



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**PARTICIPACIÓN EN UN PROYECTO DE EVALUACIÓN DE LA
BIODIVERSIDAD MARINA DEL NORTE DE QUINTANA ROO
MÉXICO, CON ÉNFASIS EN CHAETOGNATHA.**

REPORTE DE TRABAJO PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

ALFREDO RODRÍGUEZ MARTÍNEZ



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

TUTOR: M. EN C. URIEL ORDOÑEZ LÓPEZ

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoja de datos del jurado

1. Datos del alumno.

Rodríguez
Martínez
Alfredo
(01 99 99) 462193
Universidad nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
86303604

2. Datos del tutor

M en C
Uriel
Ordóñez
López

3. Datos del sinodal 1

Dr
José Nicolas
Álvarez
Cadena

4. Datos del sinodal 2

M en C
Mario Alejandro
Gómez
Ponce

5. Datos del sinodal 3

M en C
Uriel
Ordóñez
López

6. Datos del sinodal 4

M en C
Pablo
Hernández
Almaraz

7. Datos del sinodal 5

Biól
Gabriel
González
Chávez

8. Datos del trabajo escrito

Participación en un proyecto de evaluación de la biodiversidad
Marina del norte de Quintana Roo México, con énfasis en
Chaetognatha.
28 p.
2007

Créditos y agradecimientos

A mi madre y hermano

Por todo su apoyo y paciencia.



Al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida y a la Unidad Académica de Puerto Morelos, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por haberme brindado la oportunidad de desarrollar mi Trabajo Profesional, así como el apoyo institucional y de infraestructura para la realización del mencionado trabajo.

Al programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Dirección de Asuntos del Personal Académico de la UNAM por el apoyo económico al proyecto: *“Prospección de la zona costera y lagunar de Quintana Roo, desde Nichupté hasta Puerto Morelos (2002-2003)”*.

Al programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Dirección de Asuntos del Personal Académico de la UNAM por el apoyo económico al proyecto: *“Biodiversidad de Organismos Pláncticos e Hidrología de la Zona Lagunar y Costera del Norte de Quintana Roo (2004-2005 y 2006-2007)”* (No. De proyecto: IN2147-03) desarrollado por ambas instituciones.

Al Dr. (c) Uriel Ordóñez López y al Dr. José N. Álvarez Cadena, el primero investigador del CINVESTAV-Mérida y el segundo investigador del ICMyL de la UNAM, por haberme brindado su invaluable asesoría, dedicación y disponibilidad para desarrollar mi Trabajo Profesional.

A la Bióloga Margarita Ornelas (CINVESTAV) y a la M en C. Alma Rosa Almaral (UNAM) por su apoyo a mi trabajo de laboratorio, así como en la identificación de los quetognatos.

A mis compañeros de laboratorio en especial a Lucio Loman, Victor García, Marco May, Alma Rosa Almaral y Amaury por su compañerismo durante el trabajo de campo.

Por último, no por ello menos importantes, a mis amigos de toda la vida, Claudio Padilla, Pablo Hernández.

Contenido

Hoja de datos del jurado	ii
Créditos y agradecimientos	iii
Contenido	iv
Resumen	1
Introducción	4
Actividades realizadas	5
I. Trabajo de campo (Arrastres de zooplancton, fitoplancton y toma de datos físicoquímicos <i>in situ</i>)	5
II. Trabajo de laboratorio	6
III. Procesamiento de la información	7
A) Determinación de volumen filtrado	7
B) Estandarización de datos, densidad de quetognatos	8
C) Descriptores poblacionales	8
D) Análisis de clasificación	9
E) Relación de la abundancia de las especies con el medio hidrológico	9
Actividades bimestrales	11
Retos personales durante el desarrollo del proyecto	11
Información aprendida durante el desarrollo del proyecto	12
Evaluación crítica del proyecto	13
Literatura citada	15
Anexos	17

Resumen

El reporte de actividades pertenecientes al proyecto *Biodiversidad de Organismos Pláncticos e Hidrología de la Zona Lagunar y Costera del Norte de Quintana Roo*, efectuadas durante el 1 de agosto del 2005 al 31 de julio de 2007. Participando en las recolectas planctónicas de 2005 así como en la toma de los parámetros físicos y químicos *in situ*. Posteriormente, las muestras obtenidas durante los años 2005 y 2006 fueron procesadas determinando la productividad secundaria zooplanctónica. Asimismo, se separó el total del ictioplancton (938 organismos) y los quetognatos (780 organismos) del zooplancton colectados durante los primeros meses del año 2007. Posteriormente, se tomaron 9 alícuotas de 5 ml a cada una de las muestras para contabilizar y determinar a nivel de grupo los copépodos, así como a los huevos de peces (2878 huevos de pez) pertenecientes al periodo de junio y julio del 2007. Además, se determinó la biomasa zooplanctónica por las técnicas de peso húmedo y volumen desplazado de 144 muestras recolectadas, tomándose 342 alícuotas de 10 ml para la determinación de la densidad de organismos; e identificándose a nivel de especie los individuos del grupo Chaetognatha, registrándose para este periodo un total de 71,234 organismos que comprendieron a siete especies pertenecientes al grupo y que correspondió al muestreo del año 2003. Lo anterior representó un total 4,112 horas de trabajo.

Perfil de la institución

El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) fue creado por un decreto presidencial que expidió el Lic. Adolfo López Mateos, el 17 de abril de 1961, y que modificó posteriormente por decreto, el Lic. José López Portillo, el 17 de septiembre de 1982.

2

De acuerdo con las disposiciones del decreto, el CINVESTAV es un organismo descentralizado de interés público, con personalidad jurídica y patrimonio propios. Para la realización de sus funciones recibe subsidio que anualmente le fija el Gobierno Federal en su Presupuesto de Egresos. Además de dicho subsidio, el Centro es apoyado con aportaciones provenientes de diversas fuentes: empresas de participación estatal o privadas, organismos descentralizados, instituciones extranjeras, del sector industrial y de particulares.

Los objetivos fundamentales que el CINVESTAV persigue son: preparar investigadores y profesores especializados que promuevan la constante superación de la enseñanza y generar las condiciones para la realización de investigaciones originales en diversas áreas científicas y tecnológicas que permitan elevar los niveles de vida e impulsar el desarrollo del país.

En la actualidad, el Centro cuenta con 28 departamentos académicos organizados en 8 unidades: tres localizadas en la Ciudad de México y 5 localizadas en el interior de la República Mexicana. En el CINVESTAV se imparten cursos para graduados y posgraduados, a quienes se otorgan los grados académicos de Maestro o de Doctor en Ciencias en la disciplina que hayan cultivado.

Desde su fundación en el año de 1980, en la Unidad Mérida del CINVESTAV se ha necesitado la participación de personal técnico, administrativo y de servicios que complementen y apoyen las funciones y actividades sustanciales del Centro.

La transición de la etapa constructiva y de inicio de operaciones a la de consolidación y crecimiento de la infraestructura generó que de manera natural el personal de supervisión se integrara a las actividades propias de la Unidad como pilares en la solución de los problemas que surgían al instalar equipos y habilitar espacios e instalaciones para los diversos grupos de trabajo.

Después, fue natural también su incorporación a actividades y funciones propias del mantenimiento y la conservación de la planta e infraestructura física de la Unidad.

Los departamentos en que se encuentra dividido son:

1. Ciencias exactas y Naturales, con las secciones de. Física, Física aplicada (Unidad Mérida), Matemáticas, entre otros.

2. Ciencias biológicas y de la salud: con las secciones: Biología celular, Recursos del mar (Unidad Mérida), entre otros.

3. Tecnología y Ciencias de la Ingeniería.

4. Ciencias Sociales y Humanidades: Ecología humana, Investigaciones educativas, entre otros.

En una de las unidades foráneas se encuentra el departamento de **Recursos del mar**, actualmente cuenta con 22 profesores de tiempo completo con grado de doctor. El principal objetivo científico de investigación se enmarca en la “*Conservación y uso sustentable de los recursos naturales de la Zona Costera Tropical (ZCT)*”. Para ello la investigación científica del departamento esta constituido por cinco programas de investigación:

Acuicultura y Pesca, Manejo costero, Impacto y Salud ambiental, Biología marina y Oceanografía, y Biodiversidad.

Uno de los grandes objetivos del departamento de Recursos del Mar es contribuir por medio de la ciencia y la tecnología a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la región costera a través del uso sustentable de los recursos marinos y costeros.

Introducción

La zona costera del Caribe mexicano es importante por la presencia de un sistema coralino que se extiende en forma casi continua desde el norte de la Península de Yucatán hasta la frontera con Belice. El ecosistema arrecifal es considerado como uno de los sistemas biológicos de mayor relevancia, por su alta productividad biológica y gran biodiversidad, constituyendo un valioso recurso económico para numerosas actividades subsistenciales y comerciales (CONABIO, 1998).

4

Desafortunadamente, el ecosistema arrecifal coralino está finamente especializado a las condiciones ambientales naturales, no permitiéndole tener una amplia respuesta para resistir los impactos antropogénicos. Por ello es imperante contar con un conocimiento del sistema (físico, químico y biológico), que nos permita comprender sus potencialidades y limitaciones para su posible uso. El conocimiento de este sistema, puede ser analizado por los organismos que interactúan en él.

El grupo Chaetognatha (gusanos flecha), conformado principalmente por especies plantónicas, es considerado como uno de los grupos holoplanctónicos más abundantes tanto en aguas oceánicas como neríticas (McLelland, 1989; Álvarez-Cadena *et al.* 1996; Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 2003). Es el segundo grupo de organismos más abundantes después de los copépodos. Ciertas especies son consideradas como indicadores hidrológicas en áreas de mezcla de masas de agua por su relación con las condiciones físico-químicas (Álvarez-Cadena, 1993).

Estos organismos juegan un papel importante en la vía de transferencia de energía tanto por su alta frecuencia alimenticia como por sus altos niveles tróficos. Son carnívoros estrictos de talla pequeña, que van de los 2-120 mm (Ramírez-Ávila y Álvarez-Cadena, 1999). Son uno de los principales predadores del zooplancton, los copépodos son su principal presa, aunque también se alimentan de varias especies de larvas de peces de importancia comercial (McLelland, 1989); incluso se ha observado en ellos la conducta de canibalismo (Bone *et al.*, 1991; Álvarez-Cadena *et al.* 1996; Ramírez-Ávila y Álvarez-Cadena, 1999). Algunas especies han sido reconocidas como vectores en el ciclo de vida de algunos parásitos marinos (McLelland, 1989) como *Typhloscolex muelleri* y *Ttravisiopsis dubia* (Oresland y Bray, 2005).

A continuación se presenta el reporte detallado de las actividades realizadas durante mi participación en el proyecto.

Actividades realizadas

I. Trabajo de campo (Arrastres de zooplancton, fitoplancton y toma de datos fisicoquímicos *in situ*)

El material biológico se obtuvo a través de colectas diurnas mensuales en 12 sitios ubicados entre el Sistema Lagunar Nichupté (SLN) y Puerto Morelos (Figura 1).

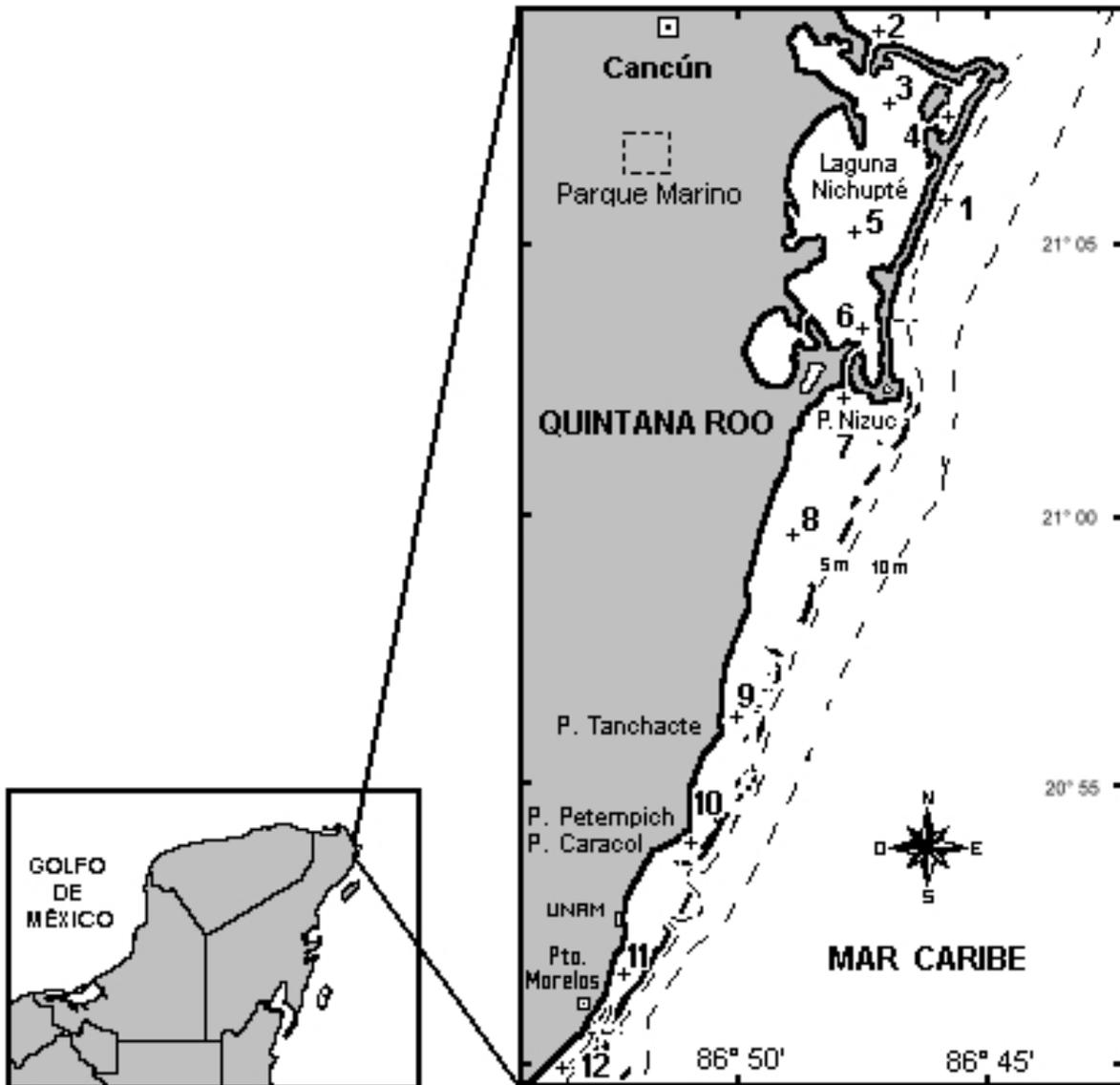


Figura 1. Localización del área de estudio y ubicación de las estaciones de recolecta del plancton (de enero a diciembre de 2005 y 2006). Las estaciones aparecen numeradas del 1 al 12.

Durante las siguientes fechas: 11 de agosto, 9 de septiembre, 6 de octubre, 10 de noviembre y 8 de diciembre de 2005, participé en los muestreos de campo en el área de estudio. En las cuales llevé a cabo las siguientes actividades:

Registro por duplicado de los principales parámetros físicos y químicos superficiales como la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y saturado, así como de dos valores de conductibilidad, con ayuda de un multisensor de campo YSI-85/50FT (± 0.1), mientras que la profundidad fue registrada con una sondaleza marcada en centímetros; al final del periodo se obtuvo un total de 780 datos, para crear una base de datos hidrológicos pertenecientes al periodo 2005.

Para la obtención de las muestras zooplanctónicas en cada estación, se realizaron arrastres superficiales de 10 minutos con una red tipo Neuston de 0.8 x 0.6 m, 2 m de largo y malla de 500 micras, así como con una red cónica de 0.3 m y malla de 300 micras durante 5 minutos. En la boca de cada red se colocó un flujómetro digital (*General Oceanic* modelo 2030) para estimar la cantidad de agua filtrada (Boltovskoy, 1981; Harris *et al.*, 2000). Cada una de las muestras obtenidas tanto con la red Neuston y con la cónica, se colocaron en frascos de plástico con capacidad de 500 ml, y fueron fijadas en formalina en agua de mar al 7%, neutralizada con borato de sodio (Harris *et al.*, 2000).

De igual manera, en cada estación se filtró un litro de agua para la determinación de las clorofilas y se colectó otro litro de agua fijándolo con lugol para la cuantificación y la posterior identificación del fitoplancton (el cual fue determinado por otros miembros del proyecto); los filtros con la clorofila concentrada fueron preservados en hielo. Al final del periodo de muestreo señalado, se obtuvieron un total de 120 muestras para zooplancton (60 con la red Neuston y 60 con la red cónica) y 120 muestras para fitoplancton (60 para clorofilas y 60 para fitoplancton).

II. Trabajo de laboratorio

A la par con el trabajo de campo, realicé diversas actividades en el laboratorio después de la primera colecta. Fueron las siguientes (para detalles ver Cuadros 1 y 2, y Anexos):

Cada una de las muestras de zooplancton recolectadas con ambas redes se limpiaron para retirar todo el material que no pertenecía al zooplancton, como lo son restos de algas, basura y organismos de tamaño superior a los 2 cm, esto para no afectar los análisis de biomasa. Posteriormente, se determinó la biomasa (producción secundaria zooplanctónica) por las técnicas de volumen desplazado y peso húmedo, expresándose la información en $\text{ml}/100\text{m}^3$ y $\text{g}/100\text{m}^3$ (Harris *et al.*, 2000). Para la cuantificación e identificación de los grupos del zooplancton con la ayuda del manual de planctología Tregouboff (1957, vols. 1 y 2), posteriormente se

tomaron tres alícuotas de 10 ml cada una por muestra y a partir del promedio de éstas se estimó la densidad, expresándola en organismos por 100m³.

Una vez realizado lo anterior, se procedió a separar y cuantificar en su totalidad el ictioplancton y los quetognatos, estos últimos fueron determinados a nivel de especie; estos organismos fueron separados con un microscopio estereoscópico Zeiss modelo DV-4, en tanto que la identificación de los quetognatos se realizó con un microscopio óptico Zeiss modelo K-7 y con la ayuda de la clave ilustrada de McLleland (1989). Asimismo, fue necesario utilizar el colorante rosa de bengala para poder evidenciar algunas estructuras no visibles de la gónada a simple vista. Con los datos de abundancia de las especies, se elaboró una base de datos (Quetognatos-Puerto Morelos 700kb). De igual manera, se tomó una alícuota de 5 ml para la posterior identificación de los copépodos; esta identificación fue realizada por otros miembros del proyecto.

III. Procesamiento de la información

Con la base de datos obtenida, se procedió a construir una matriz de estandarización para el análisis de la población de quetognatos. Esta estandarización consiste en determinar la densidad de los gusanos fecha en cada una de las estaciones muestreadas, para tal efecto fue necesario determinar primero la cantidad de agua que filtró la red. Lo cual se calculó por la siguiente ecuación:

A) Determinación de volumen filtrado

$$\text{Distancia de arrastre (m)} = \frac{\text{Diferencia de revoluciones}^* \times \text{Constante del rotor}^{**}}{999999}$$

* $R = \text{lectura final} - \text{lectura inicial}$

**Constante del rotor: Estándar → 26.875
Baja velocidad → 51.020

$$\text{Velocidad de arrastre} = \frac{\text{Distancia de arrastre (m)}}{\text{Tiempo de arrastre (seg)}}$$

$$\text{Volumen filtrado por la red (m}^3\text{)} = \frac{B \text{ (diámetro red)}^2}{4} \times \text{Distancia de arrastre (m)}$$

Posteriormente, los datos fueron transformados a densidad:

B) Estandarización de datos, densidad de quetognatos

El Índice de biomasa planctónica (B) de cada estación fue estimado en ml/100m³ y/o g/100m³ de agua filtrada, utilizando la siguiente ecuación:

$$B = \frac{B_j}{V_j} \times 100$$

donde

$B_j =$ volumen desplazado (ml) y/o peso humedo (g)
de la estación j

$V_j =$ volumen de agua filtrada de la estación j

El Índice de abundancia de quetognatos (Na) de cada estación se estimó en organismos por 100 m³ de agua marina filtrada, a través de la siguiente ecuación:

$$Na = \frac{C_j}{V_j} \times 100$$

donde

$C_j =$ No. de organismos de la estación j

$V_j =$ volumen filtrado (m³) de la estación j

C) Descriptores poblacionales

Para la estimación poblacional se recurrió a los siguientes descriptores:

Riqueza (S). Es el número de especies de quetognatos que se presentan en cada estación (Krebs, 1999).

Dominancia. Se determinó la dominancia general y entre zonas usando el Índice de Valor de Importancia (IVI), el cual jerarquiza a las especies tomando en cuenta las medidas relativas de la abundancia y la distribución espacial de las especies y se determina como sigue (De la Cruz-Agüero, 1993):

$$IVI = A\% + B\%$$

donde

A% = valor de abundancia en porcentaje de cada especie

F% = valor de la frecuencia en porcentaje con la que se presento cada especie

9

Posteriormente, para detectar diferencias estadísticas ($P < 0.01$) a nivel espacial (estaciones) y temporal (meses) en la abundancia de los quetognatos, se realizó un análisis estadístico de tipo ANOVA de dos vías.

D) Análisis de clasificación

Se aplicó un análisis de clasificación a través del Índice de Bray y Curtis (1957) (IBC) al promedio de los principales datos hidrológicos, con el fin de encontrar una zonación dentro de la región estudiada. El IBC se calculó con la siguiente ecuación:

$$D_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^n (x_{ij} + x_{ik})}$$

donde

D_{jk} = valor de similitud entre las muestras j y k

x_{ij} = valor de la variable i en la muestra j

x_{ik} = valor de la variable i en la muestra k

Asimismo, para detectar diferencias a nivel espacial y temporal en los datos hidrológicos se realizó un análisis de tipo ANOVA de dos vías.

E) Relación de la abundancia de las especies con el medio hidrológico

Para explorar las posibles relaciones entre las variables ambientales y la abundancia de las especies de quetognatos se utilizó una correlación múltiple a través del coeficiente de Pearson (r) (Zar, 1984). Esta correlación se calculó con la siguiente ecuación:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

donde

x = variable 1

y = variable 2

En este sentido, una correlación positiva implica que en un incremento del valor de una de las variables, la otra variable también incrementa su valor; una correlación negativa indica que un incremento en las variables esta acompañada por un decremento en la otra, un valor de $r = 0$ denota que no existe relación alguna entre las variables.

Para reforzar el análisis anterior, se realizó un Análisis Canónico de Correspondencias (ACC).

Esta técnica permite relacionar la composición de especies de una comunidad con su ambiente, provee una estructura general para la estimación y comprobación estadística de los efectos de las variables ambientales y otras variables exploratorias en comunidades biológicas extrayendo gradientes ambientales sintéticos del conjuntos de datos ecológicos, por ello permitió visualizar de manera simultánea cómo un número de especies responden a factores externos como variables ambientales y/o contaminantes, usados tanto en estudios de campo como en laboratorios (Ter Braak y Verdonschot, 1995).

Previo a estos procedimiento estadísticos, los datos fueron transformados a logaritmo base diez (Jensen, 1978) para cumplir los supuestos de normalidad y homocedasticidad.

Para estos procedimientos analíticos, ya descritos, se recurrió al paquete estadístico-ecológico ANACOM (De la Cruz-Agüero, 1993) y CANOCO (Ter Braak, 1991).

Cuadro 1. Número de datos analizados durante el noveno bimestre, pertenecientes al muestreo del año 2003.

Variable	No. datos	Resultado
Profundidad (m)	144	Variación mensual de la profundidad.
Temperatura (°C)	144	Variación mensual promedio de la temperatura superficial.
Salinidad (ups)	144	Variación mensual promedio de la salinidad
Oxi. saturado (%)	144	Variación mensual promedio del oxígeno saturado.
Oxi. disuelto (mg/l)	144	Variación mensual promedio del oxígeno disuelto
pH	144	Variación mensual del pH.
Vol. Filtrado (m ³)	144	Variación mensual del volumen filtrado por la red Neuston
Biomasa (g/100m ³)	144	Variación mensual del peso húmedo/volumen desplazado
Clorofila-a (mg/l)	144	Variación mensual promedio de la clorofila-a
Quetognatos (N org)	71234	Identificación a nivel de especie
Total	72530	Datos del periodo 2003

Actividades bimestrales

A continuación se resumen las actividades realizadas entre agosto de 2005 y agosto de 2007.

Cuadro 2. Cronograma bimestral de las actividades realizadas en el Proyecto de Biodiversidad Marina del periodo comprendido entre agosto de 2005 a agosto de 2007.

Fechas		Estaciones analizadas		Zooplankton contabilizado		Chaetognatha analizados		Huevos de pez	Copéodos	Datos
Bimestre	Período	Procesadas	Biomasa	Chaetognatha	Larvas de pez	Identificados	Separados y medidos	contabilizados	N. alicuota	analizados
1	Ago-Sep, 2005	27	57	0	0	6627	0	0	81	0
2	Oct-Nov, 2005	46	32	0	0	5095	0	0	96	0
3	Dic, 2005-Ene, 2006	14	55	0	0	5823	0	0	165	0
4	Feb-Mar, 2006	1	0	0	0	7445	0	0	0	0
5	Abr-May, 2006	1	0	0	0	7982	0	0	0	0
6	Jun- jul, 2006	10	0	0	0	9787	0	0	0	0
7	Ago-Sep, 2006	3	0	0	0	9481	0	0	0	0
8	Oct-Noviembre, 2006	22	0	0	0	10233	0	0	0	0
9	Dic, 2006-Ene, 2007	41	0	0	663	6819	0	0	0	1152
10	Feb-Mar, 2007	20	0	780	41	1942	0	0	9	0
11	Abr-May, 2007	15	0	0	0	0	4677	0	0	0
12	Jun-Jul, 2007	46	0	0	234	0	6655	2878	0	0
Total		246	144	780	938	71234	11332	2878	351	1152
Horas a la semana		40								
Total de horas trabajada		4112								

Retos personales durante el desarrollo del proyecto

Revisión bibliográfica en diferentes bases de datos, además de libros especializados para un correcto aprendizaje en la elaboración de proyectos de investigación así como de claves para la identificación de los organismos colectados. De igual manera, obtener un conocimiento más especializado de la biología de los organismos a estudiar.

Conocer el manejo del equipo de campo (multisensor de campo YSI-85, flujómetros digitales, redes, sistema de filtrado en campo), las técnicas de muestreo tanto para fitoplancton y zooplankton (arrastres verticales y horizontales), así como de la preparación de reactivos (lugol y formol) para la fijación y preservación de las muestras.

Identificar las diferentes estructuras morfológicas que distinguen a cada una de las especies de chaetognatos a través de equipo especializado así como de técnicas histológicas para una mejor observación de los organismos, y por ende, para su correcta determinación.

Construir bases de datos hidrológicos y biológicos para posteriores análisis estadísticos.

Manejar diferentes sistemas de cómputo así como paquetes estadísticos y ecológicos, que permitan representar e interpretar las variaciones ambientales y estructurales de las comunidades biológicas.

Con todo lo anteriormente mencionado, contribuir al acervo biológico del área de estudio y de esta manera nos permita comprender sus potencialidades y limitaciones para su posible uso, protección y/o conservación.

Tomar conciencia de la fragilidad de los ecosistemas marinos (en este caso, arrecifales).

Información aprendida durante el desarrollo del proyecto

Conocimiento logístico previo a los muestreos (preparación y mantenimiento de equipo de campo) con la finalidad de solucionar problemas antes, durante y después del muestreo.

Manejo y precisión del equipo de campo para monitoreo hidrológico.

Operación de redes para fitoplancton y zooplancton

Manejo de las diferentes técnicas para la determinación de la biomasa zooplanctónica (volumen desplazado y peso húmedo).

Determinación y conteo de organismos del zooplancton a nivel de grupo.

Manejo de claves dicotómicas e identificación de quetognatos a nivel de especie.

Manejo de programas estadísticos-ecológicos (Statistica, CANOCO, ANACOM, Biodiversity, entre otros).

Interpretación de datos obtenidos tanto de los parámetros físico-químicos, como de los datos poblacionales del grupo de los quetognatos, bajo la dirección del responsable del proyecto.

Evaluación crítica del proyecto

La revisión bibliográfica fue fructífera ya que permitió actualizar las técnicas requeridas para el muestreo, análisis y posterior interpretación del material biológico.

Las técnicas de colecta de organismos y datos *in situ* permitieron la toma de muestras representativas de los diferentes sitios que abarcó el área de estudio, sin contratiempos ni pérdida de material.

La técnica utilizada para la determinación de la biomasa tuvo una óptima precisión en tanto que el conteo del zooplancton por medio de alícuotas fue adecuado denotándose en sus bajos valores de error estándar, en tanto que la identificación de los diferentes grupos del zooplancton estuvo comprendida dentro de la fauna reportada para el área.

Las especies de quetognatos fueron determinadas de manera óptima con el equipo disponible; cabe mencionar que las especies reportadas concuerdan con listados previamente publicados en la zona.

La base de datos creada en formato Excel puede ser intercambiada con otras bases de datos de quetognatos de la región.

El análisis de la base de datos a través de los diferentes paquetes estadísticos y ecológicos permitió una buena interpretación de las variaciones espaciales y temporales de los quetognatos así como de su relación con los diferentes factores ambientales.

La recopilación de la información de la biología de los quetognatos coadyuvó a una buena interpretación de los cambios estructurales de esta población.

Por otra parte, entre las limitantes del proyecto, estuvo la falta de personal para analizar otros grupos del fitoplancton (diatomeas, dinoflagelados, entre otros) y del zooplancton (sergéstidos, larvas de decápodos, larvas de poliquetos, entre otros), tan importantes como los quetognatos. Otra limitante fue la presencia de fenómenos meteorológicos (ciclones) que no permitieron un seguimiento en los muestreos y por ende, una continuidad en la información. Dentro del punto de vista económico, los recursos disponibles restringieron el estudio a una pequeña porción del norte de Quintana Roo, en vez de abarcar un mayor número de ecosistemas costeros.

Estas limitantes resultan en no tener un mayor conocimiento acerca de la hidrología y biodiversidad marina del Estado, por tanto, en no tener los fundamentos necesarios para aplicar un programa de manejo integral del Caribe mexicano.

Para concluir, mi participación en el proyecto me permitió adquirir las bases necesarias para desarrollar y ampliar mi conocimiento al enfrentar nuevos retos y expectativas; hizo surgir en mí un gran interés en continuar con los estudios de la biodiversidad marina para aportar nuevo conocimiento científico, en especial sobre el grupo de los quetognatos, el cual ha sido poco estudiado en la zona del Caribe mexicano.

En este contexto, a partir de la experiencia adquirida de mi participación en el proyecto, puedo sugerir que en investigaciones subsecuentes, se tomen medidas morfométricas y del grado de desarrollo gonadal de todas las especies de quetognatos en la zona, para obtener información acerca de sus ciclos de vida, periodos de reproducción, así como de dinámica poblacional.

Literatura citada

Álvarez-Cadena, J. N. 1993. Feeding of the chaetognath *Sagitta elegans* Verrill. *Estuarine Coast Shelf Sci.*, 36: 195-206.

Álvarez-Cadena, J. N., E. Suárez-Morales y J. A. McLelland. 1996. Observations on an isolated populations of *Sagitta hispida* Conant (Chaetognatha) in a tropical lagoon system of Northeast Yucatan (Mexico). *Gulf Res. Rep.*, 9(3): 197-204.

Boltovskoy, D. (ed.). 1981. *Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplancton Marino*. INIDEP, Mar de Plata, Argentina. 936p.

Bone, Q., H. Kapp y A. C. Pierrot-Bults. 1991. Introduction and Relationships of the group. Pp: 1-2. *In: Bone, Q., H. Kapp y A. C. Pierrot-Bults (eds.) The Biology of Chaetognatha*. Oxford University Press, New York. 173 p.

Bray, J. R. y C. T. Curtis. 1957. An ordenation of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Mon.*, 27: 325-349.

CONABIO, 1998. *Regiones Prioritarias Marinas de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México. 198 p.

De la Cruz-Agüero, G. 1993. ANACOM: Sistema para el Análisis de Comunidades en Computadoras personales. *In: V Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar*. 27 sep - 1 oct. de 1993. La Paz B.C.S., México.

Harris, R. P., P. H. Wiebe, J. Lenz, H. R. Skjoldal y M. Huntley. 2000. *Zooplankton Methodology Manual*. Academic Press, San Diego California. 684 pp.

Jensen, S. 1978. Influences of transformation of cover values on classification and ordination of lake vegetation, *Vegetatio*, 37: 19-31.

Jongman, C. J. F. ter Braak y O. F. R. van Tongeren. 1987. *Data Analysis In Community and Landscape Ecology*. Edit. Pudoc Wageningen. 299 p.

Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methodology*. An imprint of Addison Wesley Longman, Inc. New York. 629 p.

McLelland, J. A. 1989. An illustrated key to the Chaetognatha of the Northern Gulf of Mexico with notes on their distribution. *Gulf Research Reports*, 8(2): 145-172.

Mille-Pagaza, S. y J. Carrillo-Laguna. 2003. Distribución y abundancia de los chaetognatos de la plataforma Tamaulipeca y océano adyacente en abril de 1987. *Hidrobiológica*, 13 (3): 223-229.

Oresland, V. y R. A. Bray. 2005. Parasites and headless chaetognaths in the Indian Ocean. *Marine Biology*, 147: 725-734.

Ramírez-Ávila, Y. y J. N. Álvarez-Cadena. 1999. Chaetognath species composition from a coral reef lagoon in the Mexican, Caribbean Sea. *Rev. Biol. Trop.*, 47(supl. 1): 157-163.

Ter Braak, F.C. 1991. *Program CANOCO*. Version 3.12 Agricultural Mathematics Group DLO. Wageningen Netherlands.

Ter Braak, C. J. F. y P. F. M Verdonschot. 1995. Canonical Correspondence Analysis and Related Multivariate Methods in Aquatic Ecology. *Aqu. Sci.*, 57(3): 255-288.

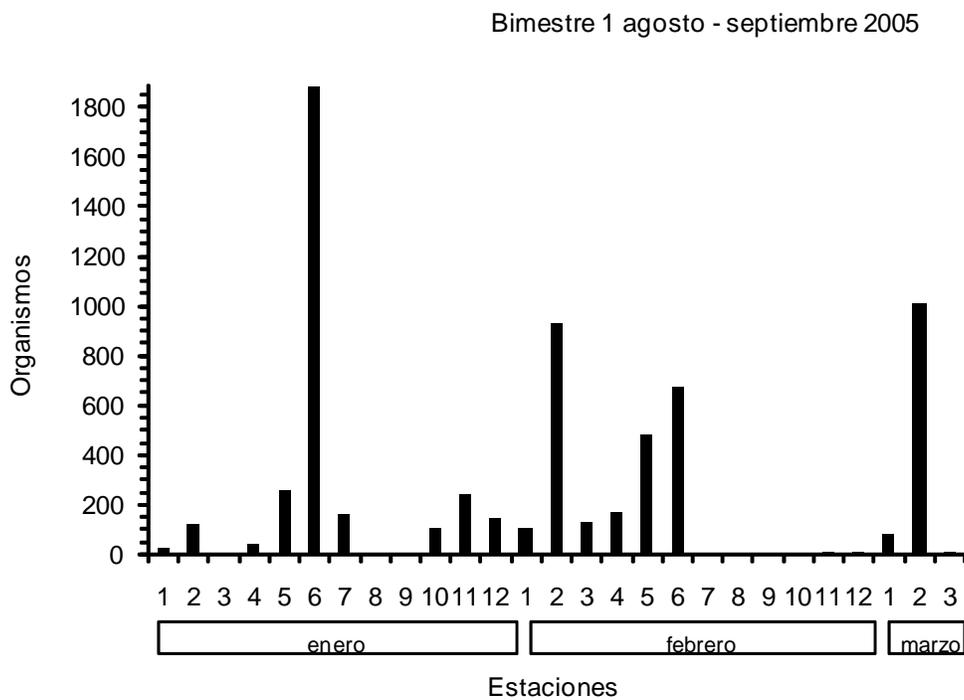
Tregouboff, G. y M. Rose. 1957. Manuel de Planctonologie Méditerranéenne. Éd par C. N. R. S., 1 (texte), Paris. 587 p.

Tregouboff, G. y M. Rose. 1957. Manuel de Planctonologie Méditerranéenne. Éd par C. N. R. S., 2 (illustrations), Paris. 207 p.

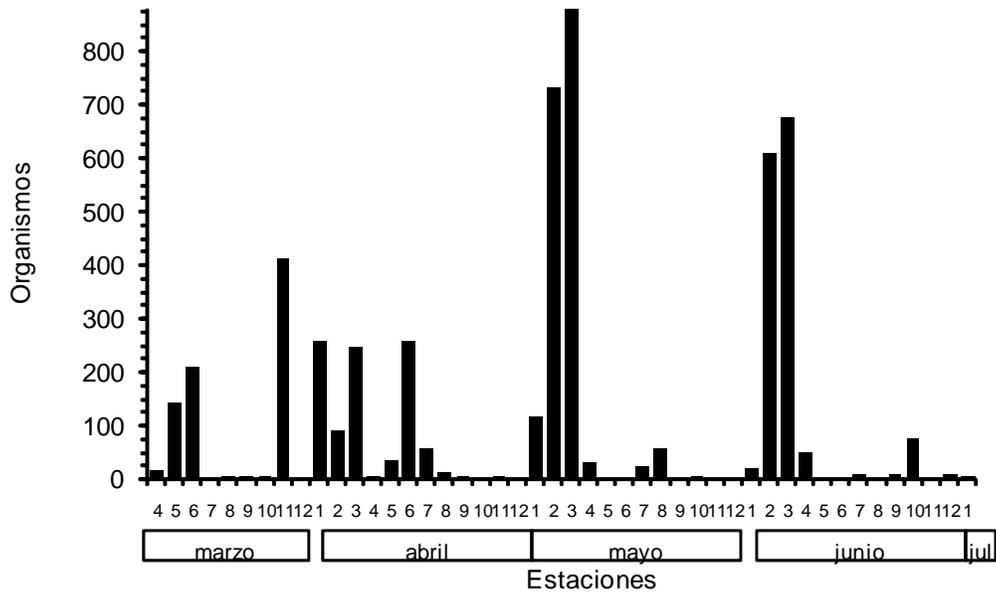
Zar, H.J. 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, N. Jersey. 718 p.

Anexos

Gráficas bimestrales del trabajo realizado en el laboratorio.



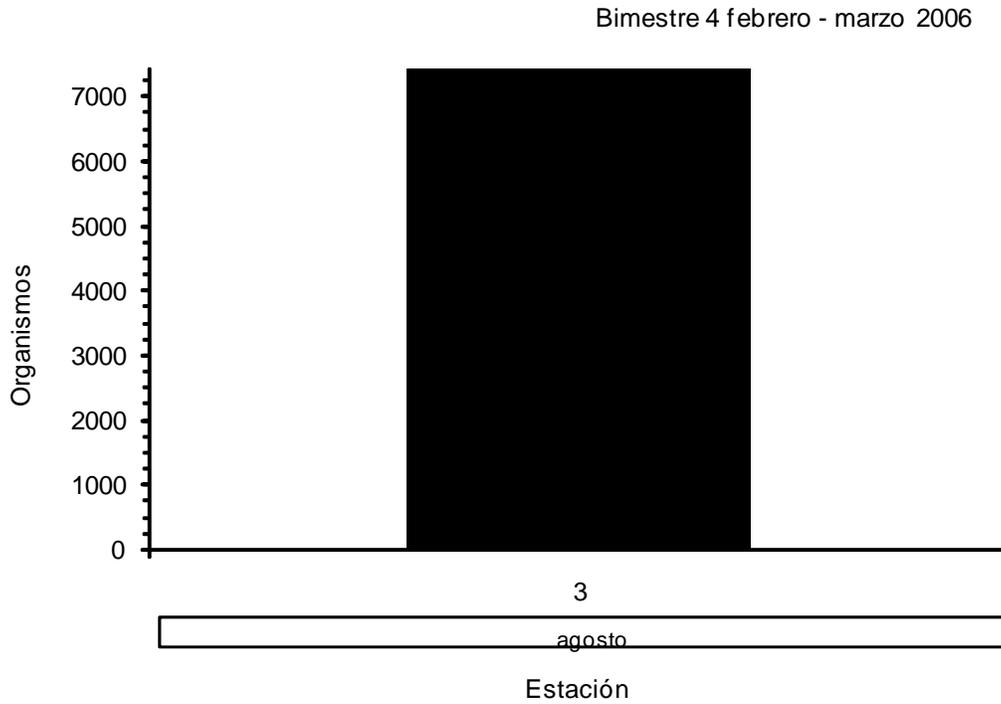
Gráfica 1. Bimestre 1: Quetognatos determinados a nivel de especie de las muestras colectadas durante los meses de enero a marzo del 2003.



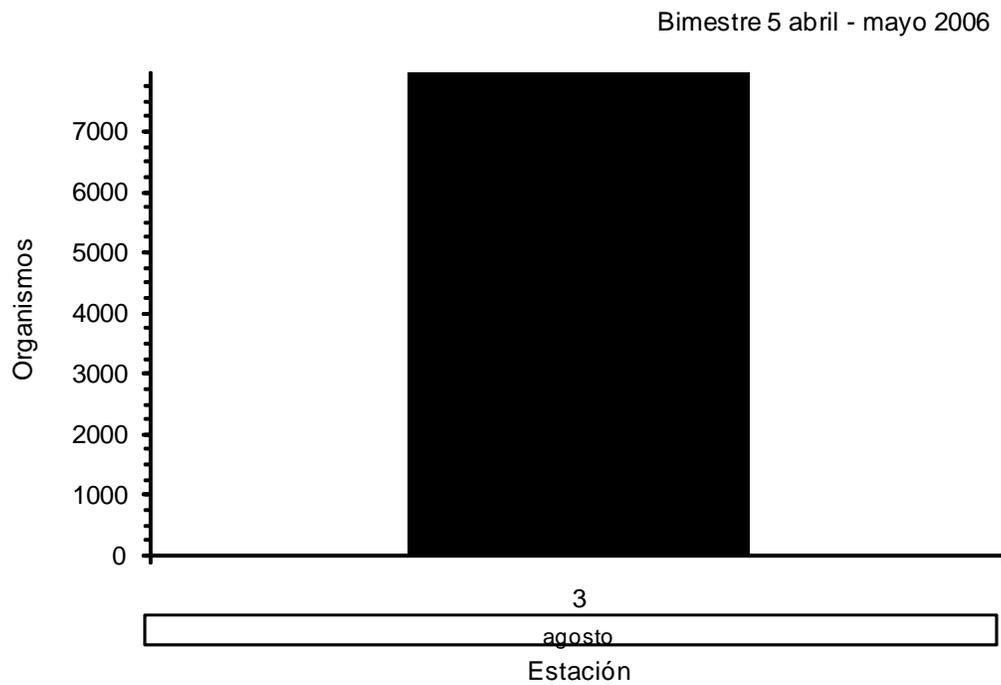
Gráfica 2. Bimestre 2. Quetognatos determinados a nivel de especie de las muestras colectadas durante los meses de marzo a julio del 2003.



Gráfica 3. Bimestre 3. Quetognatos determinados a nivel de especie de las muestras colectadas durante los meses de julio a agosto del 2003.

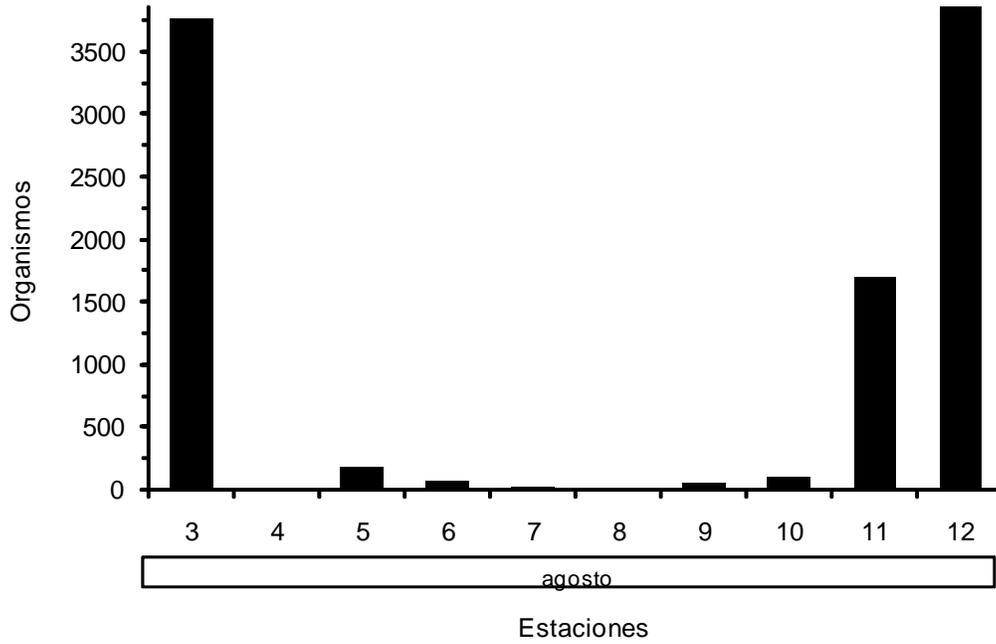


Gráfica 4. Bimestre 4. Quetognatos determinados a nivel de especie de la estación 3 de la muestra colectada en el mes de agosto del 2003.



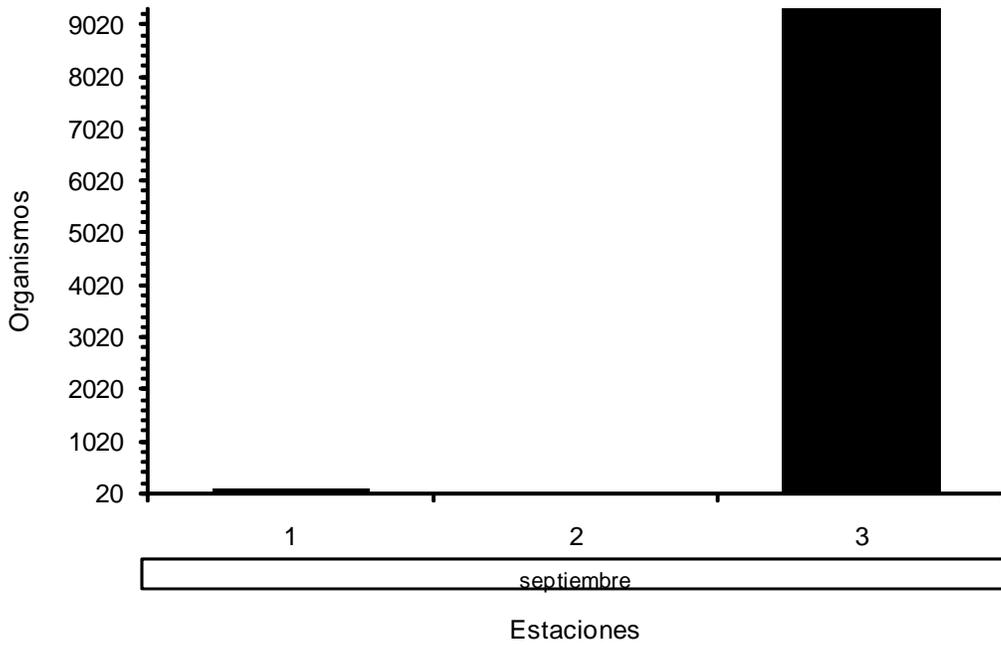
Gráfica 5. Bimestre 5. Quetognatos determinados a nivel de especie de la estación 3 de la muestra colectada durante el mes de agosto del 2003.

Bimestre 6 junio - julio 2006

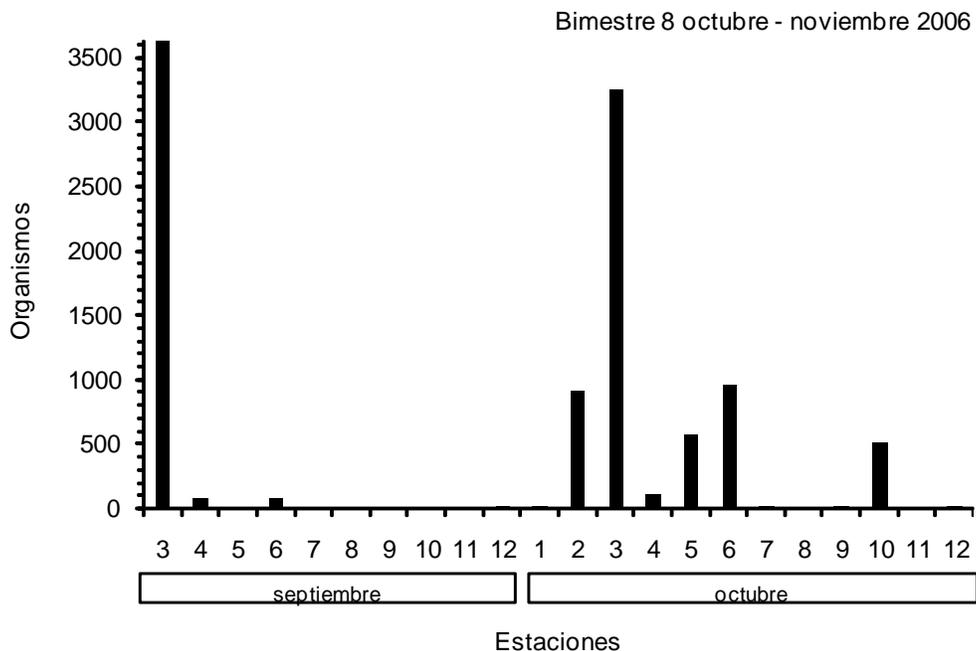


Gráfica 6. Bimestre 6. Quetognatos determinados a nivel de especie de las muestras colectadas durante los meses de septiembre y octubre del año 2003.

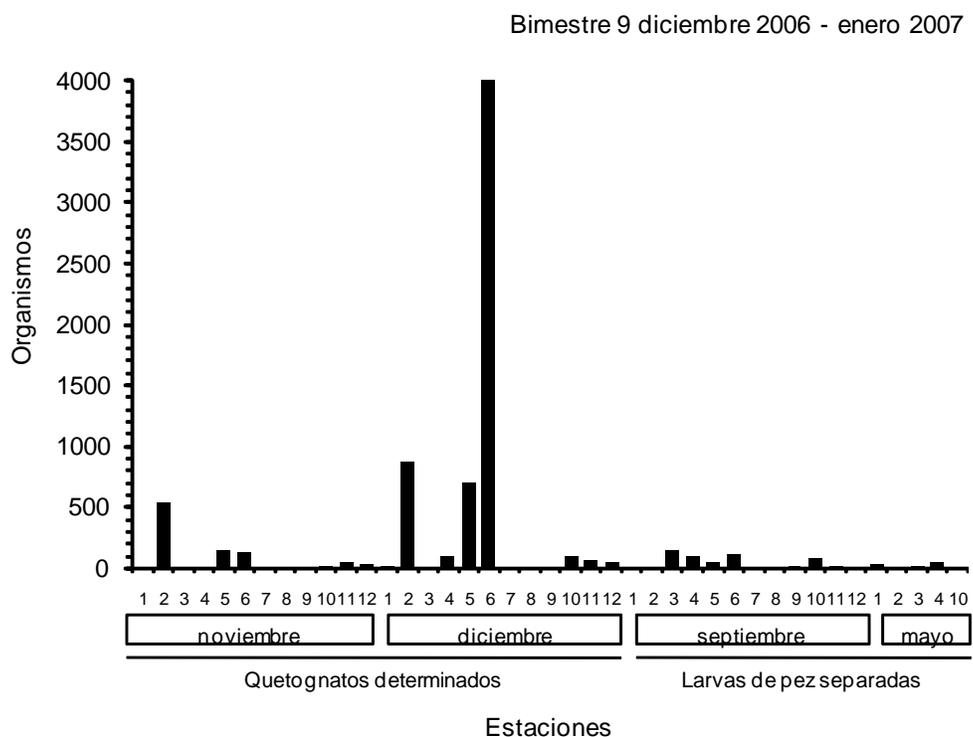
Bimestre 7 agosto - septiembre 2006



Gráfica 7. Bimestre 7. Quetognatos determinados de las muestras colectadas durante el mes de septiembre del 2003.

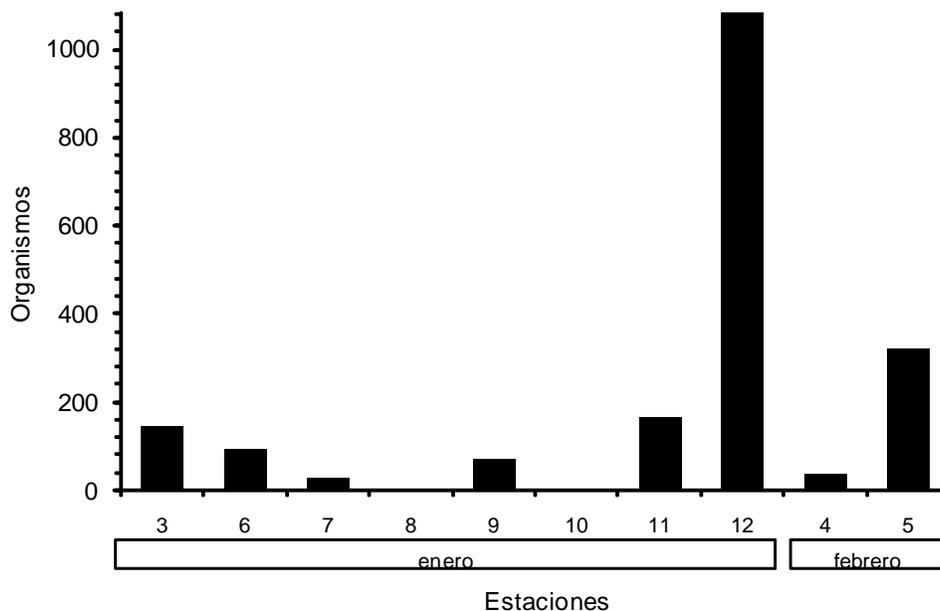


Gráfica 8. Bimestre 8. Quetognatos determinados a nivel de especie de las muestras colectadas durante los meses de septiembre y octubre del 2003.



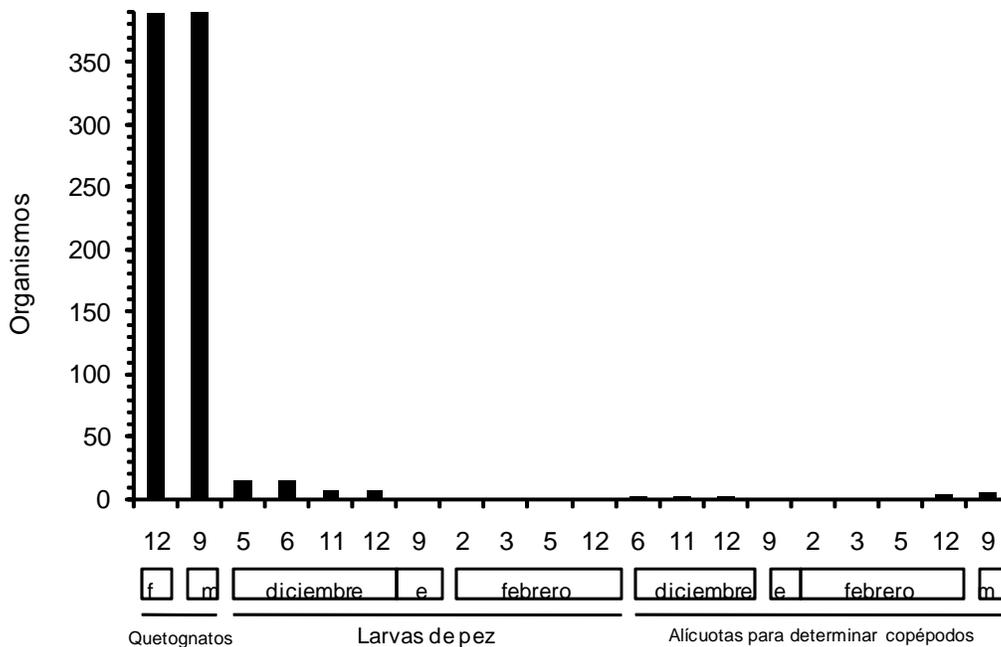
Gráfica 9. Bimestre 9. Quetognatos determinados de las muestras colectadas durante los meses de noviembre y diciembre del 2003 y larvas de pez separadas de las muestras colectadas durante los meses de mayo y septiembre del año 2005.

Bimestre 10 febrero - marzo 2007



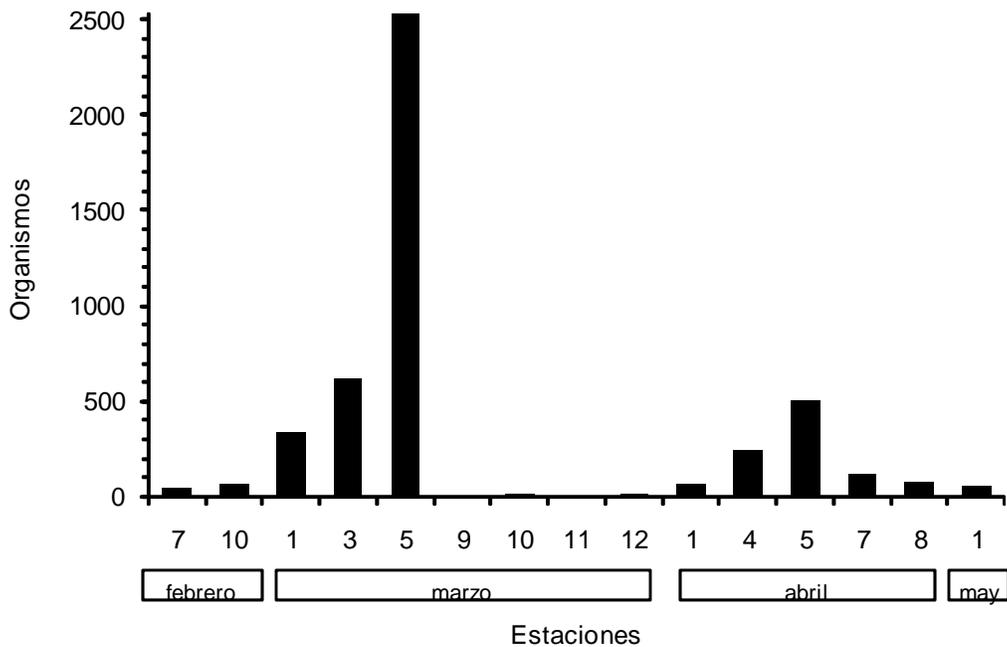
Gráfica 10. Bimestre 10. Quetognatos determinados de las muestras colectadas durante los meses de enero y febrero del 2005.

Bimestre 10 febrero - marzo 2007



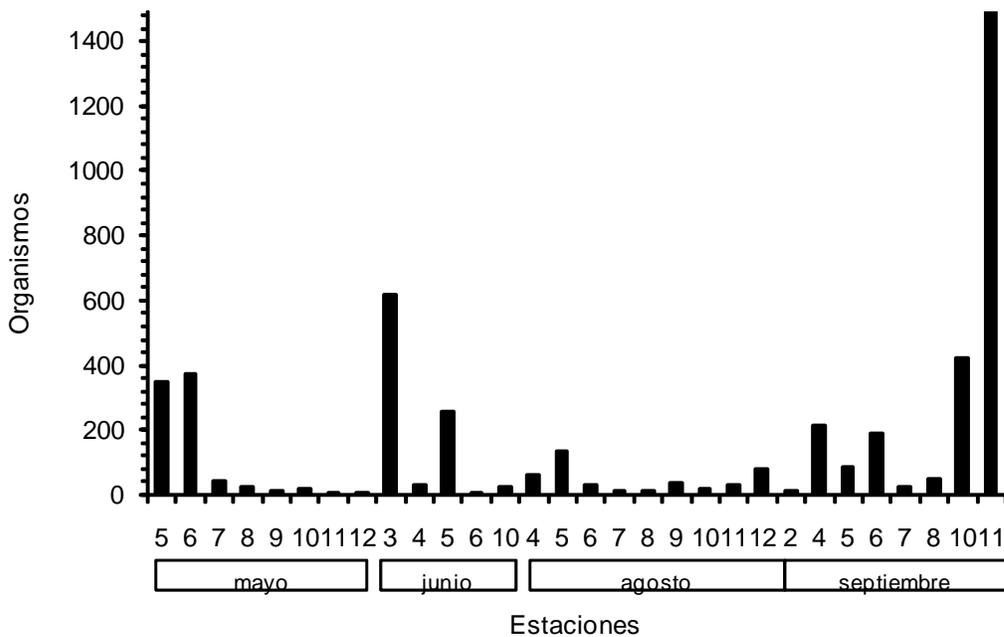
Gráfica 11. Bimestre 10. Separación de quetognatos de las muestras colectadas durante los meses de febrero y mayo del 2005, larvas de pez separadas de las muestras colectadas durante los meses de enero, febrero y diciembre del 2005 y alícuotas tomadas para determinación de copépodos de las muestras colectadas durante los meses de enero, febrero, mayo y diciembre del año 2005.

Bimestre 11 abril - mayo 2007



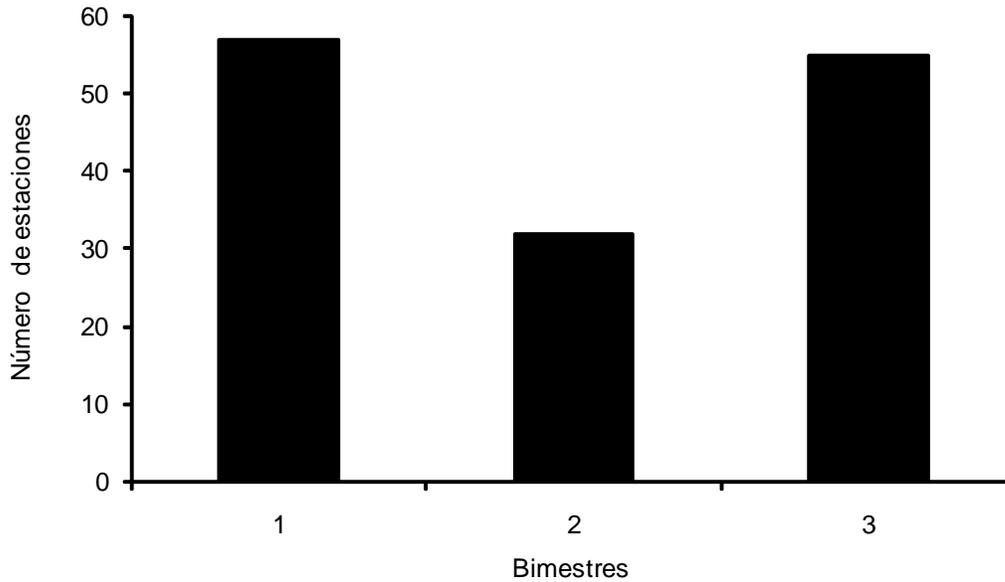
Gráfica 12. Bimestre 11. Quetognatos determinados a nivel de especie de las muestras colectadas durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo del 2005.

Bimestre 12 junio - julio 2007



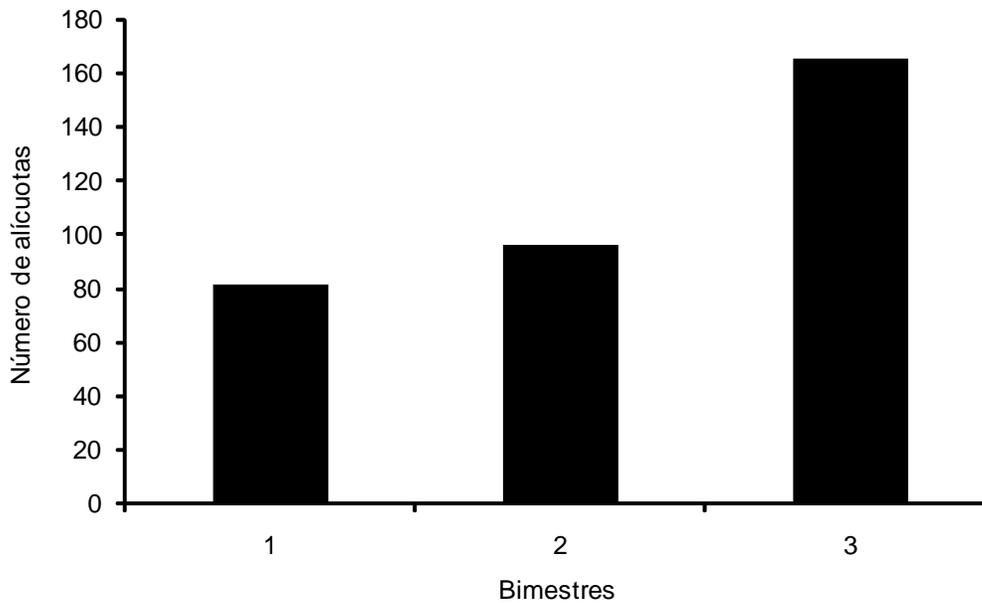
Gráfica 13. Bimestre 12. Quetognatos determinados a nivel de especie de las muestras colectadas durante los meses de mayo, junio, agosto y septiembre del año 2005.

Biomasa determinada de las muestras colectadas 2003



Gráfica 14. Biomasa determinada durante los bimestres 1, 2 y 3, de las muestras colectadas pertenecientes al periodo de muestreo 2003.

Alícuotas tomadas para determinar densidad de las muestras colectadas 2003



Gráfica 15. Alícuotas tomadas durante los bimestres 1, 2 y 3, de las muestras colectadas pertenecientes al periodo de muestreo 2003.