 3 y Figura 2a). Otros grupos del holoplancton que sobresalieron en esta estación fueron los copépodos ciclopoideos (7.8 %), los gusanos quetognatos (4.8 %), los sifonóforos (1.6 %) y los larváceos (1.1 %). Estos cuatro grupos se colectaron durante todo el estudio en este transecto.

El meroplancton representó el 51.0 % del zooplancton total (Tabla 3). Los huevos de peces fueron el grupo numéricamente dominante, constituyendo el 47.1 % del zooplancton total (92.2 % del meroplancton total) mientras que las larvas de peces representaron el 0.5 % del zooplancton total (Tabla 3 y Figura 2c). Las larvas de moluscos gastrópodos, cangrejos braquiuros, larvas de anomuros, poliquetos y huevos de decápodos estuvieron presentes, aunque en baja abundancia (0.5 - 0.7 % del zooplancton total) en este transecto (Tabla 3 y Figura 2b).

### A. Holoplancton



### B. Meroplancton



### C. Huevos y larvas de peces

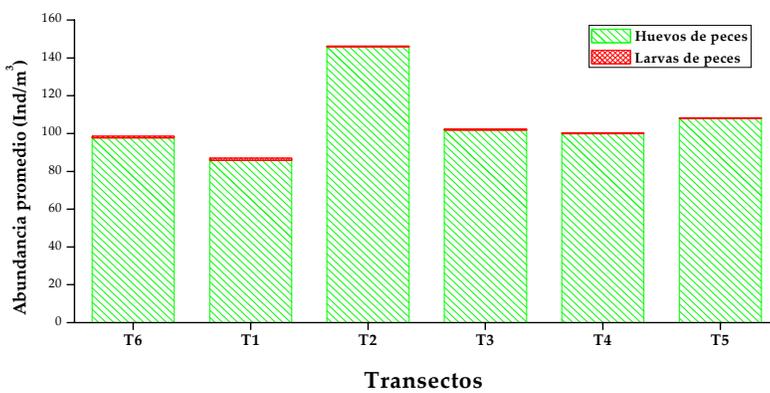


Figura 3a - c. Abundancia promedio de los grupos zooplánticos durante el estudio en Isla Desecho, Puerto Rico. (a.holoplancton; b.meroplancton; c.huevos y larvas de peces).

### **Transecto 1 (T1).**

La abundancia promedio del zooplancton total para este transecto fue 209 Ind/m<sup>3</sup> (Tabla 3) con un rango de 113 - 296 Ind/m<sup>3</sup> (Apéndices 2 al 5). El holoplancton constituyó el 54.7 % del zooplancton total, siendo la única estación en la cual el holoplancton representó más del 50 % del zooplancton total. Los copépodos calanoides, ostrácodos y los gusanos quetognatos presentaron en este transecto su mayor abundancia relativa (31.2, 0.9 y 5.7 %) durante el estudio (Tabla 3 y Figura 2a). Los copépodos ciclopoideos representaron el 9.3 % del zooplancton total. Otros componentes taxonómicos con abundancias relativas sobre el 1.0 % en T1 fueron los sifonóforos, larváceos y foraminíferos (Tabla 3).

El meroplancton representó el 45.3 % del zooplancton total en T1 siendo este porcentaje el menor entre los transectos estudiados (Tabla 3). Los huevos de peces fueron el grupo numéricamente dominante con 41.1 % del zooplancton total (90.7 % del meroplancton) (Tabla 3 y Figura 2c). Las larvas de peces presentaron una abundancia relativa de 0.6 % del zooplancton total, de igual manera los gusanos poliquetos, las larvas de anomuros y los camarones carídeos (Figura 2b). Las larvas de macruros (langostas) estuvieron presentes en abundancias promedios de 0.1 Ind/m<sup>3</sup> en T6 y T1 y no se colectaron en los demás transectos; ubicados fuera de la plataforma arrecifal, lo que sugiere que el arrecife es una fuente de larvas de langostas.

### **Transecto 2 (T2).**

La abundancia promedio del zooplancton total en T2 fue de 288 Ind/m<sup>3</sup> (Tabla 3). Varió entre 73 – 681 Ind/m<sup>3</sup> (Apéndice 2 al 5) El holoplancton representó el 46.7 % del zooplancton total. Los copépodos calanoides estuvieron presentes en un 27.4 % seguidos

de los ciclopoideos con 8.3 % (Tabla 3 y Figura 2a). Los gusanos quetognatos representaron el 3 % del zooplancton total. Los sifonóforos presentaron su mayor abundancia relativa del estudio en este transecto (2.9 %).

El meroplancton representó un 53.4 % del zooplancton total. Los huevos de peces fueron el grupo taxonómico más abundante de este transecto representando el 50.7 % del zooplancton total (95 % meroplancton total) (Tabla 3 y Figura 2c). Las larvas de gastrópodos y anomuros presentaron un 0.6 % y se colectaron en este transecto durante el período del estudio.

El índice de diversidad ( $H'$ ) en T2 fue de 1.5 ocupando el tercer lugar junto a los transectos 3 y 4 (Tabla 4). Este transecto está ubicado dentro de la plataforma insular de Isla Desecheo.

### **Transecto 3 (T3).**

La abundancia promedio del zooplancton total en T3 fue de 192 Ind/m<sup>3</sup> (Tabla 3) con un rango de 128 - 285 Ind/m<sup>3</sup> (Apéndice 2 al 5). El holoplancton representó el 43.3 % del zooplancton total. Los copépodos calanoides y ciclopoideos fueron los grupos holoplanctónicos numéricamente dominantes con 22.5 y 9.8 %, respectivamente (Tabla 3 y Figura 2a). Los gusanos quetognatos presentaron en T3 la abundancia relativa más baja del estudio (2.1 %).

El meroplancton constituyó el 56.6 % del zooplancton total (Tabla 3). Los huevos de peces fueron el componente taxonómico numéricamente dominante, representado el 53.1 % del zooplancton total y el 95 % del meroplancton total (Tabla e y Figura 2c). Las larvas de poliquetos y los huevos de decápodos se encontraron presentes en un 0.8 % mientras las larvas de gastrópodos en un 0.5 % (Tabla 3 y Figura 2b). Los huevos de

decápodos solamente se encontraron presente en este transecto en el muestreo de junio 2002 (Apéndice 2).

#### **Transecto 4 (T4).**

La abundancia promedio del zooplancton total en T4 fue de 174 Ind/m<sup>3</sup> (Tabla 3). Varió entre 127 - 221 Ind/m<sup>3</sup> (Apéndice 2 al 5). El holoplancton representó el 39.8 % del zooplancton total siendo ésta la abundancia relativa más baja de los grupos holoplanctónicos en el estudio. Los copépodos calanoides representaron solamente 18.8 % del zooplancton total en este transecto (Tabla 3 y Figura 2a). Los copépodos ciclopoides representaron un 9.9 %. Los cladóceros presentaron su abundancia relativa más alta (2.8 %) del período estudiado. Los larváceos y pterópodos presentaron abundancias relativas baja en este transecto pero fueron colectados en todos los eventos de muestreo.

El meroplancton constituyó el 60.2 % del zooplancton total, alcanzando en T4 su abundancia relativa más alta en la presente investigación (Tabla 3). Los huevos de peces representaron el 57.4 % del zooplancton total (95 % del meroplancton total) (Tabla 3 y Figura 2c). Las larvas de peces constituyeron el 0.3 % del zooplancton total. Las larvas de anomuros y de braquiuros presentaron una abundancia relativa baja (0.2 % y 0.1 % respectivamente) pero fueron colectadas en este transecto en todos los eventos de muestreo (Tabla 3 y Figura 2b).

#### **Transecto 5 (T5).**

La abundancia promedio del zooplancton total fue de 215 Ind/m<sup>3</sup> (Tabla 3) con un rango de 97– 383 Ind/m<sup>3</sup> (apéndice 2 al 5). El holoplancton representó el 46.2 % del zooplancton total. Los copépodos calanoides y ciclopoides fueron los grupos holoplanctónicos numéricamente dominantes con 23.4 y 10.9 % del zooplancton total,

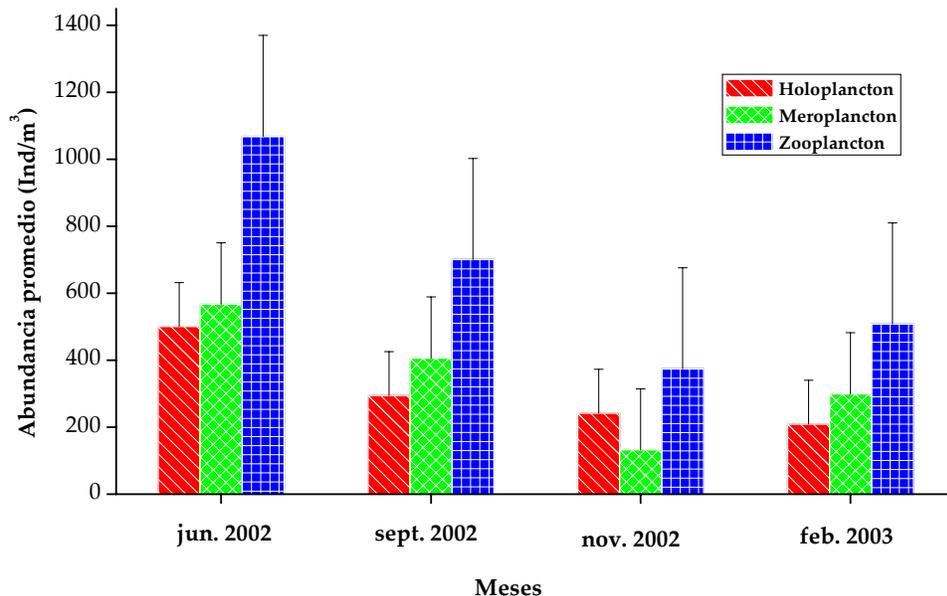
respectivamente (Tabla 3 y Figura 2a). Los copépodos harpacticoides presentaron en T5 su abundancia relativa más alta del estudio (1.4 %). El grupo de los doliólidos se encontró en una abundancia relativa de 0.2 % igual que en el transecto 4

El meroplancton constituyó el 53.8 % del zooplancton total (Tabla 3). Los huevos de peces fueron el grupo taxonómicamente dominante representando el 50.2 % del zooplancton total (93.5 % del meroplancton total) (Tabla 3 y Figura 2c). Otros grupos presentes en T5 fueron las larvas de moluscos gastrópodos, camarones carídeos, cangrejos braquiuros y anomuros los cuales se colectaron en este transecto en todos los eventos de muestreo (Tabla 3 y Figura 2b).

## Variaciones temporales de abundancia del zooplancton

Las variaciones en abundancia del zooplancton total y el holoplancton total no fueron estadísticamente significativas entre las fechas de muestreo (ANOVA factorial  $p > 0.05$ , Tabla 6). La abundancia de los grupos holoplanctónicos fluctuó entre 209 Ind/m<sup>3</sup> (febrero 2003) y 501 Ind/m<sup>3</sup> (junio 2002) (Tabla 5 y Figura 3).

La abundancia del meroplancton total varió entre 132 Ind/m<sup>3</sup> (noviembre 2002) y 567 Ind/m<sup>3</sup> (junio 2002) (Tabla 5). Estas diferencias temporales de abundancia fueron estadísticamente significativas (ANOVA factorial  $p = 0.02$ , Tabla 6). El efecto de interacción entre las fechas y los transectos con respecto a la abundancia de los grupos del meroplancton fue inexistente ( $p > 0.05$ ) lo que indica que las variaciones temporales fueron consistentes en los transectos. La abundancia promedio del meroplancton fue más alta en junio y más baja en noviembre (Tukey  $p < 0.05$ , Tabla 5, 7 y Figura 3).



**Figura 4.** Variación temporal del holoplancton, meroplancton y zooplancton en Isla Desecheo, Puerto Rico. (Las barras representan el error estándar).

Los huevos de peces dominaron en abundancia todas las fechas de muestreos (Tabla 5), presentando variaciones temporales en la abundancia que fueron estadísticamente significativas (ANOVA factorial  $p < 0.01$ ). Este patrón es consistente con el meroplancton total que presentó mayor abundancia en junio y menor abundancia en noviembre. Otros grupos de zooplancton que presentaron diferencias de abundancia estadísticamente significativas (ANOVA factorial  $p < 0.05$ ) entre las fechas de muestreos fueron los foraminíferos, quienes se encontraron en mayor abundancia en junio y menor abundancia en febrero (Tabla 5). Las larvas de asteroideos presentaron la mínima abundancia en junio y la máxima abundancia en noviembre, mientras las larvas de equinoideos presentaron menor abundancia en junio y mayor abundancia en febrero.

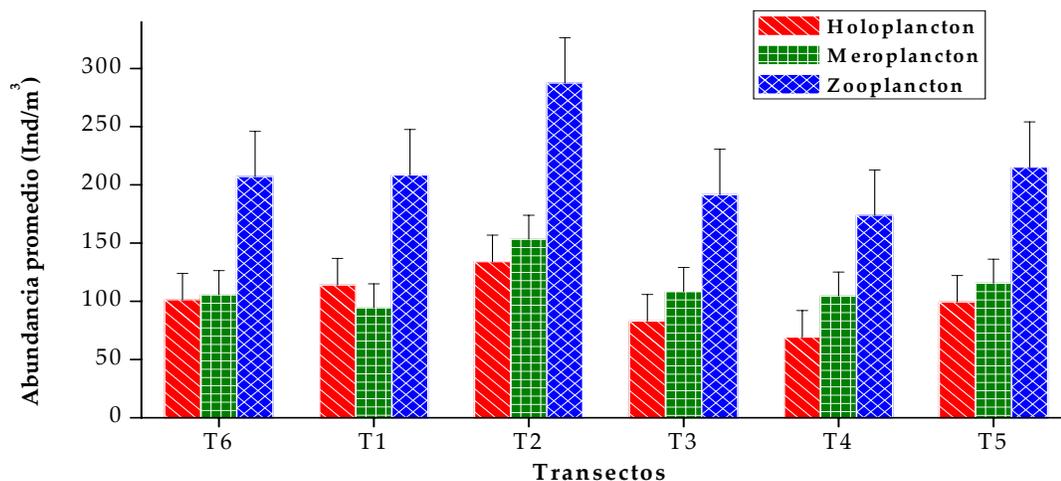
Noviembre representó para los grupos holoplanctónicos el único mes en mostrar una abundancia promedio superior a los grupos meroplanctónicos (Tabla 5). Los copépodos calanoides fueron el grupo numéricamente mejor representado con abundancia que fluctuó entre los 315 Ind/m<sup>3</sup> en junio y 90 Ind/m<sup>3</sup> en febrero; este grupo sólo fue superado por los huevos de peces, excepto en el muestreo de noviembre. El segundo grupo del holoplancton con mayor abundancia fueron los ciclopoideos con abundancias entre 85 Ind/ m<sup>3</sup> en el mes de junio y 51 Ind/ m<sup>3</sup> en febrero, mostrando una disminución en abundancia desde el muestreo de junio a febrero. A continuación le siguieron los gusanos quetognatos con valores máximos de 35 Ind/ m<sup>3</sup> y mínimos de 16 Ind/ m<sup>3</sup> en septiembre y febrero, respectivamente. Otro grupo fue el de los pterópodos, que disminuyeron en abundancia paulatinamente desde junio del 2002 a febrero 2003 (8.7 – 0.03 Ind/ m<sup>3</sup>). Los copépodos harpacticoides y los sifonóforos mostraron abundancias máximas en el mes de junio (11 y 26 Ind/ m<sup>3</sup>, respectivamente) y disminuyeron en los dos muestreos siguientes. Se observó que los grupos de las medusas, sergéstidos, anfípodos y mísidos presentaron alta abundancia en febrero, cuando la abundancia del holoplancton total fue la más baja del estudio.

El grupo del meroplancton, con excepción de los huevos de peces, presentó baja abundancia en todos los eventos de muestreos (Tabla 5). Las larvas de gastrópodos y anomuros presentaron sus abundancias máximas en junio y septiembre, disminuyendo en los muestreos de noviembre y febrero. Otros grupos como los gusanos poliquetos, bivalvos y huevos de decápodos disminuyeron paulatinamente de junio a febrero. Las larvas de peces, camarones carídeos, cangrejos braquiuros, cirripedios, estomatópodos y briozoarios mostraron su abundancia máxima en el muestreo de septiembre.

## **Variaciones espaciales de abundancia del zooplancton**

Las variaciones en abundancia del zooplancton total, al igual que de las categorías de holoplancton y meroplancton total a través del gradiente desde los arrecifes Puerto Canoas y Puerto Botes hasta aguas del Canal de La Mona, no fueron estadísticamente significativas (ANOVA factorial  $p > 0.05$ ; Tabla 6 y Apéndice 2 - 6). Además, ningún grupo taxonómico del holoplancton ni del meroplancton evidenció diferencias estadísticamente significativas en la abundancia entre los transectos estudiados.

El zooplancton total presentó su abundancia promedio máxima en T2 (288 Ind/m<sup>3</sup>) y la abundancia mínima en T4 (174 Ind/m<sup>3</sup>) (Tabla 3). De igual forma para el holoplancton la abundancia promedio máxima y mínima fue en T2 y T4, respectivamente, mientras que para el meroplancton la abundancia promedio máxima fue en T2 y la mínima en T1 (Tabla 3 y Figura 4). El transecto 2 se encuentra sobre la plataforma insular de Isla Desecheo a medio kilómetro de los arrecifes Puerto Canoas y Puerto Botes, en tanto que el transecto 4 está ubicado en aguas oceánicas del Canal de La Mona a cinco kilómetros de los arrecifes y el transecto 1 sobre el sistema arrecifal.



**Figura 5.** Variación espacial de los grupos del holoplancton, meroplancton y zooplancton total en Isla Desecheo, Puerto Rico. (Las barras representan el error estándar)

La abundancia promedio de los copépodos calanoides varió entre 33 Ind/m<sup>3</sup> en T4 y 79 Ind/m<sup>3</sup> en T2 (Tabla 3 y Figura 2a). Los copépodos ciclopoideos con un rango de 16 – 24 Ind/m<sup>3</sup> en T6 y T2, respectivamente. Los copépodos harpacticoides presentaron abundancia promedio baja en T1 (0.4 Ind/m<sup>3</sup>) y el promedio más alto en T5 (1.4 Ind/m<sup>3</sup>). Los gusanos quetognatos, eufásidos, ostrácodos, sergéstidos y anfípodos presentan sus abundancias promedio más altas en T6 y T1 y estos grupos disminuyen en los transectos siguientes, algunos mostraron un ligero aumento en T5. Otros grupos como los cladóceros, doliólidos y sálpidos mostraron promedios mínimos en los transectos sobre los arrecifes (T6 y T1) y los máximos en los transectos fuera de la plataforma insular de Isla Desecheo (T3, T4 y T5). Los foraminíferos, larváceos y medusas exhibieron abundancias promedios similares a través de todo el gradiente, mientras que los sifonóforos y pterópodos mantuvieron las abundancias promedios más altas en los transectos sobre la plataforma insular (T1 y T2) y fuera de la plataforma (T3) de Isla Desecheo, disminuyendo en los transectos en aguas del Canal.

Grupos meroplanctónicos como los gastrópodos, anomuros, braquiuros, carídeos y briozoarios disminuyeron en abundancia desde los transectos 6 y 1 y aumentaron

ligeramente en T5 (Tabla 3). Los huevos de peces fueron el grupo taxonómico numéricamente dominante en todo los transectos; presentaron las abundancias promedio más bajas en los transectos sobre los arrecifes (T1 y T6). Las larvas de peces mostraron una considerable disminución desde los transectos 6 y 1, al igual que grupos como los cirripedios (bayocas), macruros (langostas) y cefalópodos (pulpos y calamares), los cuales presentaron muy baja abundancia promedio y se encontraron solamente en los transectos sobre el arrecife. Los poliquetos mantuvieron abundancias promedios constantes hasta T5, donde disminuyeron abruptamente. Para los grupos del meroplancton la alta variabilidad en la abundancia de los organismos entre los replicados (error experimental), pudo afectar los resultados ya que no se detectaron diferencias en estos grupos, a pesar de que presentaron abundancias promedio aparentemente diferentes.



**Tabla 3.** Abundancia promedio y relativa del zooplancton a través de los transectos estudiados en Isla Desecheo, Puerto Rico.

Taxones	Transectos											
	T6		T1		T2		T3		T4		T5	
	Ap.	Ar	Ap.	Ar	Ap.	Ar	Ap.	Ar	Ap.	Ar	Ap.	Ar
<b>Holoplancton (Ind/m<sup>3</sup>)</b>												
Copépodos calanoides	60.84	29.38	65.12	31.22	78.83	27.41	43.08	22.49	32.67	18.78	50.43	23.44
Copépodos ciclopoideos	16.33	7.89	19.45	9.32	23.83	8.29	18.77	9.79	17.23	9.91	23.41	10.88
Copépodos harpacticoides	0.78	0.38	0.42	0.20	1.35	0.47	1.37	0.71	0.69	0.40	3.06	1.42
Gusanos quetognatos	10.13	4.89	11.80	5.66	8.73	3.03	3.98	2.07	5.62	3.23	7.73	3.59
Sifonóforos	3.30	1.59	3.97	1.90	8.36	2.91	5.27	2.75	2.74	1.58	2.82	1.31
Cladóceros	1.13	0.55	1.40	0.67	1.59	0.55	2.14	1.12	4.88	2.81	2.81	1.31
Foraminíferos	1.51	0.73	2.43	1.17	3.55	1.23	2.71	1.41	1.63	0.93	2.83	1.32
Larváceos	2.20	1.06	2.70	1.29	2.29	0.80	2.38	1.24	0.98	0.57	2.37	1.10
Pterópodos	1.31	0.63	1.48	0.71	2.06	0.72	1.08	0.56	0.63	0.36	1.05	0.49
Eufásidos	1.35	0.65	1.56	0.75	0.96	0.33	0.56	0.29	0.47	0.27	0.81	0.38
Medusas	0.58	0.28	0.61	0.29	1.01	0.35	0.96	0.50	0.47	0.27	0.63	0.29
Ostrácodos	0.76	0.37	1.97	0.94	0.24	0.08	0.05	0.03	0.44	0.25	0.03	0.02
Sergéstidos	0.48	0.23	0.58	0.28	0.33	0.12	0.20	0.10	0.18	0.10	0.37	0.17
Doliólidos	0.18	0.08	0.16	0.08	0.38	0.13	0.23	0.12	0.36	0.21	0.51	0.24
Anfípodos	0.44	0.21	0.36	0.17	0.33	0.11	0.17	0.09	0.21	0.12	0.29	0.14
Sálpidos	0.01	0.00	0.03	0.02	0.13	0.04	0.10	0.05	0.06	0.03	0.24	0.11
Mísidos	0.05	0.02	0.04	0.02	0.18	0.06	0.08	0.04	0.03	0.01	0.04	0.02
<b>Holoplancton promedio</b>	<b>101.38</b>	<b>48.96</b>	<b>114.06</b>	<b>54.68</b>	<b>134.13</b>	<b>46.65</b>	<b>83.11</b>	<b>43.37</b>	<b>69.28</b>	<b>39.83</b>	<b>99.43</b>	<b>46.21</b>
<b>Meroplancton(Ind/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Ap.</b>	<b>Ar</b>	<b>Ap.</b>	<b>Ar</b>	<b>Ap.</b>	<b>Ar</b>	<b>Ap.</b>	<b>Ar</b>	<b>Ap.</b>	<b>Ar</b>	<b>Ap.</b>	<b>Ar</b>
Gastrópodos	1.47	0.71	1.59	0.76	1.76	0.61	0.98	0.51	0.94	0.54	1.74	0.81
Poliquetos	0.93	0.45	1.26	0.60	1.01	0.35	1.49	0.78	0.87	0.50	0.53	0.24
Anomuros	0.93	0.45	1.38	0.66	1.48	0.51	0.45	0.23	0.33	0.19	0.87	0.40
Carídeos	0.77	0.37	1.15	0.55	0.64	0.22	0.43	0.22	0.67	0.38	1.64	0.76
Braquiuros	1.01	0.49	0.88	0.42	0.64	0.22	0.35	0.18	0.23	0.13	0.68	0.32

**Tabla 3.** Continuación.

Taxones	Transectos											
	T6		T1		T2		T3		T4		T5	
	Ap.	Ar										
Huevos decápodos	1.14	0.55	0.39	0.19	0.83	0.29	1.45	0.76	0.38	0.22	0.34	0.16
Equinoideos	0.26	0.12	0.23	0.11	0.43	0.15	0.53	0.27	0.52	0.30	0.57	0.26
Astroideos	0.12	0.06	0.28	0.14	0.13	0.04	0.26	0.13	0.28	0.16	0.29	0.14
Bivalvos	0.13	0.06	0.12	0.06	0.13	0.04	0.06	0.03	0.06	0.03	0.44	0.21
Cirripedios	0.20	0.10	0.08	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00	0.03	0.02	0.03	0.01
Estomatópodos	0.02	0.01	0.03	0.02	0.10	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.13	0.06
Cefalópodos	0.03	0.01	0.05	0.02	0.00	0.00	0.13	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00
Briozoarios	0.08	0.04	0.08	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.06
Macruros	0.03	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Huevos de peces	97.61	47.14	85.77	41.12	145.82	50.71	101.76	53.11	99.86	57.42	107.96	50.17
Larvas de peces	0.97	0.47	1.19	0.57	0.43	0.15	0.59	0.31	0.46	0.26	0.39	0.18
<b>Meroplancton promedio</b>	<b>105.68</b>	<b>51.04</b>	<b>94.53</b>	<b>45.32</b>	<b>153.41</b>	<b>53.35</b>	<b>108.50</b>	<b>56.63</b>	<b>104.64</b>	<b>60.17</b>	<b>115.74</b>	<b>53.79</b>
<b>Zooplancton promedio</b>	<b>207.06</b>	<b>100.00</b>	<b>208.58</b>	<b>100.00</b>	<b>287.53</b>	<b>100.00</b>	<b>191.61</b>	<b>100.00</b>	<b>173.92</b>	<b>100.00</b>	<b>215.17</b>	<b>100.00</b>

Abundancia promedio (Ap)

Abundancia relativa (Ar)

**Tabla 4.** Índice de Diversidad ( $H'$ ) de los grupos zoopláncticos de Isla Desecheo, Puerto Rico.

<b>Estaciones</b>	<b>Grupos taxonómicos (S)</b>	<b>Abundancia total (N) Ind/m<sup>3</sup></b>	<b>Shannon y Weaner (<math>H'</math>)</b>
T6	33	2,485.1	1.6
T1	33	2,503.4	1.7
T2	30	3,450.6	1.5
T3	32	2,424.3	1.5
T4	31	2,087.4	1.5
T5	31	2,582.2	1.6

**Tabla 5.** Abundancia promedio y relativa del holoplancton, meroplancton y zooplancton total para las fechas de muestreo en Isla Desecheo, Puerto Rico.

	Muestreos							
	Junio 2002		Septiembre 2002		Noviembre 2002		Febrero 2003	
	A.prom. (Ind/m <sup>3</sup> )	A.relat. (%)	A.prom. (Ind/m <sup>3</sup> )	A.relat. (%).	A.prom. (Ind/m <sup>3</sup> )	A.relat (%)	A.prom. (Ind/m <sup>3</sup> )	A.relat (%)
<b>Holoplancton</b>								
Copépodos calanoides	314.68	29.45	140.72	20.07	134.85	36.03	89.82	17.65
Copépodos ciclopoideos	85.05	7.96	64.22	9.16	56.60	15.12	50.78	9.98
Copép. harpacticoides	10.92	1.02	1.62	0.23	0.78	0.21	1.57	0.31
Gusanos quetognatos	29.57	0.46	35.30	5.03	19.00	5.08	16.22	3.19
Sifonóforos	26.00	2.43	10.73	1.53	2.70	0.72	11.48	2.41
Cladóceros	2.00	0.19	11.40	1.63	16.42	4.39	2.02	0.27
Foraminíferos	9.32	0.87	4.97	0.71	2.00	0.53	0.43	2.64
Larváceos	4.33	0.41	9.02	1.29	2.08	0.56	0.67	2.26
Pterópodos	8.67	0.81	3.92	0.56	1.10	0.29	0.03	0.29
Eufásidos	1.70	0.16	3.67	0.52	1.65	0.44	1.35	0.94
Medusas	3.30	0.31	2.45	0.35	0.47	0.12	13.42	0.40
Ostrácodos	0.95	0.09	4.20	0.60	0.02	0.00	1.78	0.35
Sergéstidos	1.17	0.11	1.45	0.21	1.13	0.30	4.80	0.13
Doliólidos	1.05	0.10	0.05	0.02	1.75	0.47	1.48	0.16
Anfípodos	1.28	0.12	1.05	0.15	0.90	0.24	12.28	0.09
Sálpidos	0.40	0.04	0.05	0.01	0.43	0.12	0.17	0.03
Mísidos	0.67	0.06	0.00	0.00	0.07	0.02	0.82	0.01
<b>Holoplancton total</b>	<b>501.06</b>	<b>44.6</b>	<b>294.89</b>	<b>42.06</b>	<b>241.95</b>	<b>64.65</b>	<b>209.12</b>	<b>41.10</b>
<b>Meroplancton</b>	A.prom. (Ind/m <sup>3</sup> )	A.relat. (%)	A.prom. (Ind/m <sup>3</sup> )	A.relat. (%).	A.prom. (Ind/m <sup>3</sup> )	A.relat (%)	A.prom. (Ind/m <sup>3</sup> )	A.relat (%)
Huevos de peces	531.67	49.76	374.40	53.40	120.67	32.24	290.82	57.16
Gastrópodos	6.00	0.56	7.00	1.00	2.05	0.55	2.22	0.44
Poliquetos	4.90	0.46	3.22	0.46	2.45	0.65	1.40	0.28
Anomuros	5.70	0.53	3.73	0.53	0.92	0.24	1.98	0.19
Carídeos	3.20	0.30	5.57	0.79	1.53	0.41	0.47	0.09
Braquiuros	2.78	0.26	4.10	0.58	0.30	0.08	0.53	0.10
Larvas de peces	2.95	0.28	3.28	0.47	0.47	0.12	1.08	0.21
Huevos decápodos	7.55	0.71	0.05	0.01	0.00	0.00	0.02	0.003
Equinoideos	1.00	0.09	1.37	0.19	1.05	0.28	1.77	0.35
Asteroideos	0.13	0.01	0.88	0.13	2.45	0.65	0.07	0.01
Bivalvos	0.92	0.09	0.70	0.10	0.25	0.07	0.15	0.03
Cirripedios	0.25	0.02	0.38	0.05	0.02	0.004	0.12	0.02
Estomatópodos	0.12	0.01	0.70	0.10	0.00	0.01	0.02	0.003
Cefalópodos	0.15	0.01	0.13	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00
Briozoarios	0.00	0.00	0.53	0.08	0.05	0.01	0.00	0.00
Macruros	0.05	0.005	0.05	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00
<b>Meroplancton total</b>	<b>567.37</b>	<b>53.10</b>	<b>406.09</b>	<b>57.92</b>	<b>132.27</b>	<b>35.3</b>	<b>299.65</b>	<b>58.89</b>
<b>Zooplancton total</b>	<b>1,068.43</b>	<b>100.00</b>	<b>700.98</b>	<b>100.00</b>	<b>374.22</b>	<b>100.0</b>	<b>508.77</b>	<b>100.00</b>

Abundancia promedio (A. prom.)

Abundancia relativa (A. relat.).

**Tabla 6.** Resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) de los datos transformados ( $\ln(X+1)$ ) de abundancia de zooplancton para evaluar relación entre fechas de muestreos y transectos en Isla Desecheo, Puerto Rico.

	<b>Variable</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
<b>Zooplancton</b>	Modelo	31	22.80	0.74	5.31	< 0.0001
	Fecha	3	11.03	3.68	3.14	0.0870
	Transecto	5	0.26	0.05	0.38	0.8583
	Fecha*transecto	15	2.13	0.14	1.02	0.4525
	Error	40	5.54	0.14		
	Total	71	28.34			
<b>Holoplancton</b>	Modelo	31	17.23	0.56	2.62	0.0022
	Fecha	3	6.14	2.05	2.61	0.1238
	Transecto	5	1.42	0.28	1.34	0.2668
	Fecha*transecto	15	3.39	0.23	1.06	0.4169
	Error	40	8.49	0.21		
	Total	71	25.72			
<b>Meroplancton</b>	Modelo	31	37.66	1.21	9.32	< 0.0001
	Fecha	3	23.21	7.74	5.26	0.0269
	Transecto	5	0.63	0.13	0.97	0.4482
	Fecha*transecto	15	2.06	0.14	1.05	0.4280
	Error	40	5.22	0.13		
	Total	71	42.88			

GL: grados de libertad

SC: suma de cuadrados

CM: cuadrado medio

**Tabla 7.** Resultados de la prueba Tukey de los grupos del meroplancton para evaluar diferencias en abundancia entre las fechas de muestreo en Isla Desecheo, Puerto Rico.

Fecha	Media	Número muestras	Resultados
nov. 2002	3.51	18	A
feb. 2003	4.56	18	A B
sept. 2002	4.75	18	A B
junio 2002	5.00	18	B

**Prueba: Tukey**  
**Alfa: 0.05      DMS=1.29      Grados de libertad: 8      Error: 1.47**

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

**Tabla 8.** Valores de salinidad, temperatura, clorofil-*a* y sigma-*t* durante los eventos de muestreos en Isla Desecheo, Puerto Rico.

Estaciones	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)	Sigma- <i>t</i> (kg/m <sup>3</sup> )	Clorofila- <i>a</i> (mg/l)
<b>junio 2002</b>				
T6	36.2	27.8	23.5	0.3
T1	36.1	27.7	23.4	0.3
T2	36.2	27.7	23.4	0.5
T3	36.0	27.8	23.2	0.5
T4	36.0	27.9	23.2	0.5
T5	36.1	27.9	23.3	0.4
<b>septiembre 2002</b>				
T6	35.1	29.0	22.1	0.4
T1	35.2	29.0	22.2	0.4
T2	35.2	29.0	22.2	0.4
T3	34.9	29.1	21.9	0.4
T4	34.9	29.3	21.9	0.5
T5	34.9	29.1	22.0	0.5
<b>noviembre 2002</b>				
T6	35.4	28.4	22.6	0.3
T1	35.4	28.4	22.6	0.3
T2	35.8	28.4	22.8	0.3
T3	35.8	28.5	22.8	0.3
T4	35.8	28.5	22.8	0.3
T5	36.0	28.5	23.0	0.3
<b>marzo 2003</b>				
T6	35.9	26.9	23.5	0.2
T1	35.9	26.9	23.5	0.1
T2	35.9	26.9	23.5	0.2
T3	35.9	26.9	23.5	0.1
T4	35.9	26.8	23.5	0.1
T5	35.9	26.8	23.5	0.1

**Tabla 9.** Valores de los Coeficiente de Atenuación Vertical  $K_d$  (PAR) medidos en los transectos durante tres muestreos en Isla Desecheo, Puerto Rico.

Estaciones	Hora	$K_d$ (PAR) ( $m^{-1}$ )	Zooplankton Ind/ $m^3$
<b>junio 2002</b>			
T6	15:20	0.10	357.8
T1	11:11	0.02	251.3
T2	11:33	0.10	680.5
T3	12:14	0.10	243.4
T4	13:10	0.10	220.6
T5	14:06	0.10	383.2
<b>septiembre 2002</b>			
T6	11:41	0.20	220.2
T1	12:17	0.10	295.6
T2	13:09	0.10	212.5
T3	13:54	0.10	285.1
T4	14:53	0.04	191.7
T5	15:55	0.10	196.8
<b>febrero 2003</b>			
T6	13:40	0.10	169.2
T1	14:14	0.10	174.4
T2	14:56	0.20	184.1
T3	10:50	0.30	149.9
T4	9:46	0.20	156.6
T5	8:50	0.20	183.3

## Discusión

Los resultados de nuestro estudio no validan la hipótesis alterna planteada, prevaleciendo la hipótesis nula de no-variación en abundancia y composición taxonómica del zooplancton a través del gradiente. El hecho de que las estaciones sobre el arrecife mostraron ligera tendencia a poseer un mayor número de grupos taxonómicos nos confirma que los arrecifes de corales son un ecosistema diverso y que influye en la estructura de la comunidad del plancton. Sin embargo, en Isla Desecheo la composición taxonómica y la abundancia corresponden más a una mezcla de zooplancton de arrecife y zooplancton oceánico, predominando este último. Resultados similares fueron informados por Morales y Murillo (1996) y Carleton *et al.* (2001) los cuales atribuyen esta característica al intercambio del arrecife con aguas oceánicas.

En este estudio, los huevos de peces resultaron ser el grupo taxonómico numéricamente dominante en las aguas al oeste de Isla Desecheo, representando cerca del 50 % del zooplancton total en todos los eventos de muestreo. Esto difiere de estudios previos de zooplancton reportados para Puerto Rico, en donde los copépodos pláncnicos (calanoides y ciclopoideos) representan el grupo numéricamente dominante; aunque muchos de estos trabajos fueron realizados cercanos a la costa (González-Figueroa, 2002; Pabón, 2001, Yongbluth, 1975, 1979). Ambos órdenes de copépodos son principalmente herbívoros y desempeñan el papel de transferencia de energía de productores primarios (fitoplancton) a los consumidores secundarios (zooplantívoros). Por otro lado, el grupo de meroplancton presentó abundancias bajas a través del gradiente, en comparación a otros trabajos previos realizados en aguas costeras u oceánicas adyacentes a la plataforma insular de Puerto Rico (Pabón, 2001; Rodríguez-Santiago, 2000).

Pabón (2001) encontró una marcada reducción en la abundancia de grupos meroplácticos (e.j. camarones carídeos, cangrejos braquiuros y anomuros) a partir de los diez kilómetros en la costa sur de Puerto Rico, los cuales fueron abundantes en la zona nerítica y declinaron abruptamente fuera de la plataforma insular. La abundancia del meroplancton en el presente trabajo fue similar a los reportados por Pabón (2001) a los 46 kilómetros de la costa de La Parguera, Puerto Rico.

En el presente estudio el zooplancton no mostró un patrón espacial dentro de la escala de muestreo utilizada (10 kilómetros). Los valores de abundancia, especialmente de los grupos meroplácticos, fueron tan bajos que estadísticamente no se pudo apreciar cambios significativos entre los transectos. La Isla Desecheo está separada de Puerto Rico por una distancia de casi diez millas al oeste de Rincón y por más de veinte millas al noroeste de los principales arrecifes de la costa de Mayagüez en la Isla de Puerto Rico. Por ende, su localización lejana a la plataforma insular y a los procesos costeros que influyen en la estructura taxonómica del zooplancton (Sydney y Beers, 1969; Purcell, 1980; Alfaro, 2001) le imprimen el carácter oceánico a la comunidad del zooplancton en la vecindad de la Isla Desecheo.

Por otro lado, el carácter de isla oceánica influenciada por oleajes estacionales ocasionado por los fuertes vientos provenientes del Atlántico Norte no parece promover el “efecto de masas de islas” en Isla Desecheo, fenómeno observado en otras islas oceánicas y arrecifes que favorecen la retención de grupos zooplanctónicos en la zona protegida del viento (Rojas, 2001; Rissik *et al.*, 1997; Lewis y Fish, 1969). Aparentemente, la abundancia de zooplancton en este lado de la Isla está determinada por las corrientes superficiales, que se desplazan oeste – noroeste a velocidades aproximadas de 10.5 cm/seg (Capella, 2003; Rojas, com. pers.). El zooplancton de Isla Desecheo se caracterizó por una baja abundancia de los grupos holoplácticos y meroplácticos, con excepción de los huevos de peces. La alta abundancia de huevos de peces podría estar relacionada

a la alta densidad de peces asociados a los arrecifes Puerto Canoas y Puerto Botes, incluyendo la presencia de poblaciones de peces grandes (ej. Atunes y Dorados) cuya fecundidad es potencialmente alta (García *et al*, 2001). En el presente estudio se encontró baja abundancia de larvas de peces en contraste con la alta abundancia de los huevos. González-Figueroa (2002) observó un patrón similar en la Bahía de Guayanilla, Puerto Rico. Esta disparidad podría estar sustentada en la fisiología de los huevos que tienen la particularidad de flotar y ser colectados en arrastres superficiales (Hempel, 1979 en Rojas, 2002).

Es interesante notar que las abundancias de huevos más bajas se registraron en las estaciones sobre los arrecifes, lo que puede sugerir que están expuestos a un alto potencial de depredación. García *et al*. (2001) reportaron en un estudio mediante censos visuales de peces la presencia de un 54 % y 53 % de peces zooplanctívoros en los arrecifes Puerto Canoas y Puerto Botes, respectivamente. Se podría señalar que esta producción de huevos de peces pudiera ser crucial para el mantenimiento de estas poblaciones de peces zooplanctívoros. Otra hipótesis que pudiéramos plantearnos sobre la baja abundancia de holoplancton y meroplancton en este lugar, relacionado al alto porcentaje de peces zooplanctívoros en los arrecifes de Isla Desecheo, tiene que ver con la presión por depredación que puedan estar ejerciendo estos organismos sobre el zooplancton que produce el arrecife.

Se reconoce que las poblaciones zoopláncticas de un océano tropical no dependen de los sistemas hidrográficos locales, sino de fenómenos físico-químicos, algunos de orden mesoescalar. Un ejemplo de estos fenómenos es la intrusión en el mar Caribe de aguas menos salinas provenientes de ríos en América del Sur que cambian la composición y la estructura de las capas superficiales (Muller-Karger, 1989; Yoshioka, 1985). En la presente investigación no se encontró la influencia de estos procesos en las poblaciones zooplanctónicas de Isla Desecheo, por el contrario, se observó una

disminución en abundancia del zooplancton en el mes de noviembre, fecha en que se ha reportado la máxima afluencia de aguas provenientes de los Ríos Amazonas y Orinoco (Corredor y Morel, 2001 en Alfaro, 2001). La variabilidad temporal estadísticamente significativa para los grupos del meroplancton quizás esté más relacionada a procesos biológicos de los grupos de invertebrados que componen el plancton, especialmente de los peces ya que los huevos de peces fueron numéricamente dominantes.

## Conclusiones

La no - variación en la composición y abundancia de los grupos zooplanctónicos en el gradiente costero – oceánico dentro de la escala propuesta de 10 kilómetros no validan nuestra hipótesis alterna y prevalece la hipótesis nula.

La baja abundancia de los grupos del holoplancton y los grupos del meroplancton podría estar reflejando la importancia de los procesos costeros como es el aporte de nutrientes terrígeno para estimular el crecimiento de fitoplancton y consecuentemente el zooplancton, lo que se refleja en la composición y abundancia de la comunidad del zooplancton nerítico que no observamos en las comunidades oceánicas.

Las larvas de invertebrados asociados directamente de los aportes ribereños (camarones carídeos, cangrejos braquiuros y larvas de peces) no se reflejan en la estructura del zooplancton en la cercanía de Isla Desecheo; limitada la presencia de estos grupos a la producción endógena de los arrecifes y al aporte de dispersión a larga distancia proveniente de Puerto Rico, el cual es mínimo según observaciones en este estudio.

La alta variabilidad en abundancia del zooplancton dentro del transecto (error de muestreo) limitó la detección de diferencias en composición taxonómica y abundancia entre transectos.

Las bajas abundancias en larvas de invertebrado encontrados en este estudio pueden estar relacionadas a el alto potencial de difusión dado por las fuertes corrientes oceánicas que prevalecen alrededor de la Isla Desecheo y el alto potencial de depredación existente asociado a peces zooplanctívoros sobre el arrecife.

## Bibliografía

- Alfaro-Lozano, M. 2002. Oceanographic features and zooplankton community structure at Mayagüez Bay, Puerto Rico. Ph. D. Dissertation Ph. D. University of Puerto Rico, Mayagüez Campus. 151 pp.
- Alfonso-Sosa, E. 2001. Variabilidad temporal de la producción primaria ictioplanctónica en la estación CATS (Caribbean Time Series Station): con énfasis en el impacto de la marea interna semidiurna sobre la producción. Disertación Ph. D. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Puerto Rico. 402 pp.
- Alfonso-Sosa, E. 1996. The coastal current regime during one year period. Western, Puerto Rico. M.S. Thesis. University of Puerto Rico, Mayagüez Campus. 135 pp.
- Armstrong, R., J. García & F. Gilbes. 2001. Baseline characterization of bio-optical oceanographic properties and their relation to the diversity and health of coral reef communities. Final data report. 69 pp.
- Breckon, G. J. 2000. Flora of Desecheo Island. Caribbean Journal Science. 36(3-4): 177-209.
- Carleton, J. H., R. Brinkman & P. J. Doherty. 2001. Zooplankton community structure and water flow in the lee of Helix reef (Great Barrier Reef, Australia). Marine Biology. 139(4): 705-717.
- Capella, J. E., L. B. Quetin, E. E. Hofman & R. M. Ross. 1992. Models of the early life history of *Euphasia superba* –Part II. Lagrangian calculations. Deep Sea Research. 39(7-8): 1201-1220.
- Capella, J. E., A. Mercado, J. Corredor & J. Morel. 1997. The oceanography of the northeastern Caribbean sea south of Puerto Rico: CEER-OTEC oceanographic studies. No publicado.
- Capella, J. E. 2003. West coast and Mona Passage plankton studies in Mayaguez, P. R. Current meter, deployment report. Borrador no publicado.
- Cowen, R. K. & L. R. Castro. 1994. Relation of coral reef fish larvae distributions to island scale circulation around Barbados, West Indies. Bulletin Marine Science. 541: 228-244.

- Emery, A. R. 1968. Preliminary observations on coral reef plankton. *Limnology and Oceanography*. 13(2): 293-303.
- Emery, A. R. 1972. Eddy formation from an oceanic island: Ecological effects. *Caribbean Journal Science*. 12(3-4): 121-127.
- Frank, T. M. & E. A. Widder. 2002. Effects of a decrease in downwelling irradiance on the daytime vertical distribution patterns of zooplankton and micronekton. *Marine Biology*. 140: 1181-1193.
- Gaard, E. 1999. The zooplankton community structure in relation to its biological and physical environment on the Faroe Shelf, 1989-1997. *Journal Plankton Research*. 21(6): 1133-1152.
- García, J. R. & E. Durbin. 1993. Zooplanktivorous predation by large scyphomedusae *Phyllorhiza punctata* (cnidaria:Scyphozoa) in Laguna Joyuda. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 173: 71-93.
- García, J. R. & J. M. Lopez. 1989. Seasonal Patterns of phytoplankton productivity, zooplankton abundance and hydrological conditions in Laguna Joyuda , Puerto Rico. In Ros, J.D. (ed). *Topics in Marine Biology*. Scientia Marina. 53: 625-631.
- García-Sais, J.R., R.L.Castro, J. Sabater & M.Carlo. 2001. Coral reef communities from natural reserves in Puerto Rico: a quantitative baseline assessment for prospective monitoring programs. Volume 2: Cabo Rojo, La Parguera, Isla Desecho , Isla Mona. Final report submitted to the U.S. Coral Reef initiative (CR-NOAA) and DNER. 194 pp.
- García-Sais, J.R. 2004. Zooplankton taxonomic composition and abundance from Bahía de Jobos-316 environmental studies. Final report. Plankton ecology laboratory, Department of Marine Science-UPRM. 80 pp.
- González-Figueroa, A. J. 2002. Vertical and temporal distribution patterns and taxonomic composition of ichthyoplankton and zooplankton off the insular shelf-edge at Guayanilla Bay, southwest, Puerto Rico. M.S. Thesis. University of Puerto Rico, Mayagüez Campus. 88 pp.
- Gosner, K. G. 1971. Guide to identification of marine and estuarine invertebrates. Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc., NY. 693 pp.

- Go, Y.B., S. Nakamura & Y. Nakano. 1997. Preliminary study of zooplankton around coral reefs of Sesoko island, Okinawa. *Galaxea*, 13: 145-156.
- Glynn, P. W. 1973. Ecology of a caribbean coral reef. The porites reef-flat biotope: part II. Plankton community with evidence for depletion. *Marine Biology*. 22: 1-21.
- Hamner, W. M. & J. H. Carleton. 1979. Copepod swarms: Attributes and roles in coral reef ecosystems. *Limnology and Oceanography*. 24(1): 1-14.
- Harris, R. P. 1988. Interactions between diel vertical migratory behavior of marine zooplankton and the subsurface chlorophyll maximum. *Bulletin of Marine Science*. 43(3): 663-674.
- Hickman, C. P., L. S. Roberts & A. Larson. 2002. *Principios integrales de zoología*. McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U. 895 pp.
- Jacoby, C. A. & J. G. Greenwood. 1988. Spatial, temporal and behavioral patterns in emergent zooplankton in the lagoon of Heron Reef, Great Barrier Reef, Australia. *Marine Biology*. 97:309-328.
- Johannes, R. E., S. L. Coles & N. T. Kuenzel. 1970. The role of zooplankton in the nutrition of some Scleractinian corals. *Limnology and Oceanography*. 15(4): 579-586.
- Jones, P. W., M. J. Milicich, M. J. Emslie & C. Lunow. 1999. Self-recruitment in a coral reef fish population. *Nature*. 402: 802-804.
- Kaartvedt, S., W. melle, T. Knutsen & H. R. Skjoldal. 1996. Vertical distribution of fish and krill beneath water of varying optical properties. *Marine Ecology Progress Series*. 136: 51-58.
- Koop, K., D. Booth, A. Broadbents, J. Brodie, D. Bucher, D. Capone, J. Colls, W. Denninson, M. Erdmann, P. Harrison, O. Hegh-Guldberg, P. Hutchings, G. B. Jones, A. W. D. Larkum, J. O'Neil, A. Steven, E. Tentori, S. Ward, J. Williamson & D. Yellowlees. 2001. ENCORE: The effect on nutrient enrichment on coral reefs. Synthesis of results and conclusions. *Marine Pollution Bulletin*. 42(2): 91-120.
- Kirk, J. T. 1994. *Light and photosynthesis in aquatic ecosystems*. Cambridge University press. 509 pp.

- Leis, J. M. 1986. Vertical and horizontal distribution of fish larvae near coral reefs at Lizard Island, Great Barrier Reef. *Marine Biology*. 90: 505-516.
- Lewis, J. B. & A. G. Fish. 1969. Seasonal variation of the zooplankton fauna of surface waters entering the Caribbean Sea at Barbados. *Caribbean Journal Science*. 9(1-2): 1-13.
- Lewis, W. M., Jr. (1978). Comparison of temporal and spatial variation in the zooplankton of the lake by variance components. *Ecology*. 59: 666-671.
- Metcalf, W. G., M. C. Stalcup & D. K. Atwood. 1977. Mona passage drift bottle study. *Bulletin of Marine Science*. 27(3): 586-591.
- Morales, R. A. & M. M. Murillo. 1996. Distribution and composition of coral reef zooplankton, Cahuita National Park, Limon, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 44(2A): 619-630.
- Moore, E. & F. Sander. 1976. Quantitative and qualitative aspects of the zooplankton and breeding patterns of copepods at two Caribbean coral reefs stations. *Estuarine and Coastal Marine Science*. 4: 589-607.
- Muller-Karger, F.E., C.R. McClain, T.R. Fisher, W. E. Esaias & R. Varela. 1989. Pigment distribution in the Caribbean Sea: Observations from space. *Progress Oceanographic*. 23: 23-64.
- Newell, G. E. & R. C. Newell. 1963. *Marine plankton: A practical guide*. Hutchinson Educational, London. 207 pp.
- Odum, E. P. 1972. *Ecología*. Nueva Editorial Interamericana, México. 637 pp.
- Ott, L. R. 1993. *An introduction to statistical methods and data analysis*. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California. 1051 pp.
- Pabón-Valentin, A. E. 2001. Variations of zooplankton community structure across a neritic-oceanic gradient off La Parguera, Puerto Rico. M. S. Thesis. University of Puerto Rico, Mayagüez Campus. 56 pp.
- Paffenhofer, G. A. 1993. On the ecology of marine cyclopoid copepodods (crustacea, Copepoda). *Journal of Plankton Research*. 15(1): 37-55.
- Porter, J. W. & K. J. Porter. 1977. Quantitative sampling of demersal plankton migrating from coral reef substrates. *Limnology and Oceanography*. 22: 553-556.

- Purcell, T. W. 1980. The effects of rainfall on two undeveloped tropical bays in St. John, US. Virgin Islands. Technical report No. 5. Water Resources Research Center. Caribbean Research Institute College of Virgin Islands. St. Thomas, USVI 00801.
- Ramírez-Mella, J. & J. R. García-Sais. 2003. Offshore dispersal of Caribbean reef fish larvae: How far is it ?. *Bulletin of Marine Science*. 72(3): 997-1017.
- Reeve, M. R. 1964. Studies on the seasonal variation of the zooplankton in a marine subtropical in shore environment. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean*. 14 (1): 103-122.
- Rigby, S. & C. V. Milsom. 2000. Origins, evolution and diversification of zooplankton. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 31: 293-313.
- Ríos-Jara, E. 1998. Spatial and temporal variations in the zooplankton community of Phosphorescent Bay, Puerto Rico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 46: 797-809.
- Rissik, D., I. M. Suthers & C. T. Taggart. 1997. Enhanced zooplankton abundance in the lee of an isolated reef in the south Coral Sea: The role of flow disturbance. *Journal of Plankton Research*. 19(9): 1347-1368.
- Rodríguez-Santiago, A. E. 2000. Taxonomic structure and seasonal abundance of zooplankton entrained by a thermoelectric power plant in San Juan Bay, Puerto Rico. M. S. Thesis. University of Puerto Rico, Mayagüez Campus. 58 pp.
- Rojas-Ortega, J. 2002. Caracterización del ictioplancton a través del canal de La Mona, con énfasis en familias arrecifales. Tesis M. S. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Puerto Rico. 70 pp.
- Ruppert, E. E. & R. D. Barnes. 1994. *Invertebrate Zoology*. Thomson Learning, Inc, U. S. A. 1,056 pp.
- Sabater, J. C. 2001. Spatial and ontogenetic distribution of *Phyllosoma* larvae off La Parguera, Puerto Rico. Tesis Msc. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Puerto Rico. 28 pp.
- Sale, M. C., P. S. Mc William & D. T. Anderson. 1976. Composition of the near zooplankton at Heron reef. *Marine Biology*. 34: 596.

- Shanks, A. L. 1995. Mechanisms of cross-shelf dispersal of larval invertebrates and fish. En: L. Mc Eduard (ed), Ecology of marine invertebrate larvae. 323-359 pp. CRC Marine Science Series. Inc., Florida.
- Sokal, R. R. & F. J. Rohlf. 1995. Biometry. W.H. Freeman and Co., New York, USA. 887 pp.
- Sorokin, Y. I. 1990. Plankton in the reef ecosystems. In: Dubinsky, Z (ed.), Ecosystems of the world 25. Coral reefs, pp 291-327. Elsevier Science Publishing Company, Inc. New York, N.Y.
- Smith, D. G. 1979. Guide to marine coastal plankton and marine invertebrate larvae. Kendall/Hunt Publishing Company, IA. 161 pp.
- Sudara, S., A. Udomkit & V. Manthachitra. 1986. Demersal zooplankton associated with coral heads at Sichang Island, Thailand. *Galaxea*, 5: 195-202.
- Swift, M. C. & R. B. Forward, Jr. 1988. Absolute light intensity vs rate of relative change in light in the vertical migration of *Chaoborus punctipennis* larvae. *Bulletin of Marine Science*. 43 (3): 604-619.
- Sydney S. H. & J. R. Beers. 1969. The ecology of inshore plankton populations in Bermuda. Part II. Seasonal abundance and composition of the zooplankton. *Bulletin of Marine Science*. 9 (3): 483-499.
- Trégouboff, G. & M. Rose. 1957. Manuel de Planctonologie Méditerranéenne. Tome I-II. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris. 587 pp.
- Todd, C. D. & M. S. Laverack. 1991. Coastal marine zooplankton: a practical manual for students. Cambridge University Press, NY. 106 pp.
- Williams, A. B. 1984. Shrimps, Lobsters and Crabs of the Atlantic coast of the Eastern United States, Maine to Florida. Smithsonian Institution Press, Washington, DC. 550 pp.
- Youngbluth, M. J. 1975. Cabo Rojo platform environmental studies. Puerto Rico Nuclear Center, University of Puerto Rico. No.AT (40-1).1833. US energy research and development administration. 37 pp.
- Youngbluth, M. J. 1979. The variety and abundance of zooplankton in the coastal waters of Puerto Rico. *Northeast Gulf Science*. 3: 15-26.

Yoshioka, P. M., G. P. Owen & D. Pesante. 1985. Spatial and temporal variations in Caribbean zooplankton near Puerto Rico. *Journal of Plankton Research*. 7(6): 733-751.

**Apéndice 1.** Listado de la composición taxonómica del zooplancton de Isla Desecheo, Puerto Rico. Nomenclatura según Barnes y Ruppert (1994) y Hickman *et al.* (2002).

Taxa del zooplancton	Nombre común del grupo	Abundancia promedio (Ind/m <sup>3</sup> )	Zooplancton Abundancia relativa
Phyllum Rhizopoda			
Clase Granuloreticulosea			
Orden Foraminiferida	Foraminíferos	44.6	1.1
Phyllum Ciliophora			
Clase Polyhymenophora			
Subclase Spirotricha			
Orden Siphonophora	Sifonóforos	77.6	2.0
Phyllum Cnidaria			
Clase Scyphozoa y Cubozoa	Medusas	12.4	0.3
Phyllum Mollusca			
Clase Gastropoda	Larvas veliger gastrópodos	25.9	0.7
Subclase Opisthobranchia			
Orden Thecosomata	Pterópodos	22.8	0.6
Clase Bivalvia	Larvas veliger bivalvos	3.0	0.1
Clase Cephalopoda			
Ordenes Teuthoidea y Octopoda	Larvas pulpos y calamares	0.5	0.01
Phyllum Annelida			
Clase Polychaeta	Larvas poliquetos	18.0	0.5
Phyllum Arthropoda			
Subphyllum Crustacea			
Clase Branchiopoda			
Subclase Diplostraca			
Orden Cladocera	Cladóceros	46.8	1.2
Clase Ostracoda	Ostrácodos	10.4	0.3
Clase Copepoda			
Orden Calanoida	Copépodos calanoides	1020.1	25.6
Orden Harpacticoida	Copépodos harpacticoides	22.3	0.6
Orden Cyclopoida	Copépodos ciclopoides	385.0	9.7

**Apéndice 1.** continuación.

<b>Taxa del zooplancton</b>	<b>Nombre común del grupo</b>	<b>Abundancia promedio (Ind/m3)</b>	<b>Abundancia relativa (%)</b>
Clase Cirripedia	Cirripedios	1.2	0.03
Clase Malacostraca			
Subclase Hoplocarida			
Orden Stomatopoda	Larvas estomatópodos	1.3	0.03
Subclase Eumalacostraca			
Superorden Eucarida			
Orden Euphausiacea	Eufásidos	17.7	0.5
Orden Decápoda			
Suborden	Sergéstidos	6.6	0.2
Dendrobranchiata			
Suborden Pleocyemata			
Infraorden Caridea	Larvas camarones carídeos	16.2	0.4
Infraorden macrura	Larvas macruros	0.2	0.01
Infraorden Anomura	Larvas anomuros	17.0	0.4
Infraorden Brachyura	Larvas braquiuros	11.6	0.3
	Huevos decápodos	11.4	0.3
Superorden Peracarida			
Orden Mysidacea	Mísidos	1.2	0.03
Orden Amphipoda	Anfípodos	5.5	0.1
Phyllum Bryozoa	Briozoarios	0.9	0.02
Phyllum Echinodermata			
Clase Asteroidea	Larvas asteroideos	5.3	0.1
Clase Equinoidea	Larvas equinoideos	7.8	0.2
Phyllum Chaetognatha	Gusanos quetognatos	150.1	3.8
Phyllum Chordata			
Subphyllum Urochordata			
Clase Larvacea	Larváceos	40.4	1.0
Clase Thaliacea	Sálpidos	1.6	0.04
	Doliólidos	5.6	0.1
Subphyllum Vertebrata			
Superclase Gnatostomados			
Clase Osteichthyes	Larvas peces	11.7	0.3
	Huevos peces	1,976.3	49.8
<b>Total de grupos 33</b>		<b>3,979</b>	

**Apéndice 2.** Abundancia promedio y relativa del zooplancton a través de los transectos en junio 2002 en Isla Desecheo, Puerto Rico.

	Estaciones											
	T6		T1		T2		T3		T4		T5	
<b>Holoplancton</b>	<b>*Ap</b>	<b>**% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>
Copépodos calanoides	115.50	32.28	81.13	32.29	219.47	32.25	59.70	24.52	53.00	24.03	100.57	26.24
Copépodos ciclopoides	21.47	6.00	16.47	6.56	50.60	7.44	16.83	6.91	21.13	9.58	43.60	11.38
Copépodos harpacticoides	2.60	0.73	0.90	0.36	4.07	0.60	2.03	0.83	1.73	0.78	10.50	2.74
Gusanos quetognatos	11.33	3.17	8.57	3.41	19.00	2.79	5.20	2.14	7.53	3.41	7.50	1.96
Sifonóforos	6.57	1.84	6.03	2.40	21.63	3.18	8.60	3.53	4.83	2.19	4.33	1.13
Cladóceros	1.20	0.34	0.27	0.11	1.17	0.17	0.40	0.16	0.17	0.08	0.80	0.21
Foraminíferos	2.60	0.73	1.73	0.69	5.23	0.77	1.70	0.70	2.17	0.98	5.20	1.36
Larváceos	4.00	1.12	1.23	0.49	0.90	0.13	1.20	0.49	0.93	0.42	0.40	0.10
Pterópodos	2.93	0.82	2.27	0.90	6.37	0.94	1.73	0.71	1.40	0.63	2.63	0.69
Eufásidos	0.90	0.25	0.60	0.24	1.27	0.19	0.20	0.08	0.07	0.03	0.37	0.10
Medusas	0.73	0.20	0.73	0.29	2.10	0.31	1.60	0.66	0.67	0.30	0.77	0.20
Ostrácodos	0.73	0.20	0.20	0.08	0.73	0.11	0.10	0.04	0.07	0.03	0.07	0.02
Sergéstidos	0.53	0.15	0.23	0.09	0.73	0.11	0.20	0.08	0.30	0.14	0.33	0.09
Doliólidos	0.43	0.12	0.20	0.08	0.67	0.10	0.27	0.11	0.23	0.10	0.30	0.08
Anfípodos	0.27	0.08	0.33	0.13	1.13	0.17	0.20	0.08	0.07	0.03	0.57	0.15
Sálpidos	0.00	0.00	0.07	0.03	0.40	0.06	0.20	0.08	0.03	0.01	0.10	0.03
Mísidos	0.17	0.05	0.13	0.05	0.70	0.10	0.13	0.05	0.10	0.05	0.10	0.03
<b>Total</b>	<b>171.96</b>	<b>48.06</b>	<b>121.09</b>	<b>48.20</b>	<b>336.17</b>	<b>49.40</b>	<b>100.29</b>	<b>41.20</b>	<b>94.43</b>	<b>42.82</b>	<b>178.14</b>	<b>46.48</b>
<b>Meroplancton</b>	<b>*Ap</b>	<b>**%Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>
Huevos de peces	173.03	48.36	120.67	48.03	324.30	47.66	132.30	54.35	117.67	53.35	195.37	50.98
Gastrópodos	1.47	0.41	0.90	0.36	4.43	0.65	1.40	0.58	1.60	0.73	2.20	0.57
Poliquetos	1.13	0.32	0.83	0.33	2.27	0.33	2.67	1.10	2.40	1.09	0.50	0.13
Anomuros	1.10	0.31	2.93	1.17	5.10	0.75	0.67	0.28	0.47	0.21	1.13	0.29
Carídeos	1.20	0.34	1.23	0.49	1.40	0.21	0.67	0.28	0.73	0.33	1.17	0.31
Braquiuros	1.20	0.34	0.83	0.33	1.60	0.24	0.67	0.28	0.23	0.10	1.03	0.27
Larvas de peces	1.20	0.34	1.00	0.40	0.97	0.14	1.03	0.42	0.87	0.39	0.83	0.22

**Apéndice 2.** continuación

Huevos decápodos	4.57	1.28	1.50	0.60	3.23	0.47	2.90	1.19	1.53	0.69	1.37	0.36
Equinoideos	0.23	0.06	0.07	0.03	0.67	0.10	0.43	0.18	0.43	0.19	0.17	0.04
Asteroideos	0.23	0.06	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bivalvos	0.03	0.01	0.03	0.01	0.23	0.03	0.10	0.04	0.13	0.06	1.30	0.34
Cirripedios	0.43	0.12	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
Stomatópodos	0.00	0.00	0.07	0.03	0.10	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01
Cefalópodos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.11	0.03	0.01	0.00	0.00
Briozoarios	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Macruros	0.03	0.01	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>	<b>185.85</b>	<b>51.94</b>	<b>130.16</b>	<b>51.80</b>	<b>344.33</b>	<b>50.60</b>	<b>143.14</b>	<b>58.80</b>	<b>126.12</b>	<b>57.18</b>	<b>205.10</b>	<b>53.52</b>
<b>Total zooplancton</b>	<b>357.81</b>		<b>251.25</b>		<b>680.50</b>		<b>243.43</b>		<b>220.55</b>		<b>383.24</b>	

\*Ap Abundancia promedio

\*\*Ar Abudancia relativa

**Apéndice 3.** Abundancia promedio y relativa del zooplanton a través de los transectos en septiembre 2002 en Isla Desecheo, Puerto Rico.

	Estaciones											
	T6		T1		T2		T3		T4		T5	
<b>Holoplancton</b>	*Ap	**% Ar	Ap	% Ar	Ap	% Ar	Ap	Ar	Ap	% Ar	Ap	% Ar
Copépodos calanoides	46.03	20.90	84.67	28.64	38.53	18.13	56.10	19.68	22.17	11.57	33.93	17.24
Copépodos ciclopoides	19.20	8.72	31.30	10.59	14.33	6.74	28.63	10.04	17.80	9.29	17.17	8.73
Copépodos harpacticoides	0.07	0.03	0.30	0.10	0.63	0.30	1.10	0.39	0.53	0.28	0.60	0.30
Gusanos quetognatos	15.10	6.86	23.13	7.82	6.80	3.20	6.47	2.27	3.63	1.89	15.47	7.86
Sifonóforos	2.77	1.26	4.80	1.62	4.17	1.96	5.50	1.93	1.83	0.95	2.40	1.22
Cladóceros	0.70	0.32	2.30	0.78	1.93	0.91	2.47	0.87	9.33	4.87	6.07	3.08
Foraminíferos	1.60	0.73	2.63	0.89	3.17	1.49	1.40	0.49	0.70	0.37	0.43	0.22
Larváceos	3.53	1.60	4.83	1.63	3.17	1.49	1.70	0.60	0.33	0.17	4.47	2.27
Pterópodos	1.60	0.73	2.87	0.97	0.87	0.41	1.50	0.53	0.23	0.12	0.77	0.39
Eufásidos	1.60	0.73	3.53	1.19	0.57	0.27	0.67	0.23	0.17	0.09	0.80	0.41
Medusas	0.90	0.41	0.67	0.23	0.83	0.39	0.93	0.33	0.27	0.14	1.30	0.66
Ostrácodos	1.77	0.80	6.50	2.20	0.10	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Sergéstidos	0.63	0.29	1.43	0.48	0.07	0.03	0.23	0.08	0.10	0.05	0.43	0.22
Doliólidos	0.17	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.04
Anfípodos	0.53	0.24	0.83	0.28	0.10	0.05	0.07	0.02	0.33	0.17	0.23	0.12
Sálpidos	0.03	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Mísidos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Holoplancton total</b>	<b>96.23</b>	<b>43.70</b>	<b>169.82</b>	<b>57.45</b>	<b>75.27</b>	<b>35.42</b>	<b>106.83</b>	<b>37.47</b>	<b>57.42</b>	<b>29.95</b>	<b>84.14</b>	<b>42.76</b>
<b>Meroplancton</b>	*Ap	**% Ar	Ap	% Ar	Ap	% Ar	Ap	Ar	Ap	% Ar	Ap	% Ar
Huevos de peces	110.70	50.27	106.37	35.98	131.93	62.08	172.27	60.42	131.33	68.51	96.20	48.89
Gastrópodos	3.27	1.48	4.03	1.36	1.17	0.55	1.10	0.39	0.87	0.45	3.57	1.81
Poliquetos	1.33	0.60	2.67	0.90	0.50	0.24	0.77	0.27	0.30	0.16	0.87	0.44
Anomuros	1.63	0.74	2.07	0.70	0.43	0.20	1.03	0.36	0.40	0.21	1.90	0.97
Carídeos	1.50	0.68	2.83	0.96	0.87	0.41	0.80	0.28	0.37	0.19	4.77	2.42
Braquiuros	2.23	1.01	2.47	0.84	0.80	0.38	0.87	0.31	0.40	0.21	1.43	0.73
Larvas de peces	1.70	0.77	3.17	1.07	0.50	0.24	0.37	0.13	0.50	0.26	0.33	0.17

**Apéndice 3.** continuación.

Huevos decápodos	0.00	0.00	0.07	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Equinoideos	0.50	0.23	0.33	0.11	0.27	0.13	0.20	0.07	0.07	0.04	1.37	0.70
Asteroideos	0.13	0.06	0.53	0.18	0.23	0.11	0.07	0.02	0.00	0.00	0.80	0.41
Bivalvos	0.27	0.12	0.30	0.10	0.13	0.06	0.30	0.11	0.00	0.00	0.40	0.20
Cirripedios	0.37	0.17	0.27	0.09	0.10	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02
Stomatópodos	0.07	0.03	0.07	0.02	0.30	0.14	0.47	0.16	0.03	0.02	0.47	0.24
Cefalópodos	0.07	0.03	0.20	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Briozoarios	0.20	0.09	0.33	0.11	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.50	0.25
Macruros	0.03	0.01	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Meroplancton total</b>	<b>124.00</b>	<b>56.30</b>	<b>125.78</b>	<b>42.55</b>	<b>137.26</b>	<b>64.58</b>	<b>178.28</b>	<b>62.53</b>	<b>134.27</b>	<b>70.05</b>	<b>112.64</b>	<b>57.24</b>
<b>Zooplancton total</b>	<b>220.23</b>		<b>295.60</b>		<b>212.53</b>		<b>285.11</b>		<b>191.69</b>		<b>196.78</b>	

\*Abundancia promedio

\*\*Abundancia relativa

**Apéndice 4.** Abundancia promedio y relativa del zooplancton a través de los transectos en noviembre 2002 en Isla Desecheo, Puerto Rico.

	Estaciones													
	T6		T1		T2		T3		T3 duplicado		T4		T5	
	**Ap	*% Ar	Ap	% Ar	Ap	% Ar	Ap	% Ar	Ap	% Ar	Ap	% Ar	Ap	% Ar
<b>Holoplancton</b>														
Copépodos calanoides	38.67	47.79	54.80	48.47	22.57	30.95	40.43	31.17	39.90	31.26	37.97	29.94	35.37	36.35
Copépodos cyclopoides	9.43	11.65	11.33	10.02	10.67	14.63	24.03	18.53	25.40	19.90	17.47	13.78	14.87	15.28
Copépodos harpacticodes	0.07	0.09	0.03	0.03	0.00	0.00	1.00	0.77	0.03	0.02	0.20	0.16	0.23	0.24
Gusanos quetognatos	5.53	6.83	5.70	5.04	3.20	4.39	3.63	2.80	6.97	5.46	9.23	7.28	3.73	3.83
Sifonóforos	0.33	0.41	0.60	0.53	0.50	0.69	0.50	0.39	0.73	0.57	1.30	1.03	1.37	1.41
Cladóceros	2.20	2.72	2.53	2.24	2.83	3.88	7.20	5.55	4.43	3.47	9.73	7.67	3.90	4.01
Foraminíferos	0.27	0.33	0.47	0.42	0.33	0.45	1.10	0.85	1.07	0.84	0.67	0.53	0.10	0.10
Larvaceos	0.13	0.16	0.47	0.42	0.63	0.86	1.17	0.90	1.63	1.28	0.10	0.08	0.03	0.03
Pterópodos	0.33	0.41	0.13	0.11	0.17	0.23	0.47	0.36	0.17	0.13	0.57	0.45	0.37	0.38
Eufásidos	1.00	1.24	0.43	0.38	0.20	0.27	0.57	0.44	0.37	0.29	0.53	0.42	0.20	0.21
Medusas	0.03	0.04	0.07	0.06	0.07	0.10	0.17	0.13	0.10	0.08	0.37	0.29	0.13	0.13
Ostrácodos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00
Sergéstidos	0.40	0.49	0.37	0.33	0.27	0.37	0.27	0.21	0.30	0.24	0.17	0.13	0.50	0.51
Doliólidos	0.03	0.04	0.13	0.11	0.13	0.18	0.30	0.23	0.53	0.42	1.03	0.81	1.33	1.37
Amphípodos	0.43	0.53	0.17	0.15	0.03	0.04	0.17	0.13	0.30	0.24	0.37	0.29	0.33	0.34
Sálpidos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.08	0.77	0.79
Mísidos	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07
<b>Holoplancton total</b>	<b>58.88</b>	<b>72.76</b>	<b>77.23</b>	<b>68.31</b>	<b>41.60</b>	<b>57.04</b>	<b>81.04</b>	<b>62.49</b>	<b>81.93</b>	<b>64.19</b>	<b>79.84</b>	<b>62.96</b>	<b>63.30</b>	<b>65.06</b>
<b>Meroplancton</b>														
Huevos de peces	20.30	25.09	33.30	29.46	29.67	40.68	45.13	34.80	40.07	31.40	41.67	32.86	31.20	32.07
Gastrópodos	0.20	0.25	0.43	0.38	0.37	0.51	0.80	0.62	0.90	0.71	0.87	0.69	0.53	0.54
Poliquetos	0.47	0.58	0.90	0.80	0.43	0.59	0.50	0.39	1.53	1.20	0.57	0.45	0.50	0.51
Anomuros	0.20	0.25	0.10	0.09	0.10	0.14	0.23	0.18	0.57	0.45	0.33	0.26	0.30	0.31
Carídeos	0.10	0.12	0.13	0.11	0.23	0.32	0.37	0.29	0.23	0.18	1.50	1.18	0.50	0.51
Braquiuros	0.07	0.09	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.07	0.05	0.20	0.16	0.17	0.17
Larvas de peces	0.10	0.12	0.10	0.09	0.10	0.14	0.13	0.10	0.10	0.08	0.23	0.18	0.17	0.17
Huevos decápodos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Apéndice 4.** continuación

Equinoideos	0.07	0.09	0.17	0.15	0.20	0.27	0.43	0.33	0.53	0.42	0.43	0.34	0.27	0.28
Asteroideos	0.10	0.12	0.60	0.53	0.20	0.27	1.00	0.77	1.57	1.23	1.10	0.87	0.33	0.34
Bivalvos	0.23	0.28	0.03	0.03	0.00	0.00	0.03	0.02	0.10	0.08	0.07	0.06	0.03	0.03
Cirripedios	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stomatópodos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cefalópodos	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Briozoarios	0.10	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Macruros	0.07	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Meroplancton total</b>	<b>22.04</b>	<b>27.24</b>	<b>35.82</b>	<b>31.69</b>	<b>31.33</b>	<b>42.96</b>	<b>48.65</b>	<b>37.51</b>	<b>45.70</b>	<b>35.81</b>	<b>46.97</b>	<b>37.04</b>	<b>34.00</b>	<b>34.94</b>
<b>Zooplancton total</b>	<b>80.92</b>		<b>113.05</b>		<b>72.93</b>		<b>129.69</b>		<b>127.63</b>		<b>126.81</b>		<b>97.30</b>	

\*Abundancia promedio

\*\*Abundancia relativa

**Apéndice 5.** Abundancia promedio y relativa del zooplancton a través de los transectos en febrero 2003 en Isla Desecheo, Puerto Rico.

	Estaciones											
	T6		T1		T2		T3		T4		T5	
<b>Holoplancton</b>	<b>**Ap</b>	<b>*% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>
Copépodos calanoides	43.17	25.51	39.87	22.87	34.73	18.87	12.50	8.34	17.53	11.19	31.83	17.36
Copépodos ciclopoides	15.23	9.00	18.70	10.72	19.73	10.72	17.37	11.59	12.53	8.00	18.00	9.82
Copépodos harpacticoides	0.40	0.24	0.43	0.25	0.70	0.38	0.40	0.27	0.30	0.19	0.90	0.49
Gusanos quetognatos	8.57	5.06	9.80	5.62	5.90	3.20	1.87	1.25	2.07	1.32	4.23	2.31
Sifonóforos	3.53	2.09	4.43	2.54	7.07	3.84	3.37	2.25	3.00	1.92	3.17	1.73
Cladóceros	0.43	0.25	0.50	0.29	0.43	0.23	0.57	0.38	0.30	0.19	0.47	0.26
Foraminíferos	1.57	0.93	4.90	2.81	5.47	2.97	6.33	4.22	2.97	1.90	5.60	3.05
Larváceos	1.13	0.67	4.27	2.45	4.47	2.43	5.97	3.98	2.57	1.64	4.57	2.49
Pterópodos	0.37	0.22	0.63	0.36	0.83	0.45	0.37	0.25	0.33	0.21	0.43	0.23
Eufásidos	1.90	1.12	1.67	0.96	1.80	0.98	1.27	0.85	1.10	0.70	1.87	1.02
Medusas	0.67	0.40	0.97	0.56	1.03	0.56	0.47	0.31	0.57	0.36	0.33	0.18
Ostrácodos	0.53	0.31	1.17	0.67	0.13	0.07	0.00	0.00	1.67	1.07	0.07	0.04
Sergéstidos	0.33	0.20	0.27	0.15	0.27	0.15	0.13	0.09	0.13	0.08	0.20	0.11
Doliólidos	0.07	0.04	0.30	0.17	0.70	0.38	0.07	0.05	0.17	0.11	0.33	0.18
Anfípodos	0.53	0.31	0.10	0.06	0.03	0.02	0.10	0.07	0.07	0.04	0.03	0.02
Sálpidos	0.00	0.00	0.03	0.02	0.10	0.05	0.00	0.00	0.10	0.06	0.10	0.05
Mísidos	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Holoplancton total</b>	<b>78.43</b>	<b>46.35</b>	<b>88.07</b>	<b>50.51</b>	<b>83.39</b>	<b>45.30</b>	<b>50.82</b>	<b>33.91</b>	<b>45.41</b>	<b>29.00</b>	<b>72.13</b>	<b>39.35</b>
<b>Meroplancton</b>	<b>**Ap</b>	<b>*% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>	<b>Ap</b>	<b>% Ar</b>
Huevos de peces	86.40	51.05	82.73	47.45	97.37	52.89	97.30	64.92	108.77	69.46	109.07	59.50
Gastrópodos	0.93	0.55	1.00	0.57	1.07	0.58	0.33	0.22	0.43	0.27	0.67	0.37
Poliquetos	0.77	0.46	0.63	0.36	0.83	0.45	0.13	0.09	0.20	0.13	0.23	0.13
Anomuros	0.80	0.47	0.40	0.23	0.27	0.15	0.23	0.15	0.13	0.08	0.13	0.07
Carídeos	0.27	0.16	0.40	0.23	0.07	0.04	0.00	0.00	0.07	0.04	0.13	0.07
Braquiuros	0.53	0.31	0.20	0.11	0.13	0.07	0.03	0.02	0.07	0.04	0.10	0.05
Larvas de peces	0.87	0.51	0.50	0.29	0.17	0.09	0.17	0.11	0.23	0.15	0.23	0.13

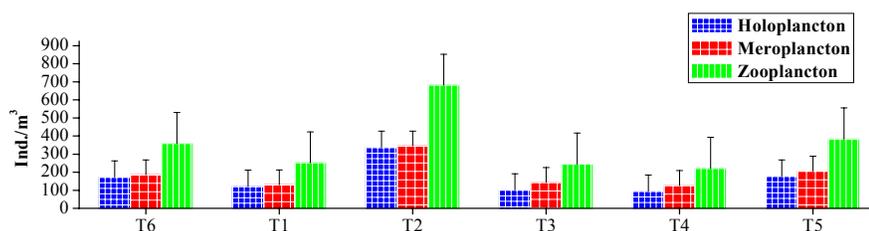
**Apéndice 5.** continuación

Huevos decápodos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Equinodeos	0.23	0.14	0.33	0.19	0.57	0.31	0.80	0.53	1.13	0.72	0.47	0.26
Asteroideos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02
Bivalvos	0.00	0.00	0.10	0.06	0.13	0.07	0.00	0.00	0.03	0.02	0.03	0.02
Cirripedios	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.03	0.02	0.10	0.06	0.07	0.04
Stomatópodos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02
Cefalópodos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Briozoarios	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Macruros	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Meroplancton total</b>	<b>90.80</b>	<b>53.65</b>	<b>86.29</b>	<b>49.49</b>	<b>100.70</b>	<b>54.70</b>	<b>99.05</b>	<b>66.09</b>	<b>111.19</b>	<b>71.00</b>	<b>111.19</b>	<b>60.65</b>
<b>Zooplancton total</b>	<b>169.23</b>		<b>174.36</b>		<b>184.09</b>		<b>149.87</b>		<b>156.60</b>		<b>183.32</b>	

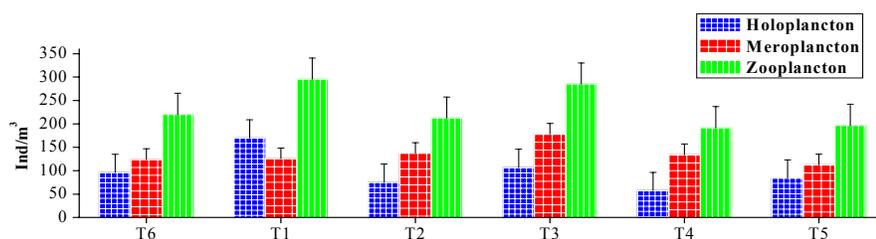
\*Ap Abundancia promedio

\*\*Ar Abudancia relativa

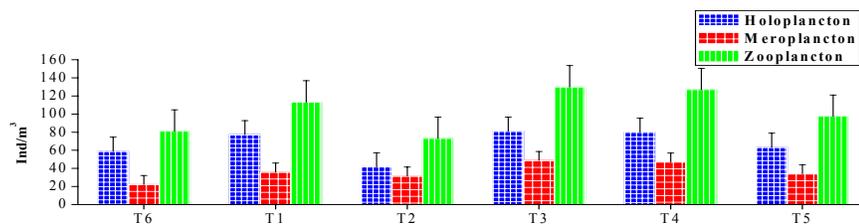
**Apéndice 6a - d.** Distribución del holoplancton, meroplancton y zooplancton total a través de los transectos. Isla Desecheo, Puerto Rico. (Las barras representan el error estándar).



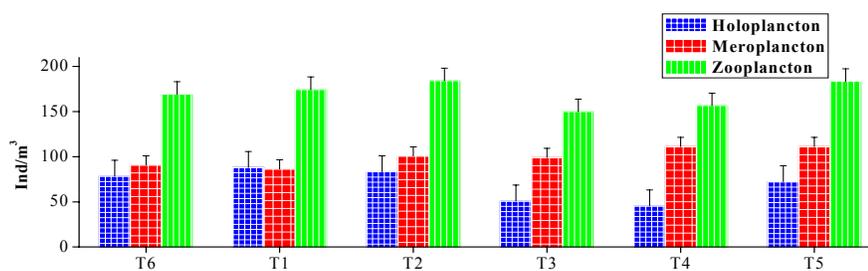
a. junio 02



b. septiembre 02



c. noviembre 02



d. febrero