



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## ASPECTOS ECOLÓGICOS DE LA COMUNIDAD DE QUETOGNATOS EPIPLANCTÓNICOS EN LA COSTA SUR DEL CARIBE MEXICANO

# T E S I S

Que para obtener el grado académico de  
Maestra en Ciencias  
(Biología Marina)

Presenta:

Karla Jenny Rodríguez Hernández

Directora de Tesis:

Dra. Laura Sanvicente Añorve

Comité Tutorial:

Dr. Miguel A. Alatorre Mendieta

Dr. Isaías H. Salgado Ugarte

Dr. Manuel A. Castillo Rivera

Dra. Martha Signoret Poillon



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.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todos los miembros del comité tutorial, tanto parcial como permanente, quienes con sus correcciones, comentarios y oportuna asesoría permitieron la culminación de esta tesis de maestría.

A la Doctora Laura Sanvicente Añorve por la dirección y realización de este trabajo, su tiempo y espacio brindados durante la estancia en su laboratorio, y por su comprensión y apoyo durante esta importante etapa de mi vida.

A los Doctores: Miguel A. Alatorre Mendieta, Manuel A. Castillo Rivera, Isaías H. Salgado Ugarte y Martha Signoret Poillon; agradezco sus comentarios, correcciones, así como su tiempo, paciencia y todas sus aportaciones para la integración de esta tesis.

A la M. en C. Ivette Ruiz Boijseauneau por su colaboración para la identificación de los ejemplares de quetognatos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para la realización de los estudios de posgrado.

Expreso mi agradecimiento a la Armada de México, Secretaría de Marina, representada por el Almirante Mariano Francisco Saynez Mendoza, por atender de manera expedita nuestras solicitudes de apoyo logístico, humano y material indispensables en los trabajos de campo.

Hago extensiva mi gratitud a la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca y a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, instituciones que a través del Biol. David Reza y la M. en C. Mari Carmen García, nos otorgaron su encomiable ayuda y disposición para la realización de este estudio.

De manera especial a toda mi familia, mi padre y hermanos, por su apoyo incondicional. A Alejandro por su fortaleza, a mi Madre y a Nori por todo su amor, apoyo y esfuerzo.

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS PARTICULARES</b>	<b>3</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>4</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>6</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODO</b>	<b>8</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>13</b>
Hidrografía	13
Biomasa zooplanctónica	18
Abundancia de quetognatos y factores que influyen en su distribución	20
Composición específica	24
Asociaciones de quetognatos	38
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>50</b>
Biomasa zooplanctónica	50
Abundancia de quetognatos y factores que influyen en su distribución	50
Composición específica	52
Asociaciones de quetognatos	56
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>62</b>
<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>64</b>
<b>APÉNDICE</b>	<b>72</b>

## RESUMEN

Se analizó la composición, distribución y principales asociaciones de quetognatos incluyendo su relación con algunos parámetros ambientales, en dos épocas del año, noviembre 2006 y abril 2007 en la costa sur de Quintana Roo, frente a Majahual. Los muestreos de zooplancton se efectuaron con dos redes cónicas de aperturas de malla de 333 y 505  $\mu\text{m}$ , a bordo de una lancha con motor fuera de borda a una velocidad de 2 - 3 nudos. Se muestreó un total de 55 estaciones en ambos muestreos y se registró la salinidad, la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto en el estrato superficial de cada estación. En el laboratorio, se cuantificó la biomasa zooplanctónica mediante el método de peso húmedo y se contabilizó el total de quetognatos. Los promedios de biomasa mensual no mostraron diferencias significativas, caso contrario a la densidad promedio de quetognatos. Para evaluar los factores ambientales (temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto y biomasa zooplanctónica) que influyen en la distribución de los quetognatos, se aplicó un Análisis de Regresión por Árboles. Este procedimiento reveló que la biomasa de zooplancton se relacionó de manera positiva con la densidad de quetognatos en noviembre, en tanto que en abril, la concentración de oxígeno disuelto se relacionó de manera negativa con la densidad de quetognatos. Se piensa que esta variable puede expresar otro factor a microescala como la turbulencia, la cual limita los encuentros depredador-presa, si la velocidad turbulenta es suficientemente grande. Se recolectaron e identificaron 9251 individuos representados en tres familias, tres géneros y 10 especies. La más abundante fue *Sagitta enflata* con más del 70 % de la abundancia relativa. Las especies *Krohnitta subtilis*, *Sagitta hispida*, *Sagitta serratodentata* y *Sagitta friderici* representaron entre el 4 y 8 %. Las especies restantes, *Krohnitta pacifica*, *Sagitta helenae*, *Pterosagitta draco*, *Sagitta decipiens* y *Sagitta bipunctata* presentaron menos del 1 %. Se identificaron dos asociaciones de quetognatos mediante el Análisis Multidimensional No Métrico basado en el índice de Bray-Curtis: el grupo "interno" ubicado cerca de la costa y caracterizado por una mayor densidad de quetognatos, y el grupo "externo" localizado en aguas de la plataforma media y externa, con bajas densidades. Los dos grupos tuvieron coherencia espacial en ambos meses de muestreo y su diferencia principal fue la densidad relativa de las especies que los constituyeron. Se aplicó un Análisis de Componentes Principales para observar las relaciones entre los parámetros ambientales y la densidad de cada especie; sin embargo, el análisis mostró que no hubo una clara influencia en la formación de estos grupos a la escala espacial estudiada. Se sugiere intensificar los estudios a esta escala espacial y observar más detalladamente las interacciones bioecológica

## INTRODUCCIÓN

Los quetognatos son organismos esencialmente holoplanctónicos, muy abundantes en aguas neríticas y dominantes en la vasta comunidad zooplanctónica, en la que pueden constituir hasta el 30% de la biomasa de los copépodos (Casanova, 1999). Los quetognatos, llamados también gusanos flecha, poseen una amplia distribución a nivel mundial y son importantes por ser alimento de una amplia variedad de organismos (sifonóforos, medusas, peces), a la vez que por sí mismos son depredadores activos, estrictamente carnívoros, siendo sus presas principalmente los copépodos y otros organismos del zooplancton de importancia comercial como los huevos y larvas de peces y larvas de crustáceos (Boltovskoy, 1981; Alvariño, 1985). Los quetognatos han servido también como indicadores biológicos para identificar y trazar los movimientos de ciertas masas de agua, así como determinar la presencia o ausencia de éstas (McLelland, 1989). A algunas especies se les ha reconocido también como intermediarios de parásitos marinos, lo que determina su importancia en los ciclos biológicos de ciertas especies (Casanova, 1999). Actualmente se han descrito alrededor de 125 especies de quetognatos planctónicos, las cuales pertenecen a dos órdenes y seis familias, de las cuales Sagittidae es la más diversa (McLelland, 1989).

El Caribe mexicano representa el límite noroeste del Mar Caribe, en él se extiende el segundo sistema de barrera arrecifal más largo del mundo y posee una gran variedad de ambientes marinos (manglares, marismas, praderas de *Thalassia*, lagunas costeras, estuarios y zonas arrecifales), en los que habitan múltiples comunidades faunísticas que albergan una gran diversidad biológica. Los estudios concernientes al conocimiento de la fauna pelágica de la región se han realizado en diferentes ambientes y escalas de tiempo y espacio, abordando aspectos como la composición, distribución y abundancia de la comunidad de zooplancton en general (Alvariño, 1972; Lewis y Fish, 1979; Yoshioka *et al.*, 1985; Gasca y Castellanos, 1993; Gasca *et al.*, 1994; Castellanos-Osorio y Suárez-Morales, 1997; Suárez-Morales y Rivera-Arriaga, 1998; Álvarez-Cadena *et al.*, 2007a) y de otros grupos como las larvas de peces (Vásquez-Yeomans *et al.*, 1998; Sanvicente-Añorve *et al.*, 1999, 2002, 2003; Álvarez-Cadena *et al.*, 2007b), pterópodos (Suárez-Morales y Gasca, 1998), copépodos (Suárez-Morales y Gasca, 2000) y cnidarios (Gasca, 1997; Suárez-Morales *et al.*, 1999; Gasca *et al.*, 2003; Canché-Canché y Castellano-Osorio, 2005). En relación a los quetognatos, los trabajos referentes a ellos en la costa del Caribe mexicano han abordado aspectos como la

composición, distribución y abundancia de estos organismos en diferentes épocas y extensiones de la zona costera (Michel, 1984; Gasca *et al.*, 1996; Ramírez-Ávila y Álvarez-Cadena, 1999; Hernández-Flores, 2003; Hernández *et al.* 2005; Álvarez-Cadena *et al.*, 2008; Tovar *et al.*, 2009). Debido a la importancia ecológica que los quetognatos revisten en el ecosistema marino y con el fin de profundizar en el conocimiento de la ecología de este importante grupo, en el presente trabajo se han planteado los siguientes objetivos.

## **OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la estructura de la comunidad de los quetognatos recolectados frente a Majahual, en la región costera del sur del Caribe mexicano.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

Cuantificar la biomasa de zooplancton y analizar su distribución en la zona costera frente a Majahual, Quintana Roo.

Determinar la composición específica y analizar la distribución y abundancia de los quetognatos recolectados en el área de estudio durante dos épocas del año, noviembre 2006 y abril 2007.

Analizar los principales parámetros ambientales (disponibilidad de alimento, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH) que influyen en la abundancia y distribución de los quetognatos.

Identificar las principales asociaciones de quetognatos en la zona de estudio durante cada una de las épocas analizadas.

Comparar en términos de composición, diversidad y abundancia las asociaciones de quetognatos identificadas, en dos diferentes épocas estacionales frente a Majahual.

## ANTECEDENTES

La mayor parte de las investigaciones sobre quetognatos realizadas en el Golfo de México y el Mar Caribe mexicano, conciernen a aspectos tales como su composición, distribución y abundancia, pero pocos estudios refieren sus asociaciones, diversidad y la relación con parámetros ambientales.

Entre los trabajos más importantes sobre la descripción de estos organismos figuran el de Tokioka (1955), quien hizo la descripción de cuatro especies de quetognatos presentes en la costa oeste de Florida y establece a *Sagitta friderici* como especie diferente de *Sagitta tenuis*; McLelland (1989) realizó una clave ilustrada sobre los quetognatos presentes en el norte del Golfo de México y Michel (1984) propuso un manual de identificación y distribución de los quetognatos presentes en el Mar Caribe y regiones adyacentes a la península de Florida.

En el Golfo de México, Vega-Rodríguez (1965) estudió la distribución de los quetognatos en el ambiente nerítico de las costas de Veracruz. Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna (1999, 2001, 2003) analizaron la distribución de estos organismos en la plataforma yucateca, a lo largo del suroeste del Golfo de México y en la plataforma Tamaulipeca.

En el Mar Caribe mexicano, Álvarez-Cadena *et al.* (1996) registraron como única especie a *Sagitta hispida* en el sistema lagunar Nichupté, al norte de la península de Yucatán; hicieron un análisis de su madurez sexual. Gasca *et al.* (1996) realizaron un estudio a lo largo de la costa del caribe mexicano durante cuatro meses, encontrando variaciones estacionales y dos asociaciones de quetognatos que difieren por su densidad. Ramírez-Ávila y Álvarez-Cadena (1999) registraron la composición y abundancia de especies de quetognatos en dos sitios de muestreo en la laguna arrecifal de Puerto Morelos durante un ciclo anual, y encontraron como especies más abundantes a *Sagitta enflata* y *Sagitta hispida* en la época de lluvias. Hernández-Flores (2003) estudió la composición específica de quetognatos frente a Banco Chinchorro en dos meses y encontró diferencias de densidad y diversidad entre la porción externa del arrecife y la laguna arrecifal. Hernández *et al.* (2005) analizaron la composición, distribución y abundancia de los quetognatos en Bahía Ascensión, Quintana Roo, durante las tres épocas climáticas (lluvias, secas y nortes) sin encontrar diferencias significativas entre ellas. Álvarez-Cadena *et al.* (2008) analizaron la composición y variaciones de abundancia en un ciclo anual en el litoral norte de Quintana Roo, encontrando diferencias estacionales en la abundancia y diferencias de composición entre el ambiente

oceánico, lagunar y arrecifal. Recientemente, Tovar *et al.* (2009) examinaron los patrones de distribución de la comunidad de quetognatos en tres sistemas arrecifales de la costa oriental de la península de Yucatán en tres estaciones del año.

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza entre los 18°42' - 18°51' N y los 87°36' - 87°47' W, en la costa sur del estado de Quintana Roo (Figura 1), dentro del Mar Caribe mexicano. Una parte del área se ubica en el sistema arrecifal de Majahual, el cual forma parte de una larga barrera arrecifal que se extiende desde la porción nororiental de la península de Yucatán (Isla Contoy en el norte) hasta las costas de Belice y Honduras. La costa mexicana del Mar Caribe posee una plataforma continental estrecha y un atolón oceánico en el extremo sur; su profundidad se incrementa rápidamente conforme se aleja de la costa, con valores de hasta 1000 m a sólo 20 km de la costa, llegando hasta los 3000 y 4000 m a 100 km de la orilla (Merino, 1986). El sustrato es arenoso y está cubierto por abundantes lechos de pastos marinos, principalmente de *Thalassia testudinum* y macroalgas calcáreas (Jordan, 1993; Castellanos-Osorio y Suárez-Morales, 1997).

La costa de Quintana Roo es una zona cálida subhúmeda (Merino y Otero, 1991), en la que se registran tres épocas climáticas anuales, la época de “nortes”, la seca y la lluviosa. La época seca (marzo a junio) muestra un régimen de vientos dominantes este-sureste, con bajos niveles de precipitación; durante la estación de lluvias (julio-octubre) los mismos vientos son aún dominantes y aumenta la precipitación; la época de nortes (noviembre-febrero) se caracteriza por fuertes vientos con dirección hacia el sur, lo que ocasiona lluvias moderadas y tormentas ocasionales (Merino, 1992).

Las condiciones oceanográficas del litoral de Quintana Roo están dadas principalmente por la corriente de Yucatán que corre de sur a norte; es paralela al litoral y ejerce su influencia en la zona oceánica; su máxima y mínima intensidad ocurren respectivamente durante primavera e invierno; el flujo de la corriente principal hacia el norte y la topografía de la costa generan pequeños giros de forma alargada que transportan el agua hacia la costa; una posible contracorriente costera que fluye de norte a sur, caracteriza a las porciones más internas de la costa y a la franja arrecifal (Merino, 1992). Estos patrones de circulación pueden tener modificaciones estacionales y locales por efecto de la fuerza de la corriente de Yucatán, el régimen de vientos, mareas y la fisiografía de la zona. Aparentemente, al incrementarse la fuerza de la corriente principal, también se incrementa la fuerza de los pequeños giros, por lo que, durante la época de nortes, el

régimen de vientos favorece la contracorriente (Merino, 1986; 1992; Suárez-Morales y Rivera, 1998).

La costa sur del Mar Caribe mexicano posee una hidrología poco variable; la temperatura superficial más alta se ha reportado en julio-agosto (32°C) y la más baja en diciembre-enero (27°C). La salinidad superficial promedio en la costa también varía anualmente alrededor de 36; la menor se presenta en febrero (32.3) y la mayor en junio (36) (Castellanos-Osorio y Suárez-Morales, 1997; Suárez-Morales y Rivera-Arriaga, 1998). Merino (1992) menciona que la masa de agua presente entre los 0 y 150 m aproximadamente corresponde al Agua Superficial del Caribe (ASC) con valores de 35.6 a 36.4 de salinidad y entre 25 y 29 °C de temperatura.

En la zona costera, a lo largo del arrecife Majahual – Xcalak, la plataforma continental es estrecha, el régimen de mareas es semidiurno y presenta bajo oleaje, se menciona que hay aportes de agua dulce debido a la presencia de ríos subterráneos, la profundidad media de esta zona es de 2.5 m y presenta una concentración de nutrientes entre media y baja, lo que limita la eutrofización (CONABIO, 2005).

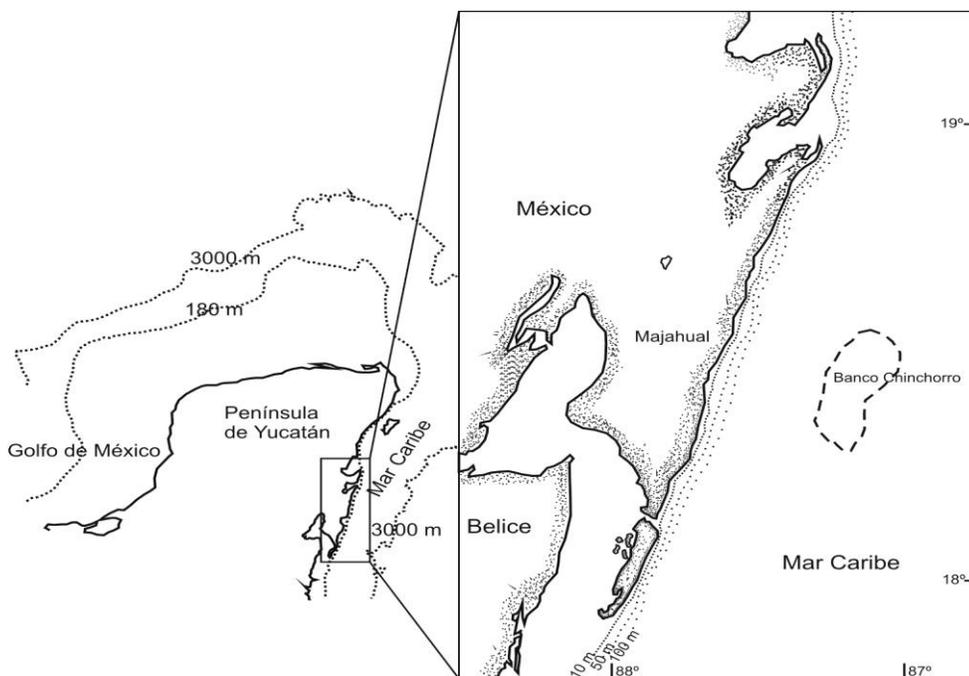


Figura 1. Ubicación del área de estudio, región costera frente a Majahual, sur del Caribe mexicano.

## MATERIALES Y MÉTODO

Los muestreos de zooplancton se efectuaron en la parte sur de la costa de Quintana Roo, frente a Majahual, durante los meses de noviembre del 2006 y abril del 2007 con el fin de representar dos épocas del año.

Se muestreó un total de 55 estaciones, 20 en noviembre y 35 en abril, todas ubicadas en transectos perpendiculares a la costa y debidamente georreferenciadas (Figura 2). Los parámetros ambientales fueron registrados en cada estación de muestreo, obteniéndose datos de la profundidad con una ecosonda, la salinidad y la temperatura mediante un salinómetro-conductímetro YSI 85, así como datos de oxígeno disuelto ( $\text{mg L}^{-1}$ ) y pH mediante un pHmetro/oxímetro PD 300 (precisión  $\text{pH}\pm 0.01$ ;  $\text{OD}\pm 1.5\%$ ). Adicionalmente, los cambios de temperatura se registraron cada 2 segundos, con un termistor (HOBO Water Temp Pro H20-001) colocado a 2 m de profundidad frente al muelle de Majahual, el día 19 de abril de 2007, de las 7:00 a las 15:00 hrs, estos datos se promediaron cada 10 minutos. En ambos meses se observó la dirección del viento, aunque, sólo se midió la velocidad en el mes de abril con un anemómetro. Por otra parte, se calculó el porcentaje de saturación de oxígeno mediante el uso de un nomograma.

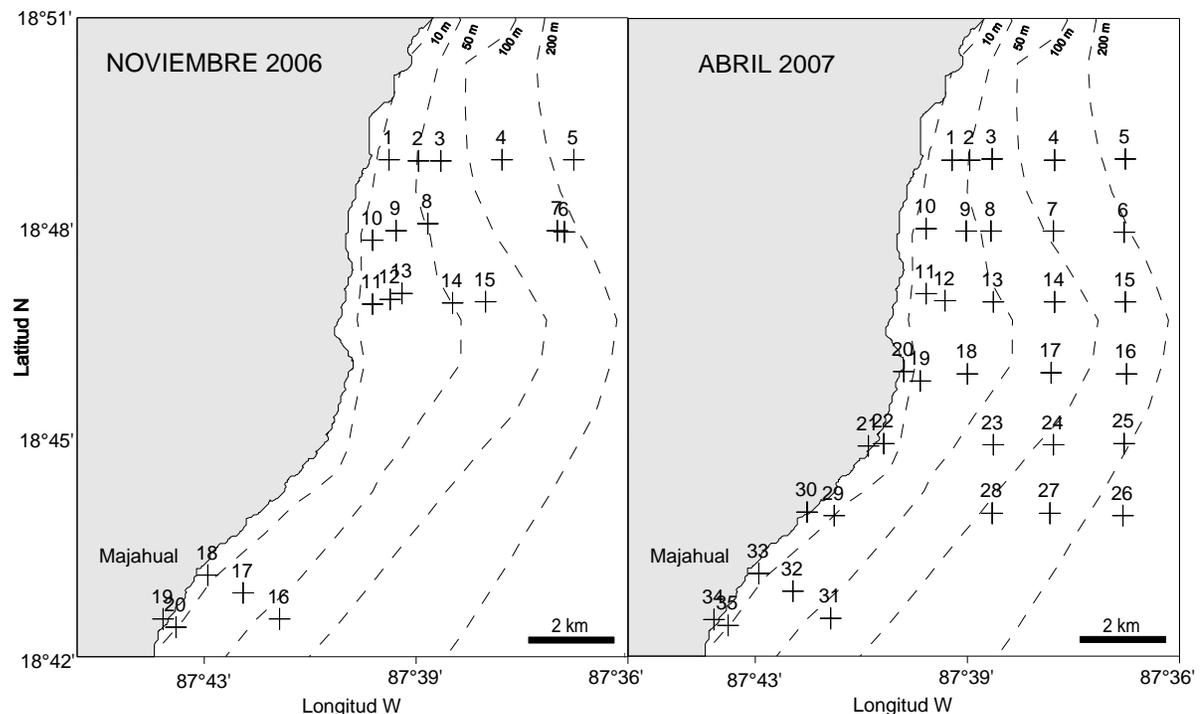


Figura 2. Estaciones de muestreo durante dos épocas del año en la región costera frente a Majahual, sur del Caribe mexicano.

Las recolectas de zooplancton se realizaron con dos redes cónicas de 505 y 333  $\mu\text{m}$  de apertura de malla y con diámetros de boca de malla de 50 cm. A cada red se le ajustó un flujómetro previamente calibrado. Los arrastres de plancton fueron superficiales describiendo trayectorias circulares durante 5 a 10 minutos en una lancha con motor fuera de borda a una velocidad aproximada de 3 nudos. Las muestras obtenidas se fijaron con una solución de formaldehído al 4 % neutralizado con borato de sodio.

En el laboratorio, los quetognatos se extrajeron de las muestras tomadas con la red de 505  $\mu\text{m}$  de apertura de malla; se identificaron al nivel taxonómico más bajo posible con ayuda de literatura especializada (Ritter-Záhony, 1911; Tokioka, 1955; Michel, 1984; McLelland, 1989; Casanova, 1999) y se contabilizaron por especie y estación, estandarizando estos valores a 100  $\text{m}^3$  de agua filtrada (individuos 100  $\text{m}^{-3}$ ). La gran mayoría de trabajos de investigación sobre quetognatos han mantenido el uso de la nomenclatura tradicional, la cual se conservará en este trabajo para fines comparativos.

La biomasa del zooplancton se determinó mediante el peso húmedo; para ello las muestras recolectadas con la malla de 333  $\mu\text{m}$ , se sometieron a un proceso de filtración con una malla de 200  $\mu\text{m}$  (de peso conocido), con el fin de eliminar la mayor cantidad de líquido intersticial de la muestra. El tiempo de filtrado fue de aproximadamente 30 minutos dependiendo del tamaño de la muestra. Posterior a la filtración, la muestra de zooplancton se pesó con una balanza analítica Ohaus Adventurer (precisión  $\pm 0.1$  g). Los datos obtenidos de biomasa también fueron estandarizados a 100  $\text{m}^3$  de agua filtrada ( $\text{g } 100 \text{ m}^{-3}$ ). Los valores de la biomasa del zooplancton representan la disponibilidad de alimento en el área estudiada.

Para el análisis comparativo de los datos y uso de estadística paramétrica se requiere que los datos cumplan los supuestos de normalidad y homocedasticidad, por lo que, si los datos no cumplían con dichos supuestos, se aplicó la transformación logaritmo natural ( $x+1$ ).

Para determinar la magnitud en que los principales factores ambientales (disponibilidad de alimentos *i.e.* biomasa zooplanctónica, salinidad, temperatura, pH, oxígeno disuelto) influyen en la distribución de los quetognatos en la zona de estudio, se aplicó un Análisis de Regresión por Árboles (ARA). Este análisis consiste en la construcción de dendrogramas a partir de predictores o variables independientes (parámetros ambientales), de modo que se maximice la asociación de alguna variable de predicción con la variable de respuesta o variable dependiente (abundancia de quetognatos). El método va dividiendo los datos de la

variable dependiente para dar lugar a una partición en dos grupos, avanzando así en pasos sucesivos a lo largo del árbol jerárquico hasta llegar a la clasificación final. El árbol o dendrograma formado es una expresión gráfica que facilita la interpretación de la asociación; en los árboles de clasificación un mismo predictor puede arrojar varias ramas para mejorar así su capacidad predictiva (Breiman *et al.*, 1984). El software utilizado para este análisis fue S-Plus 2000.

La formación de asociaciones de quetognatos se evaluó con el análisis de Escalamiento Multidimensional No métrico (EMD) a partir de una matriz de disimilitud basada en el índice de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957). Las matrices de entrada para este análisis, basadas en la ausencia-presencia de las especies, estuvieron conformadas por 10 especies y 20 localidades de muestreo en noviembre, y por 9 especies y 35 localidades en abril. El índice de disimilitud de Bray-Curtis consiste en:

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

donde:

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

$X_{ij}$  = número de organismos de la especie  $i$  en la muestra  $j$

$X_{ik}$  = número de organismos de la especie  $i$  en la muestra  $k$

$S$  = número de especies en las muestras  $j$  y  $k$

La matriz cuadrada y simétrica (aquí entre objetos o localidades de muestreo) resultado de la aplicación de este índice, fue sometida al EMD que permitió la visualización de los sitios de muestreo en un “mapa espacial”. Esta técnica busca transformar la similitud entre objetos en distancias, las que a su vez se representan gráficamente en un espacio multidimensional (mapa espacial) que muestra la posición relativa de todos los sitios de muestreo, de tal forma que las estaciones más cercanas sean las más semejantes y a la inversa (Hair *et al.*, 1999). El software utilizado para ambos análisis fue el PRIMER 5 (Clarke y Warwick, 2001).

La diversidad de los quetognatos en cada una de las estaciones de muestreo se estimó mediante la riqueza de especies ( $S$ ) y el índice de Shannon ( $H'$ ) definido por la siguiente ecuación:

$$H' = -\sum_{n_i=1}^S \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

donde:

$H'$  =índice de diversidad expresado en bits/individuo

$n_i$  = número de individuos de la especie  $i$

$N$  = número total de individuos

$S$  = número total de especies

Con la finalidad de conocer las principales relaciones entre variables ambientales (salinidad, temperatura, pH, oxígeno disuelto y biomasa zooplanctónica) y la abundancia de cada una de las especies de quetognatos, se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP) a las matrices generadas en cada uno de los meses de muestreo. Dado que las variables involucradas tienen unidades diferentes, el ACP se basó en una matriz de correlación. El ACP es una técnica que busca transformar un conjunto de variables no correlacionadas mediante una simplificación o reducción de las mismas. Para obtener estas relaciones se construye una matriz de correlación, de la cual se extraen los valores propios (que establecen la longitud de los ejes o componentes principales y son proporcionales a la varianza explicada por el eje) y sus correspondientes vectores propios, los cuales dan la posición de dichos ejes (Legendre y Legendre, 1998). Los elementos de un vector propio representan también los ‘pesos’ o ‘cargas’ de los descriptores originales en la combinación lineal a partir de la cual se estiman los componentes principales. Esto proporciona las coordenadas (COO) de los objetos en el nuevo sistema de coordenadas dado por los componentes principales. La correlación (COR) entre los descriptores y los ejes está dada por el ángulo eje-descriptor, y la contribución (CTR) de cada descriptor es proporcional a su masa:

$$COR = \left( \frac{COO}{RHO} \right)^2 ; \quad CTR = m \left( \frac{COO}{\lambda} \right)^2$$

donde,

COO = coordenada de un elemento en el eje

RHO = distancia de un elemento al centro de gravedad de los ejes factoriales

m = masa del elemento

$\lambda$  = valor propio

## RESULTADOS

### Hidrografía

Los valores de salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y pH fueron semejantes entre los meses de muestreo (Tabla 1).

Tabla 1. Valores promedio e intervalos de salinidad, temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg L<sup>-1</sup>), pH y biomasa zooplanctónica (g 100 m<sup>-3</sup>) obtenidos en los dos meses de muestreo.

Parámetro	NOVIEMBRE 2006		ABRIL 2007	
	Promedio	intervalo	promedio	intervalo
Salinidad	35.97	(35.8 - 36.1)	36.57	(36.3 - 36.8)
Temperatura	28.13	(27.0 - 29.0)	27.71	(26.7 - 29.1)
Oxígeno	7.79	(7.26 - 9.13)	7.62	(6.72 - 10.19)
pH	8.23	(8.09 - 8.28)	8.35	(8.30 - 8.44)
Biomasa zooplanctónica	2.71	(1.02 - 5.98)	2.03	(0.17 - 7.27)

#### *Salinidad*

La salinidad superficial en la zona de estudio presentó valores homogéneos en los dos meses (Figura 3). Durante el mes de noviembre, el promedio de salinidad fue de 35.97; en tanto que en abril el promedio de salinidad (36.57) y su intervalo de variación fue ligeramente mayor (Tabla 1). En el mes de noviembre, la mayor salinidad se localizó en la parte norte, mientras que en abril se ubicó en una porción centro-costera de la zona de estudio, aunque, como se mencionó, este parámetro fue muy homogéneo.

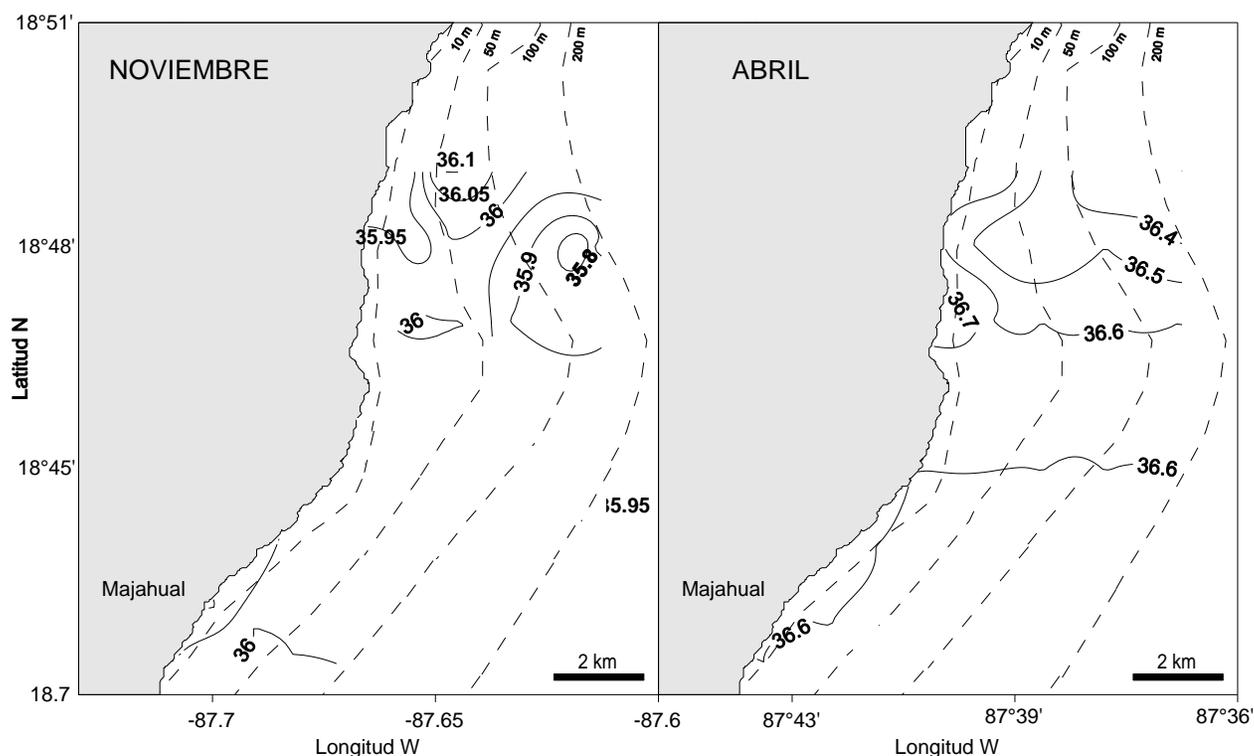


Figura 3. Salinidad superficial observada durante los meses de muestreo (noviembre 2006 y abril 2007) en la región costera frente a Majahual.

### *Temperatura*

En general, la temperatura fue alta en ambos meses (Figura 4). En noviembre el promedio fue de 28.13°C (Tabla 1); el sitio con mayor temperatura se localizó al noreste del área de estudio. En el mes de abril, la temperatura promedio fue de 27.71°C dentro de un intervalo ligeramente mayor (26.7 a 29.1°C); las mayores temperaturas se registraron cerca de la costa, tanto en el extremo norte como en el extremo sur. El termistor registró una variación diaria de 7.45°C aproximadamente, con el menor valor (25.94°C) a las 8:00 hrs, y el mayor (33.39°C) a las 14:20 hrs (Figura 5). Esto indica que las variaciones espaciales arriba descritas pueden deberse más a fluctuaciones diarias que a los propios cambios espaciales.

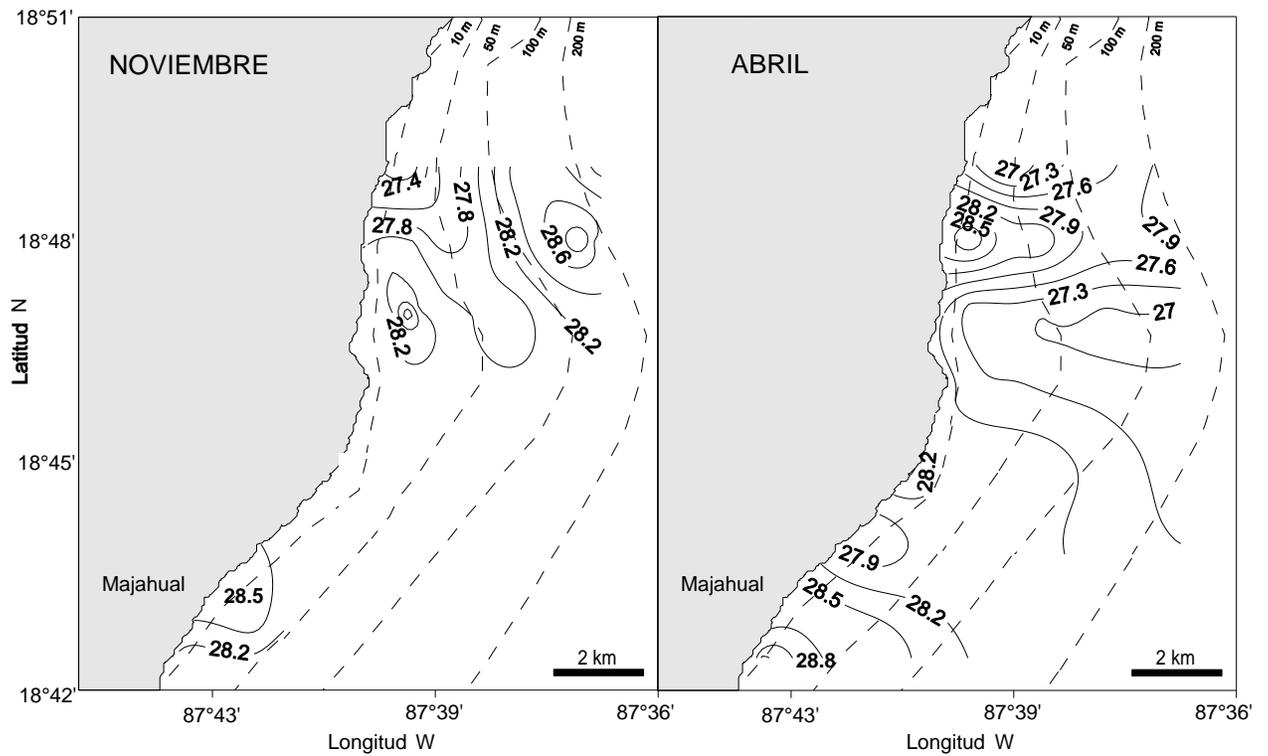


Figura 4. Temperatura superficial (°C) en la región costera frente a Majahual.

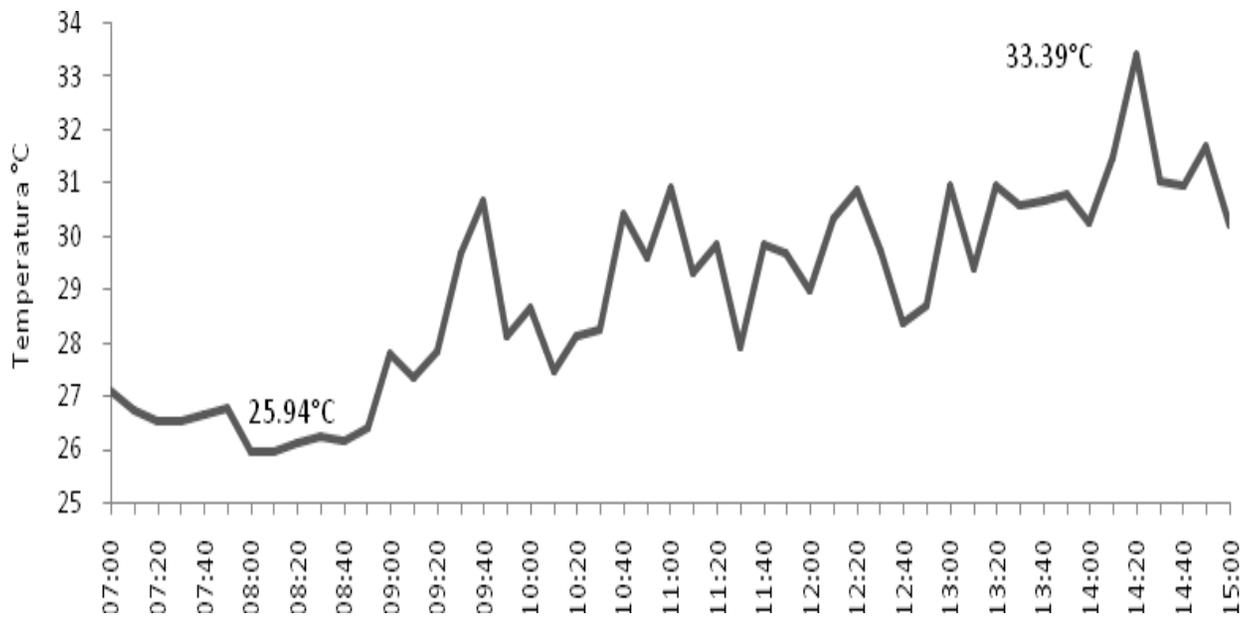


Figura 5. Temperatura promediada cada 10 minutos, registrada el día 19 de abril del 2007 de las 7:00 hrs a las 15:00 hrs, a una profundidad aproximada de 2 m, tomada con un termistor cada dos segundos, frente al muelle de Majahual.

### *Oxígeno disuelto*

El oxígeno disuelto en la zona de estudio fue relativamente homogéneo (Figura 6). En el mes de noviembre el promedio de oxígeno en la zona fue de  $7.79 \text{ mg L}^{-1}$ . En el mes de abril, el promedio de oxígeno fue  $7.62 \text{ mg L}^{-1}$  (Tabla 1). En ambos meses, la distribución de oxígeno muestra que al sur del área de estudio, se ubican las estaciones con mayor concentración de oxígeno, mientras que en la zona noroeste, cercana a la costa, se observan las más bajas concentraciones. El porcentaje de saturación de oxígeno se observó en noviembre superior al 90% en todas las estaciones sin ningún patrón de distribución definido, mientras que para abril, el porcentaje de saturación fue superior al 80 % en todas las estaciones, sin embargo los mayores porcentajes se presentaron en la zona suroeste del área de estudio; estos valores pueden ser atribuidos a que la medición de los parámetros ambientales se realizó en la capa superior donde la presencia de fuertes vientos y oleaje facilitan la mezcla de la columna de agua.

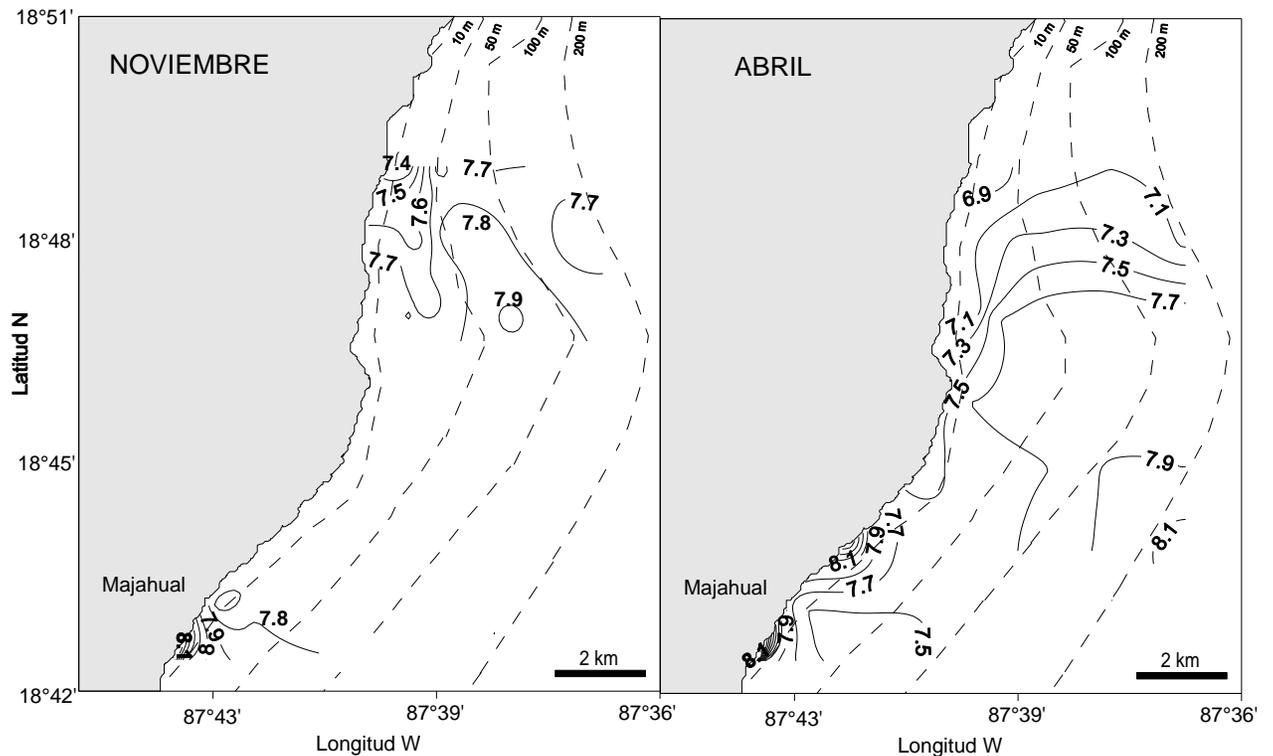


Figura 6. Oxígeno superficial ( $\text{mg L}^{-1}$ ) en la región costera frente a Majahual.

### Potencial de hidrógeno

Los valores de pH fueron muy homogéneos durante los dos meses de muestreo sin ningún patrón de distribución aparente (Figura 7). En noviembre se registró un promedio de 8.23 y en abril el promedio de pH fue de 8.35 (Tabla 1).

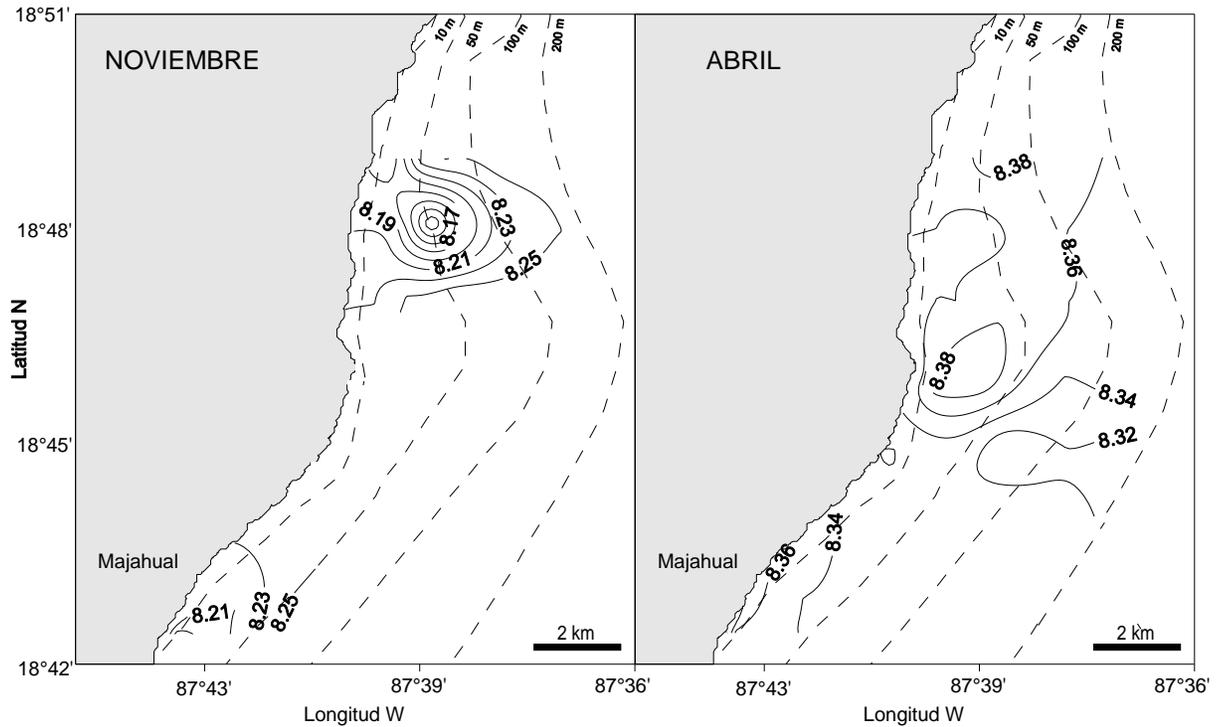


Figura 7. pH superficial en la región costera frente a Majahual.

### Patrón de vientos

En noviembre, el patrón imperante de vientos fue de la tierra hacia el mar. No se contó con un anemómetro para estimar con certeza la velocidad del viento; sin embargo, el día del muestreo los vientos fueron muy fuertes, más que en abril. Durante el muestreo de abril, los vientos fueron sur-sureste con velocidades entre 3 y 5 m s<sup>-1</sup>.

### **Biomasa zooplanctónica**

Se realizó la medición de la biomasa zooplanctónica en peso húmedo. Los valores de biomasa fueron similares en ambas épocas. Durante el mes de noviembre, éstos fluctuaron entre 1.02 y 5.98 g 100 m<sup>-3</sup> ( $\bar{X} = 2.71$ ), mientras que en el mes de abril, entre 0.17 y 7.27 g 100 m<sup>-3</sup> ( $\bar{X} = 2.03$ ). En un análisis comparativo entre los meses de muestreo se observó que no hubo diferencias significativas entre ambos promedios (prueba-*t*,  $p = 0.14$ ).

La distribución espacial de la biomasa no presentó un patrón definido durante el mes de noviembre, pero en el mes de abril, la mayor biomasa se registró en la zona costera y parte norte de la zona estudiada (Figura 8).

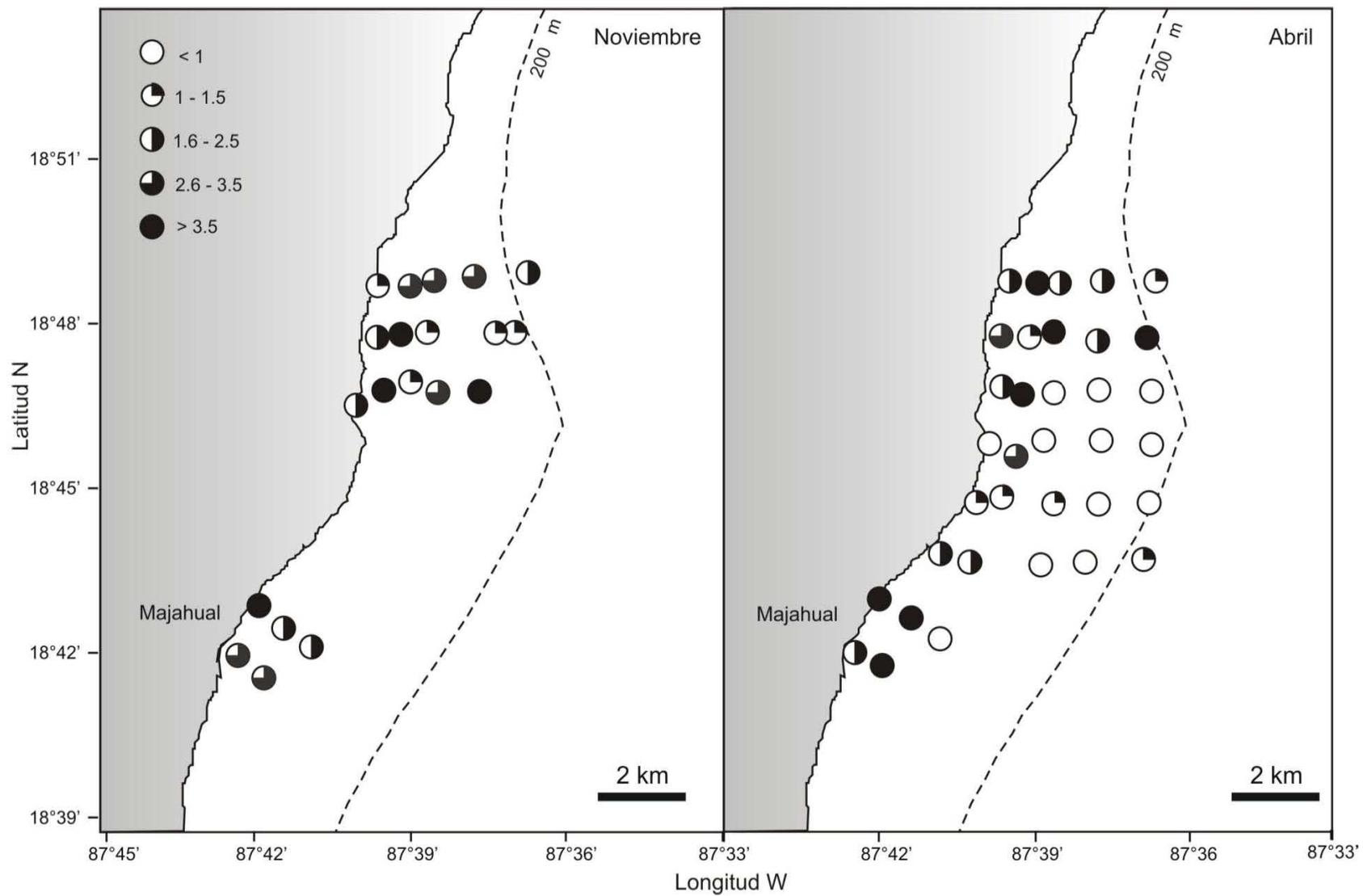


Figura 8. Biomasa zooplanctónica ( $g\ 100m^{-3}$ ) en la región costera frente a Majahual.

### **Abundancia de quetognatos y factores que influyen en su distribución**

Se extrajo la totalidad de quetognatos de las 55 muestras recolectadas con la malla de 505  $\mu\text{m}$ , que suman 9251 especímenes en ambas épocas.

La densidad de quetognatos fue mayor en noviembre. En este mes, ésta fluctuó entre 25.57 y 2606.77 ind  $100\text{ m}^{-3}$  ( $\bar{x} = 374.68$ ), mientras que en el mes de abril, los valores de densidad fluctuaron entre 1.88 y 405.03 ind  $100\text{ m}^{-3}$  ( $\bar{x} = 60.14$ ). Al comparar la densidad, con los datos transformados en logaritmo natural ( $x+1$ ) de ambas épocas, se observó que sí hubo diferencias significativas entre ellas (prueba-*t*,  $p < 0.05$ ).

La distribución espacial de quetognatos durante el mes de noviembre fue muy homogénea; en abril, las mayores densidades se observaron cerca de la costa (Figura 9), semejante a lo observado en la biomasa zooplanctónica.

Para analizar la influencia de los parámetros ambientales sobre la distribución y abundancia de quetognatos se aplicó un análisis de regresión por árboles. En este análisis se utilizó como variable de respuesta la abundancia de quetognatos y como variables de predicción la temperatura, la salinidad, el pH, el oxígeno disuelto y la biomasa zooplanctónica.

En el mes de noviembre, el análisis señaló a la biomasa del zooplancton (*i.e.* disponibilidad de alimento) como el factor más importante que influye en la distribución de los quetognatos (Figura 10). Se relacionaron los mayores valores de biomasa zooplanctónica ( $> 3.23$  ind  $100\text{ m}^{-3}$ ) con las mayores densidades de quetognatos ( $\bar{x} = 620.8$  ind  $100\text{ m}^{-3}$ ). Este grupo se distribuyó en la porción costera de la zona de estudio.

En el mes de abril, el análisis determinó al oxígeno como el factor principal que afecta de forma inversa la distribución de quetognatos (Figura 11). Se encontró que las estaciones con menores densidades de quetognatos ( $\bar{x} = 22.42$  ind  $100\text{ m}^{-3}$ ) se relacionaron con mayores concentraciones de oxígeno ( $\geq 7.68$  mg  $\text{L}^{-1}$ ) y a su vez, las abundancias mayores de quetognatos ( $\bar{x} = 95.76$  ind  $100\text{ m}^{-3}$ ) se relacionaron con las menores concentraciones de oxígeno ( $< 7.68$  mg  $\text{L}^{-1}$ ). El grupo de estaciones con menor cantidad promedio de quetognatos (*i.e.* mayor concentración de oxígeno) se distribuyó en la porción centro-sur del área muestreada y se conformó por 17 estaciones (15 agrupadas y 2 aisladas en el extremo sur), la localización de estas estaciones a su vez coincide con la de baja biomasa de zooplancton.

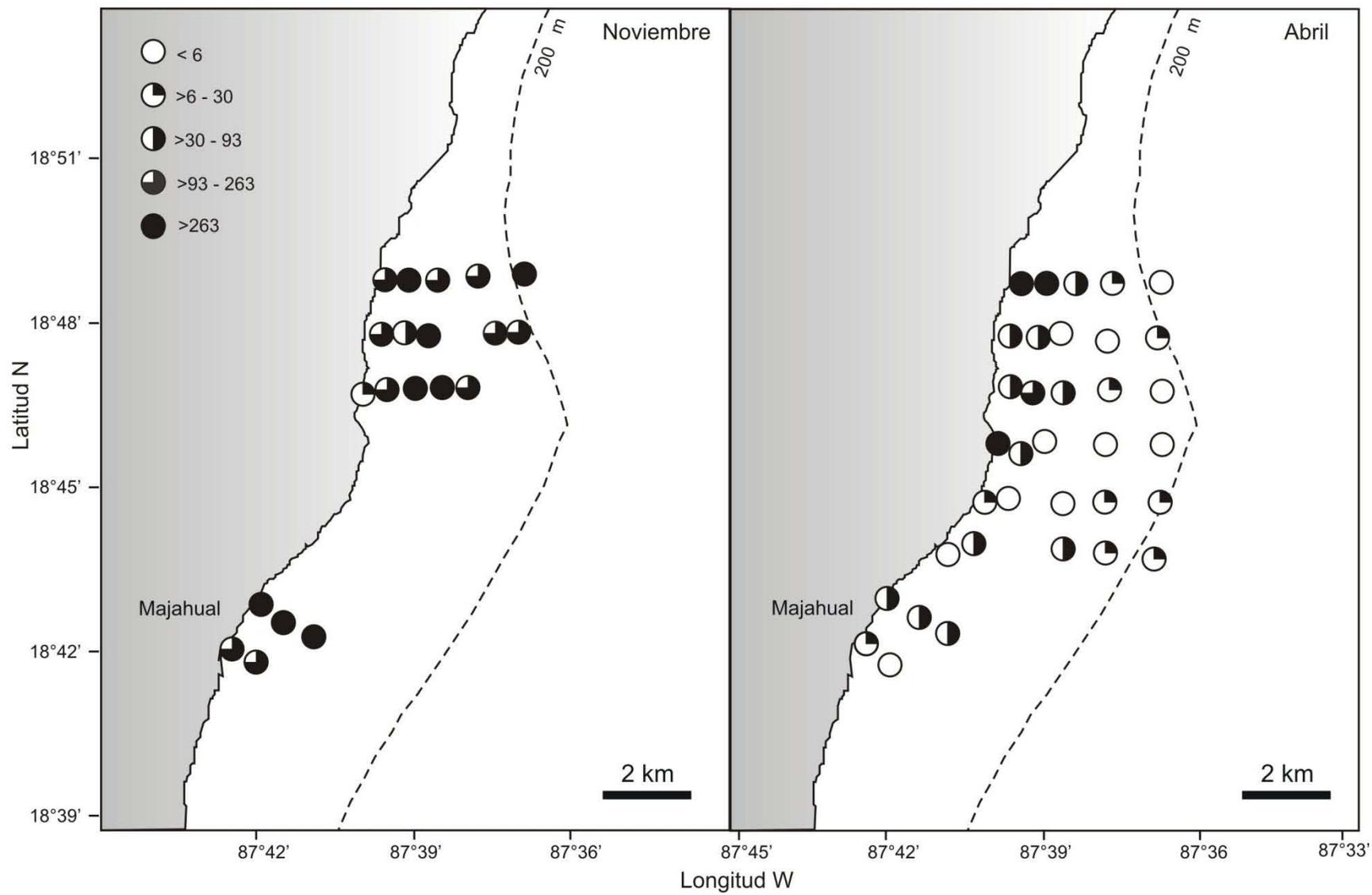


Figura 9. Distribución y abundancia de quetognatos (ind 100 m<sup>-3</sup>).

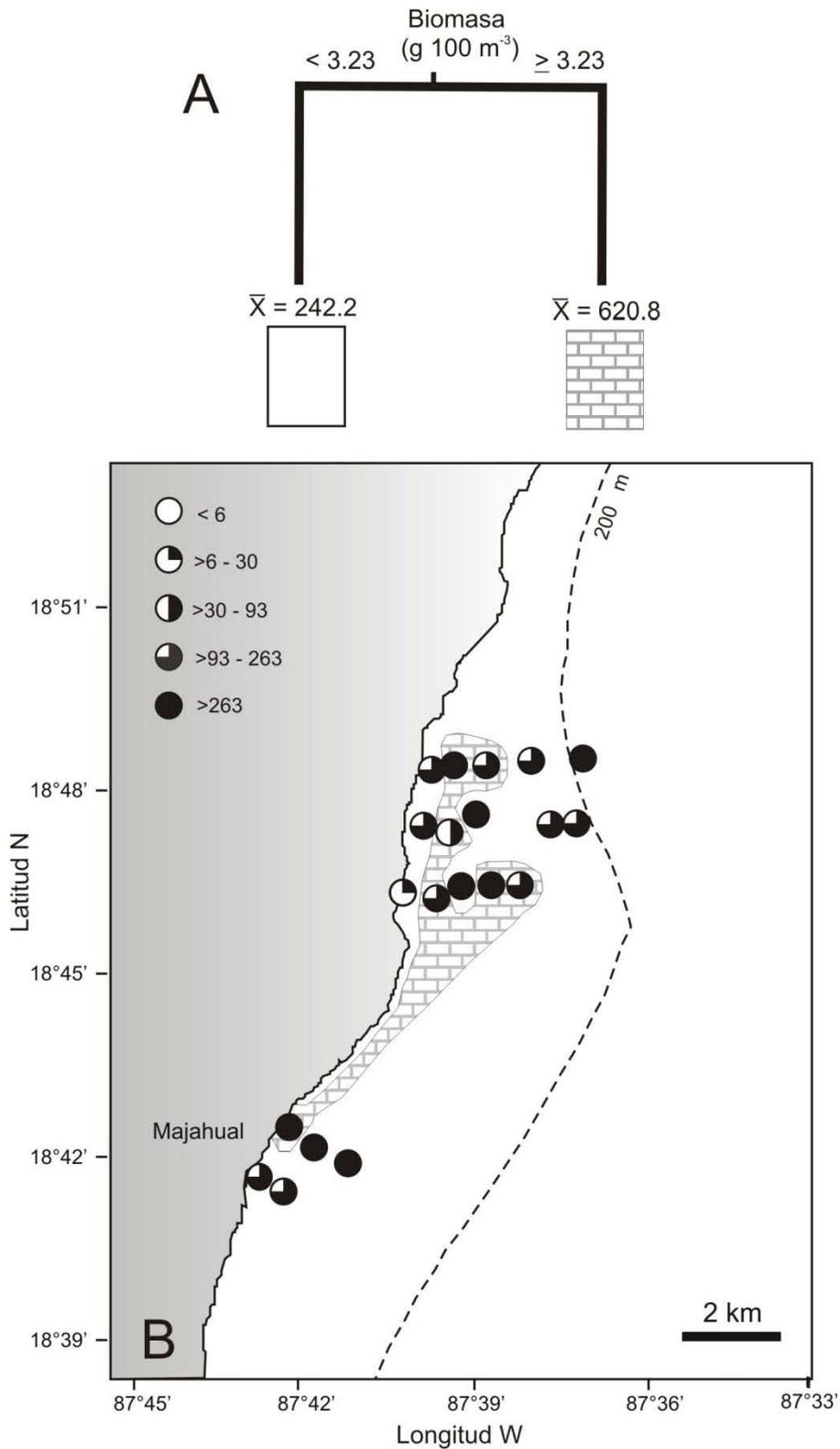


Figura 10. A) Análisis de regresión por árboles aplicado a la abundancia total de quetognatos (ind 100 m<sup>-3</sup>) del mes de noviembre (2006), como variable de respuesta y temperatura, salinidad, oxígeno, pH y biomasa zooplanctónica como variables de predicción. Los valores en el extremo de la rama representan la abundancia promedio de quetognatos. B) Localización de los grupos.

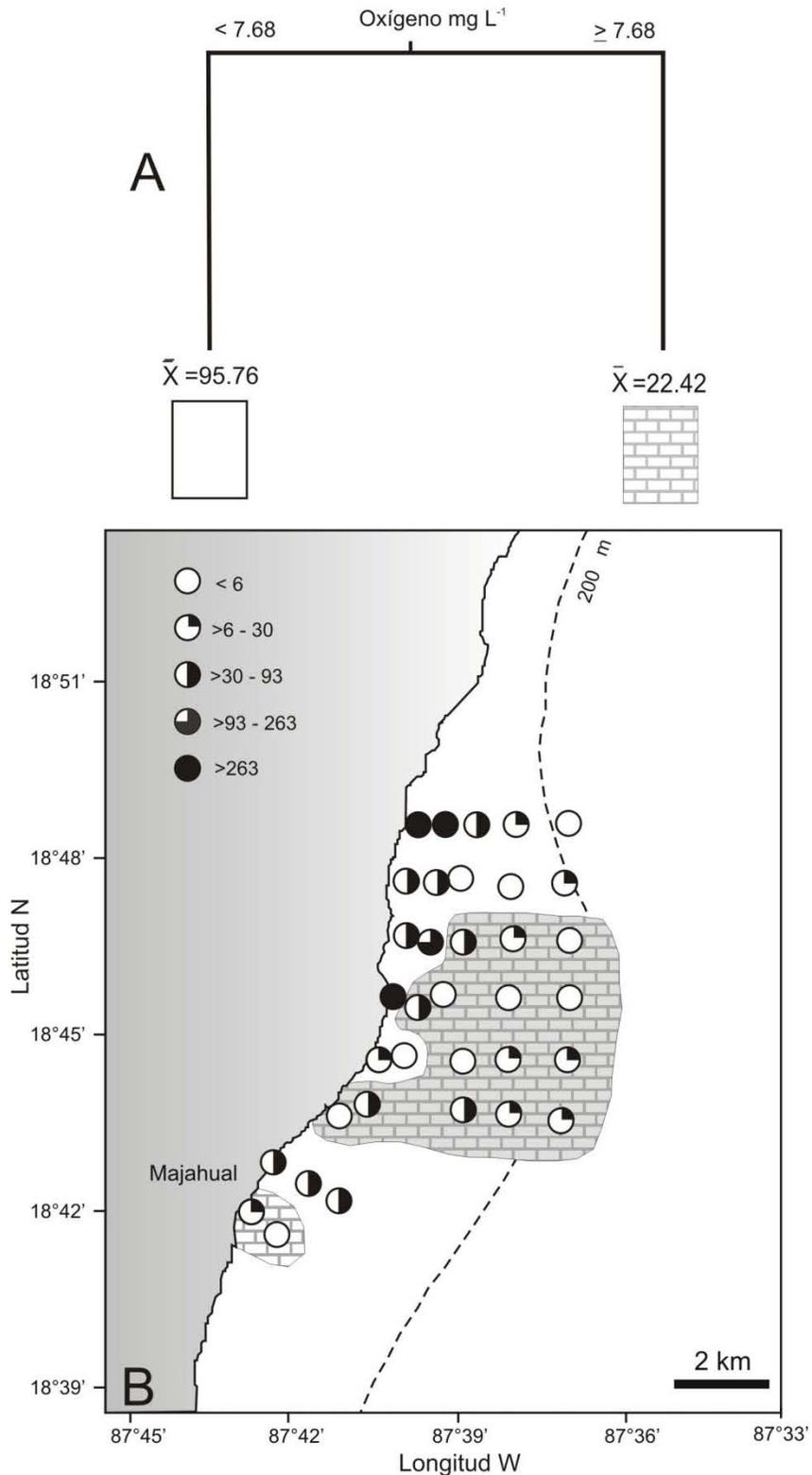


Figura 11. A) Análisis de regresión por árboles aplicado a la abundancia total de quetognatos (ind 100 m<sup>-3</sup>) del mes de abril (2007), como variable de respuesta y temperatura, salinidad, oxígeno, pH y biomasa zooplanctónica como variables de predicción. Los valores en el extremo de la rama representan la abundancia promedio de quetognatos. B) Localización de los grupos.

## Composición específica

Se recolectaron e identificaron un total de 9251 individuos representados en tres familias, tres géneros y diez especies (Tabla 2; Apéndice 1). Todas las especies encontradas en el presente estudio ya han sido anteriormente registradas en el Caribe mexicano y Golfo de México (Tabla 8).

Tabla 2. Lista de especies registradas en los meses de noviembre 2006 y abril 2007 en la región costera frente a Majahual. Clasificación taxonómica basada en Casanova (1999).

- Phylum: Chaetognatha (Leuckart, 1894)
  - Clase: Sagittoidea Claus & Grobben, 1905
    - Subclase: Chorismogonata Casanova, 1985
      - Orden: Apherogastera Tokioka, 1965
        - Familia: Sagittidae Claus & Grobben, 1905
          - Género: *Sagitta* Quoy & Gaimard, 1827
            - Sagitta enflata* Grassi, 1881
            - Sagitta serratodentata* Krohn, 1853
            - Sagitta hispida* Conant, 1895
            - Sagitta decipiens* Fowler, 1905
            - Sagitta bipunctata* Quoy and Gaimard, 1827
            - Sagitta friderici* Ritter-Záhony, 1911
            - Sagitta helenae* Ritter-Záhony, 1910
          - Familia: Pterosagittidae Tokioka, 1965
            - Género: *Pterosagitta* Costa, 1869
              - Pterosagitta draco* (Krohn, 1853)
          - Familia: Krohnittidae Tokioka, 1965
            - Género: *Krohnitta* Ritter-Záhony, 1910
              - Krohnitta pacifica* (Aida, 1897)
              - Krohnitta subtilis* (Grassi, 1881)

La especie más abundante en la zona de estudio fue *Sagitta enflata*, la cual representó el 74.40 % de la abundancia total. *Krohnitta subtilis*, *Sagitta hispida*, *S. serratodentata* y *S. friderici* obtuvieron entre el 4 y 8 % de la abundancia total; las restantes cinco especies registraron menos del 1 % (Tabla 3), los organismos que no lograron ser identificados por su elevado deterioro se les contabilizó como indeterminados.

Tabla 3. Especies de quetognatos registradas en los meses de noviembre 2006 y abril 2007 en la región costera frente a Majahual. M= valor máximo;  $\bar{X}$  = abundancia promedio (ind 100 m<sup>-3</sup>); Mn = valor mínimo; AR = abundancia relativa (%); F = frecuencia de aparición (%).

	Noviembre					Abril					Total		
	Mn	$\bar{X}$	M	AR	F	Mn	$\bar{X}$	M	AR	F	$\bar{X}$	AR	F
<i>Sagitta enflata</i>	13.77	287.44	2302.64	76.72	100	0.92	39.79	308.16	66.16	80.00	129.84	74.4	87.27
<i>Krohnitta subtilis</i>	1.36	27.75	60.47	7.41	100	0.63	4.55	44.28	7.57	62.86	12.99	7.44	76.36
<i>S.hispida</i>	1.36	25.16	100.86	6.71	95	0.92	3.44	23.07	5.72	68.57	11.34	6.50	78.18
<i>S.serratodentata</i>	1.05	5.01	14.11	1.34	85	0.51	9.02	60.91	15.00	88.57	7.56	4.33	87.27
<i>S.fridericici</i>	1.04	18.27	125.68	4.88	80	0.66	0.61	5.57	1.02	34.29	7.03	4.03	50.91
<i>S.helenae</i>	1.03	2.82	37.24	0.75	35	1.25	0.33	3.12	0.55	17.14	1.23	0.71	23.64
<i>K. pacifica</i>	1.33	2.35	14.11	0.62	50	0.62	0.17	2.49	0.29	14.29	0.96	0.55	27.27
<i>S.decipiens</i>	0.76	0.87	10	0.23	30	0.62	0.17	2.31	0.28	14.29	0.42	0.24	20.00
<i>Pterosagitta draco</i>	1.11	0.84	4.11	0.22	40	0.62	0.16	1.38	0.26	17.14	0.41	0.23	25.45
<i>S.bipunctata</i>	0.56	0.23	1.55	0.06	25	-	-	-	-	-	0.08	0.05	9.09
Indeterminados				1.06					3.14		2.65	1.52	

*Sagitta enflata* fue la especie más abundante en ambos meses de muestreo (Tabla 3). En el mes de noviembre se presentó en todas las estaciones de muestreo sin presentar un patrón definido en su distribución. La mayor parte de los valores analizados (16 de 20) rebasaron los 89 ind 100 m<sup>-3</sup>. En el mes de abril su abundancia y frecuencia de aparición fueron menores y los valores mayores de densidad se observaron en áreas cercanas a la costa (Figura 12).

*Krohnitta subtilis* fue la segunda especie en abundancia total, pero apenas representó el 7.44 % (Tabla 3). En el mes de noviembre, la especie mostró una amplia distribución y tuvo sus valores menores en las estaciones más costeras, en tanto que en el mes de abril, es notable su ausencia en varias estaciones de la plataforma externa (Figura 13).

*Sagitta hispida* representó la tercera especie más abundante con 6.50 % (Tabla 3). Durante noviembre se encontró en todas las estaciones de muestreo (con valores entre 1.36 a 100.86 ind 100 m<sup>-3</sup>), aunque sin un patrón de distribución aparente. En abril la densidad promedio fue menor, con valores que fluctuaron de 0.92 a 23.07 ind 100 m<sup>-3</sup>. Esta especie estuvo ausente o en bajas densidades, en la parte central de la zona de estudio (Figura 14).

*Sagitta serratodentata* fue la cuarta especie en abundancia total de quetognatos (4.33 %). En el mes de noviembre, la densidad osciló entre 1.05 y 14.11 ind 100 m<sup>-3</sup>. En contraste, en abril, los valores fluctuaron entre 0.51 y 60.91 ind 100 m<sup>-3</sup>, con los menores valores ubicados en la plataforma externa y fue la única especie que en el mes de abril presentó valores de abundancia ligeramente mayores (Tabla 3, Figura 15).

*Sagitta friderici* con apenas 4.03 % de abundancia total, representó la quinta especie más abundante. El intervalo de fluctuación en densidad de esta especie fue mayor en noviembre (Tabla 3), en este mes, las densidades menores se registraron en la porción norte; en abril la especie estuvo ausente en más de la mitad de las estaciones (Figura 16).

*Sagitta helenae* fue poco frecuente y abundante en ambas épocas de muestreo (Tabla 3). Los pocos registros de aparición se encontraron básicamente en estaciones cercanas a la línea de costa (Figura 17).

*Krohnitta pacifica* fue una especie poco frecuente y abundante en los dos meses de muestreo (Tabla 3) con solo el 0.55 %; en noviembre y abril se le encontró en estaciones lejanas a la costa en la porción norte, en la porción sur se presentó cercana a la costa (Figura 18).

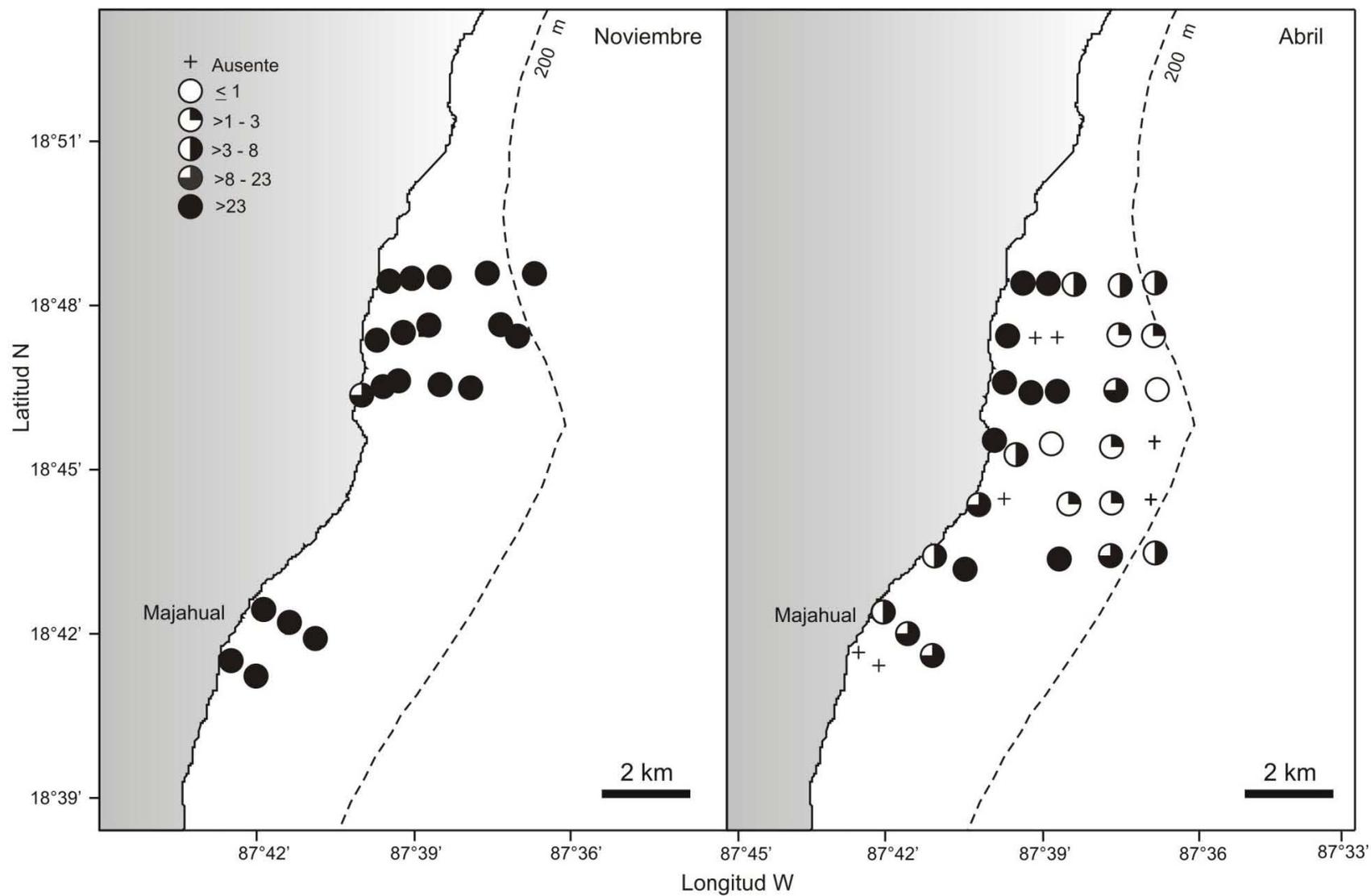


Figura 12. Distribución y abundancia (ind 100 m<sup>-3</sup>) de *Sagitta enflata* en la región costera frente a Majahual, al sur del Caribe mexicano.

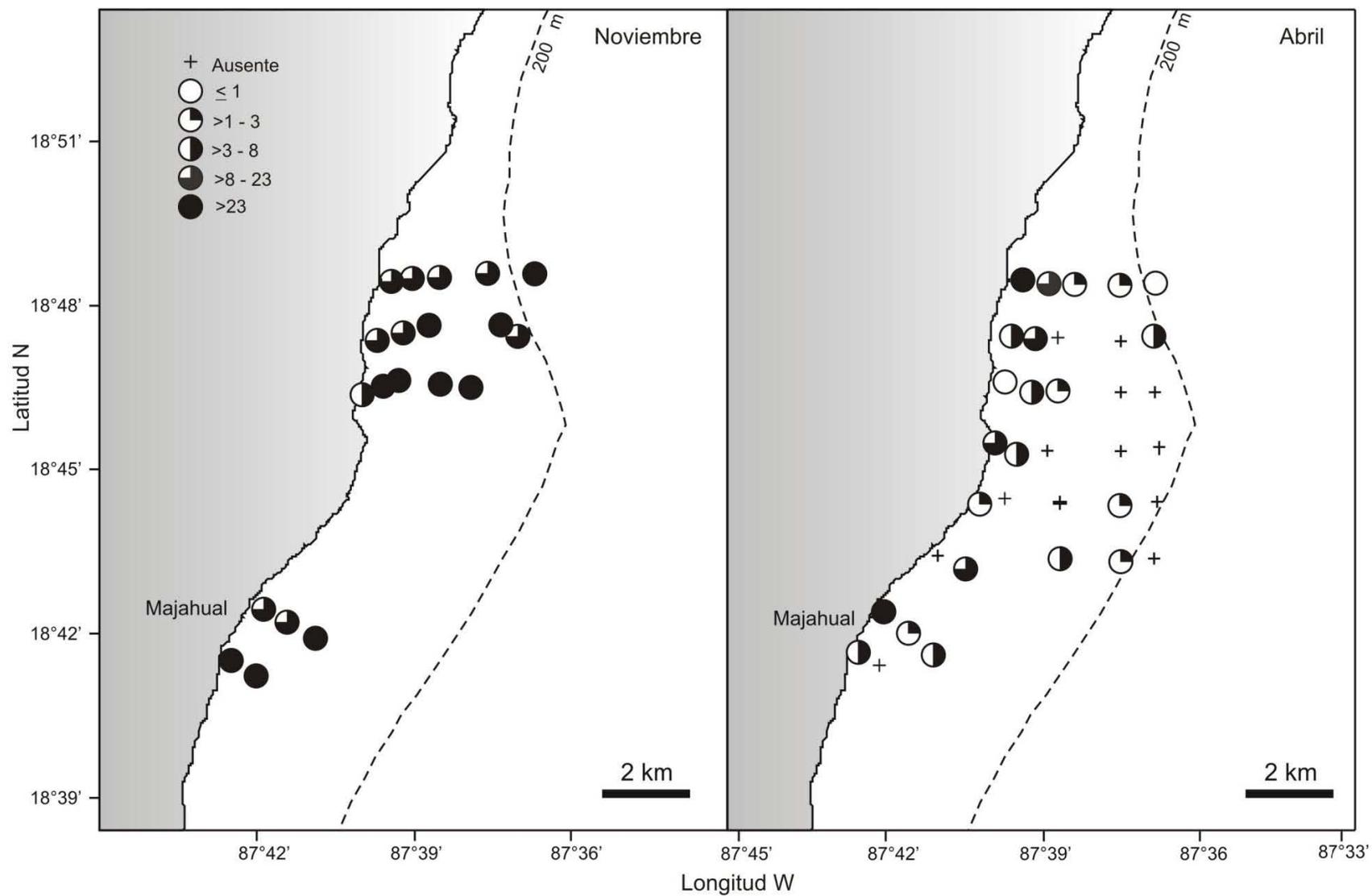


Figura 13. Distribución y abundancia (ind 100 m<sup>-3</sup>) de *Krohnitta subtilis*.

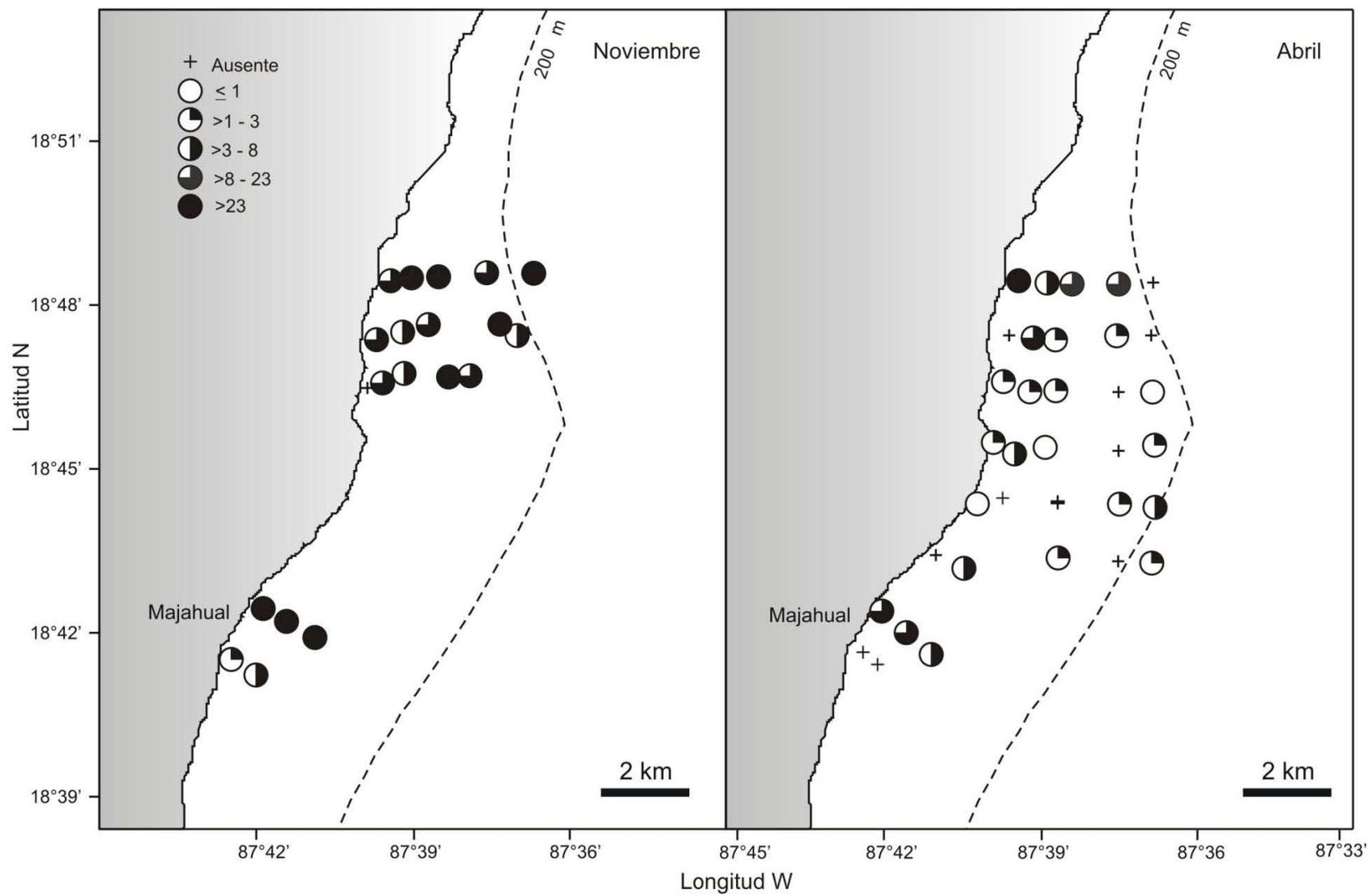


Figura 14. Distribución y abundancia (ind 100 m<sup>-3</sup>) de *Sagitta hispida*.

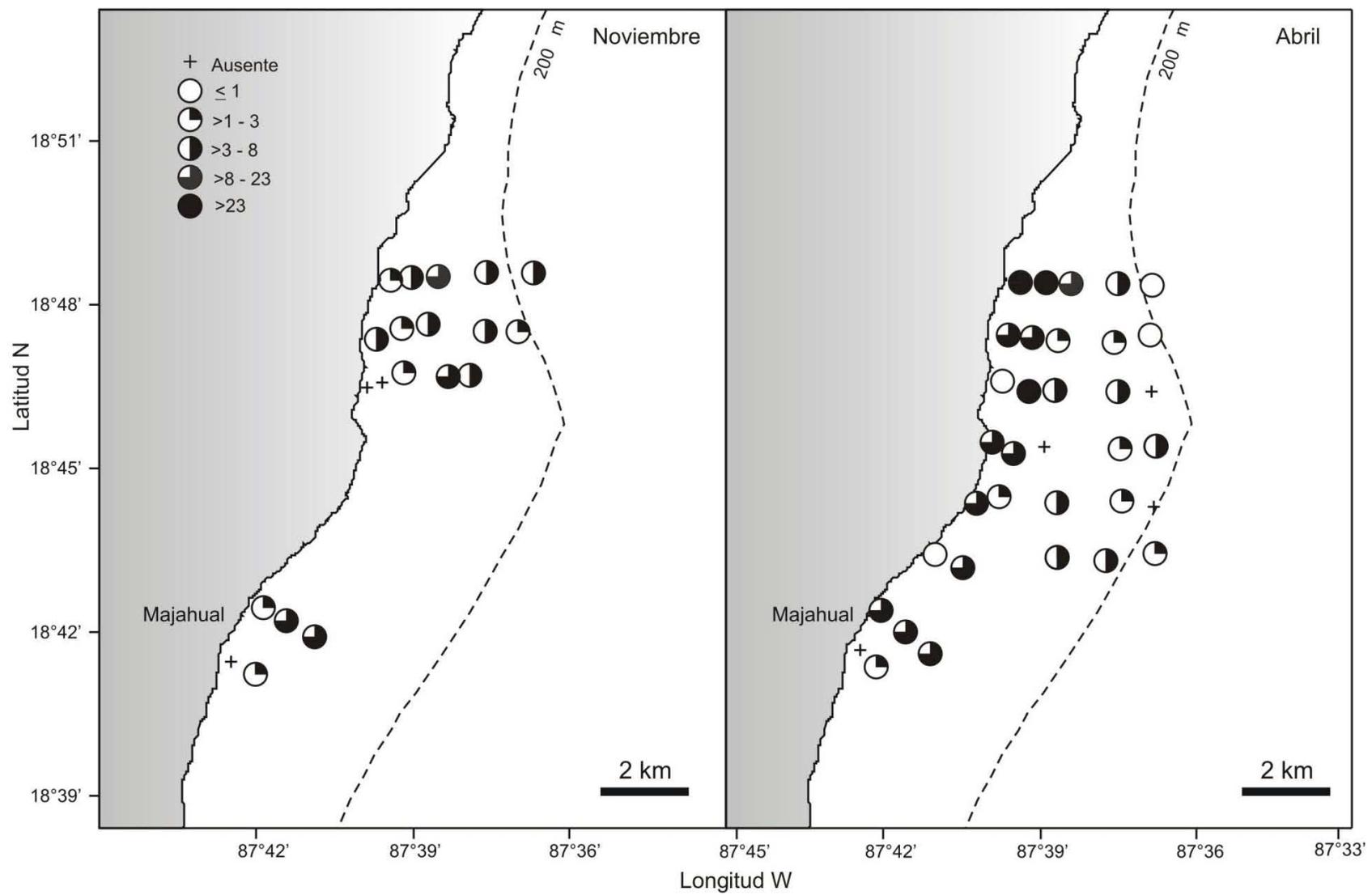


Figura 15. Distribución y abundancia (ind 100 m<sup>-3</sup>) de *Sagitta serratodentata*.

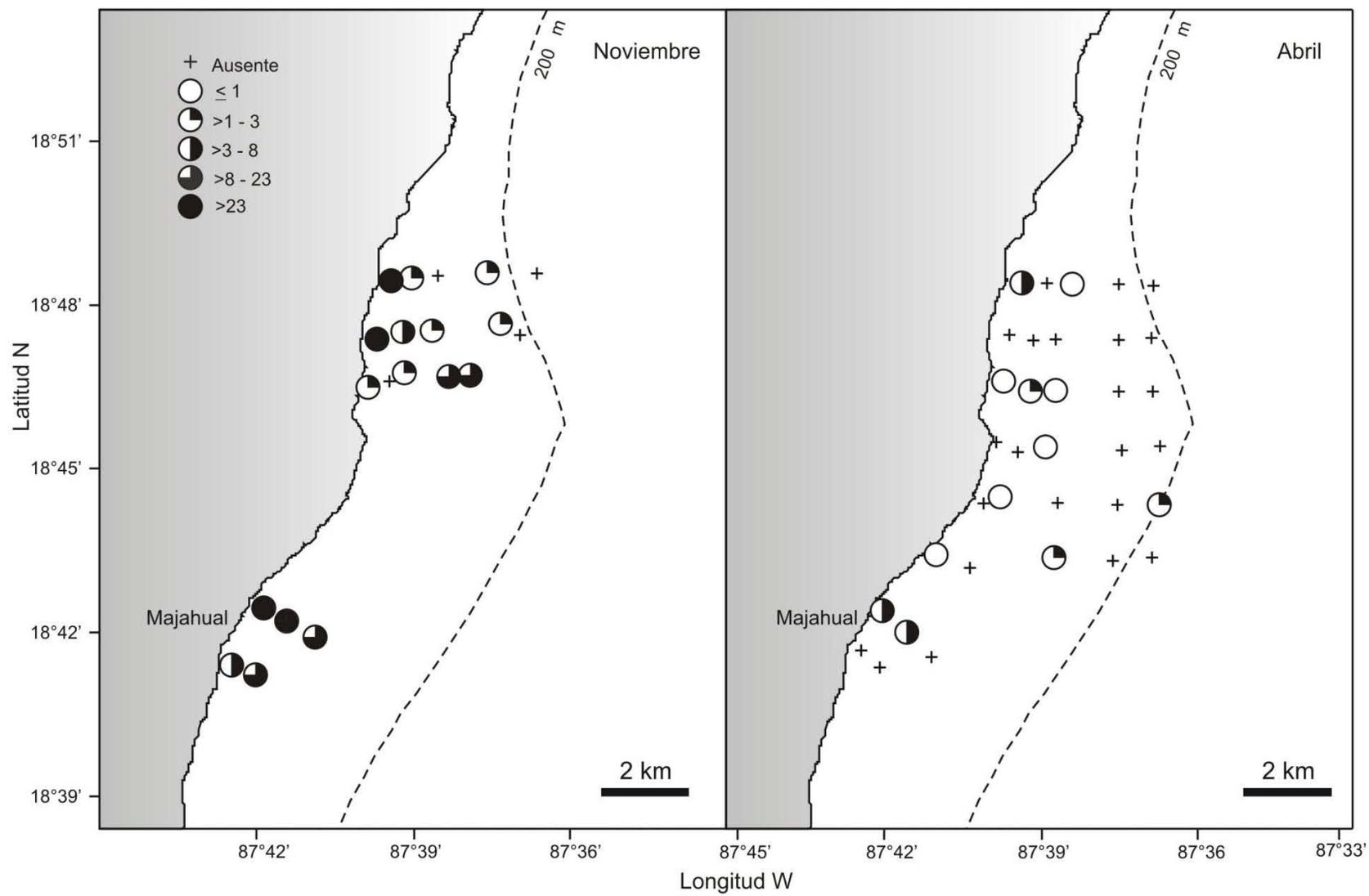


Figura 16. Distribución y abundancia (ind 100 m<sup>-3</sup>) de *Sagitta friderici*.

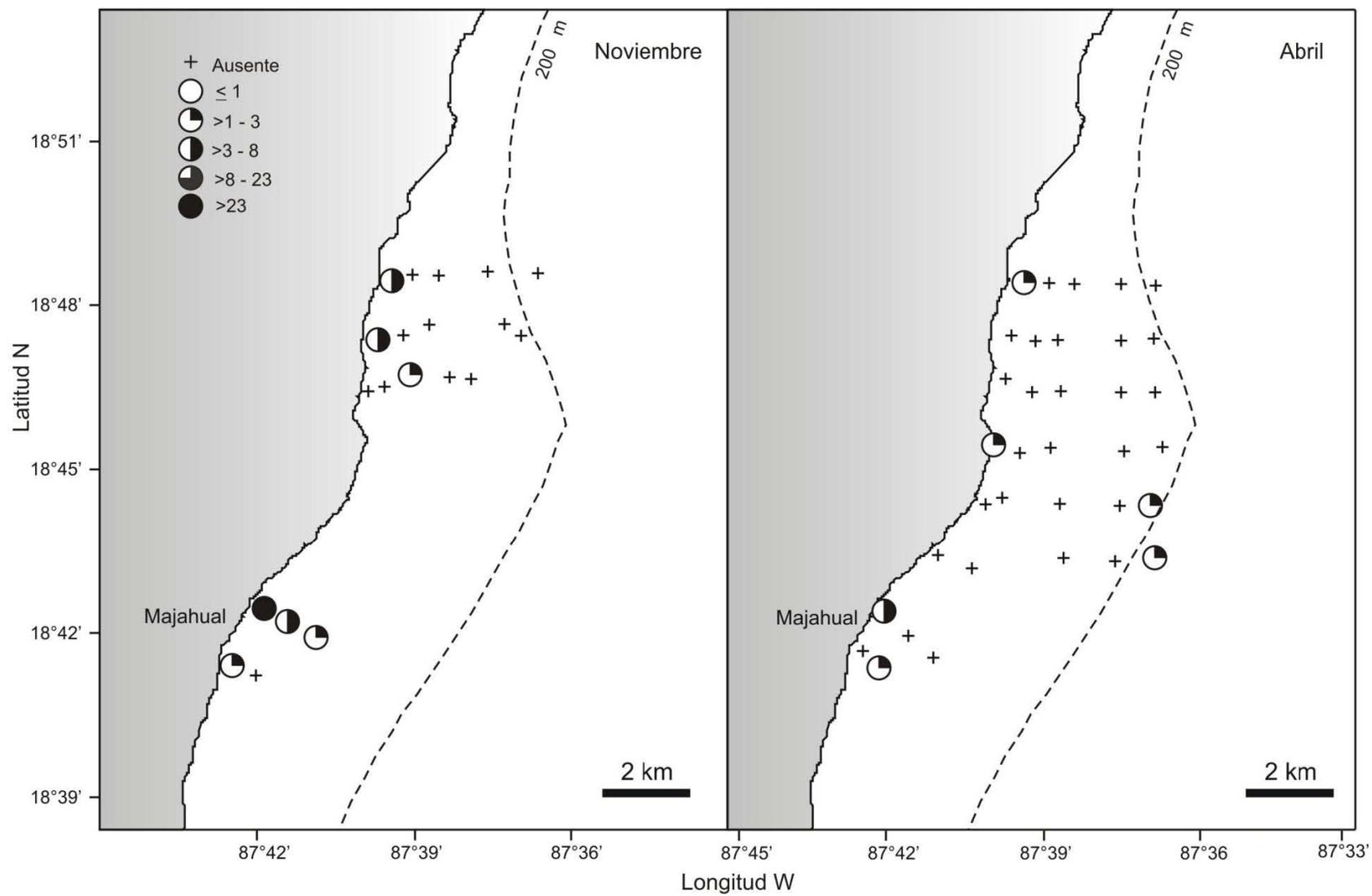


Figura 17. Distribución y abundancia (ind 100 m<sup>-3</sup>) de *Sagitta helena*.

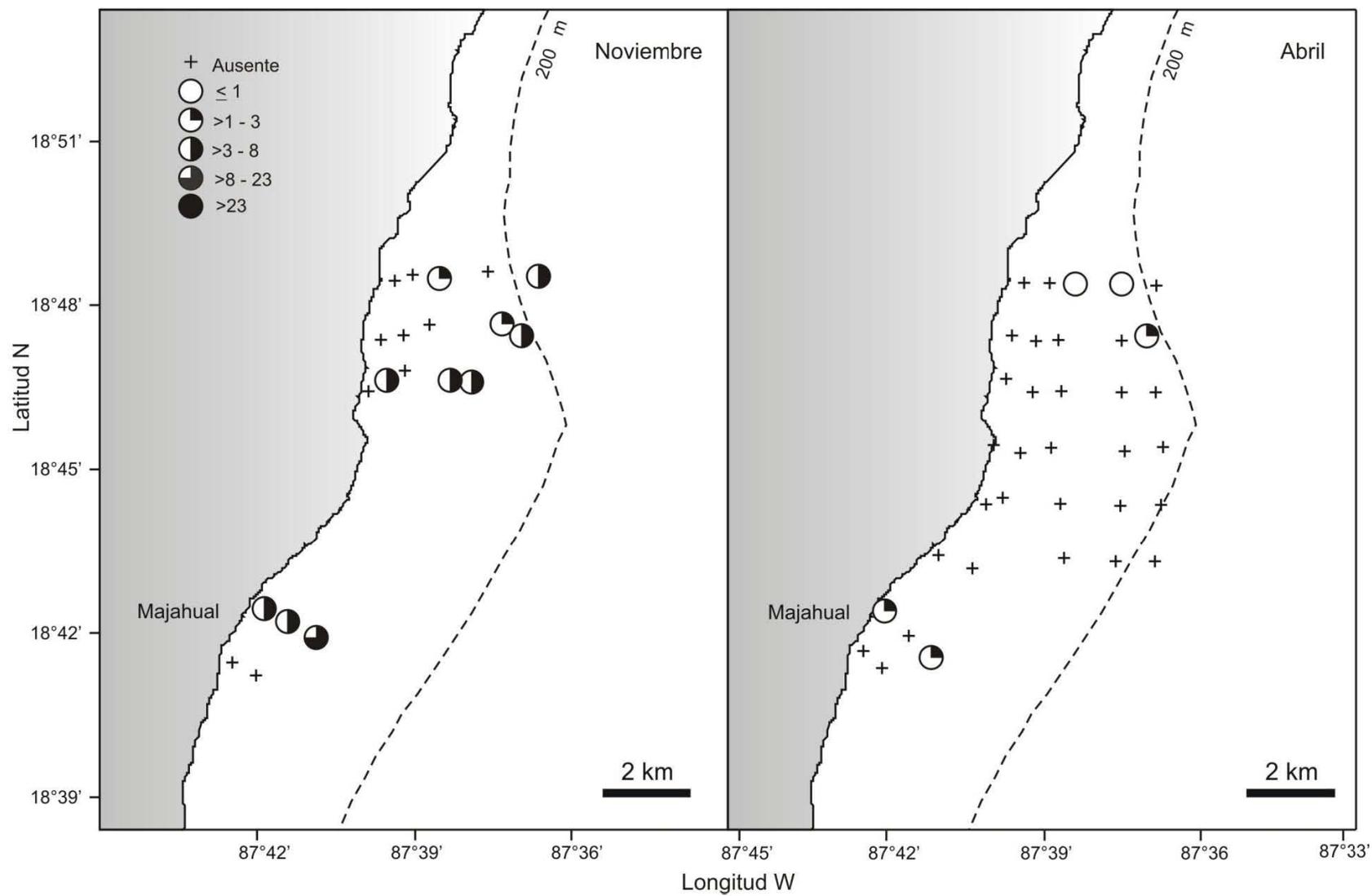


Figura 18. Distribución y abundancia (ind 100 m<sup>-3</sup>) de *Krohnitta pacifica*.

*Sagitta decipiens* representó apenas el 0.24 % de la abundancia total en ambas épocas (Tabla 3). En noviembre, sólo se le encontró en la porción norte de la zona de estudio, en tanto que en abril se encontró principalmente en estaciones costeras (Figura 19).

*Pterosagitta draco* tuvo el 0.23 % de la abundancia total y su distribución estuvo restringida a la porción costera en las dos épocas analizadas (Tabla 3, Figura 20).

*Sagitta bipunctata* fue la especie menos abundante (0.05 %) y sólo se registró durante el mes de noviembre; se presentó en cinco estaciones todas ellas cercanas a la costa a lo largo del área de estudio (Figura 21).

Los organismos indeterminados representaron el 1.52 % del total (Tabla 3).

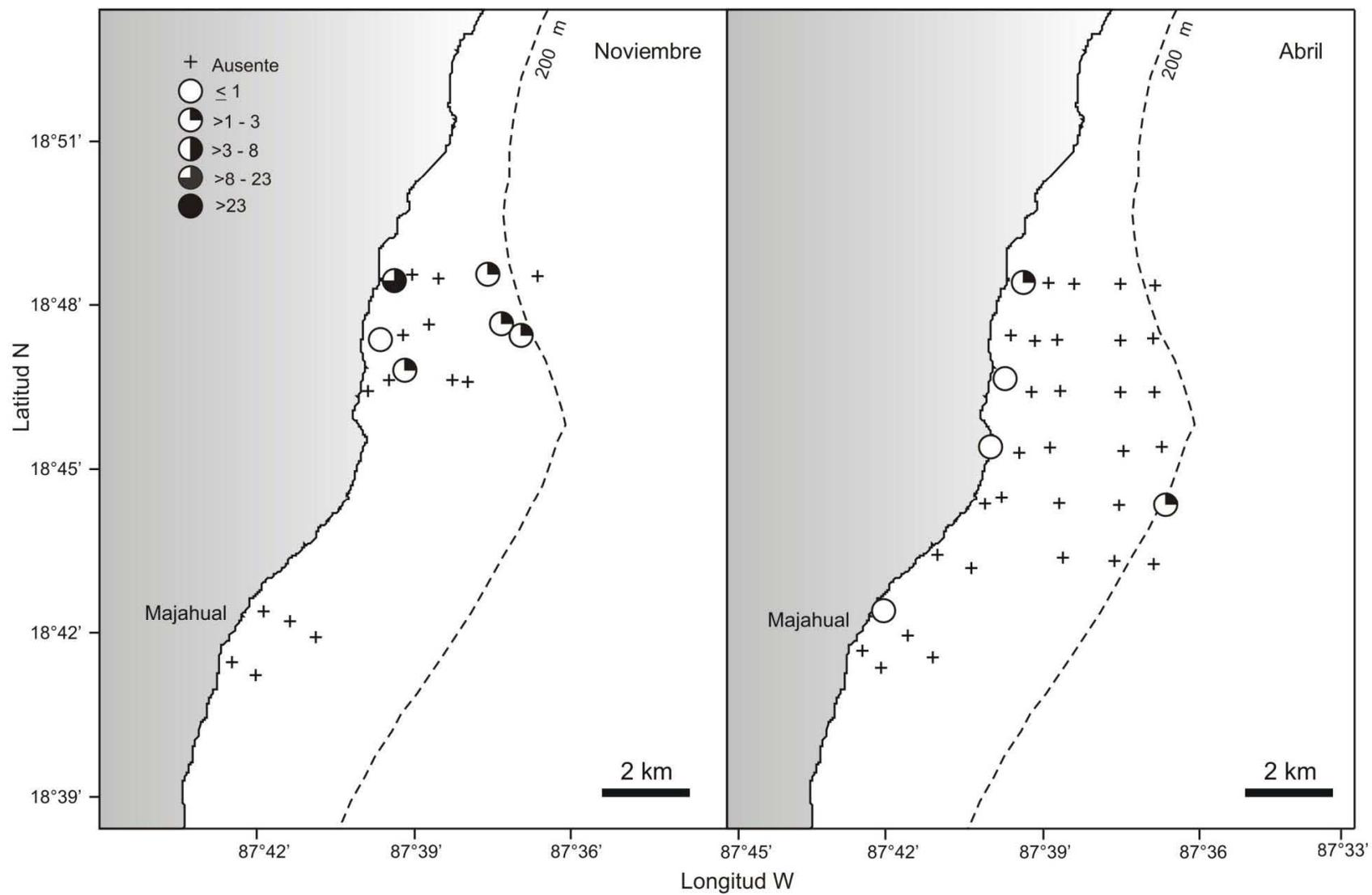


Figura 19. Distribución y abundancia (ind 100 m<sup>-3</sup>) de *Sagitta decipiens*.

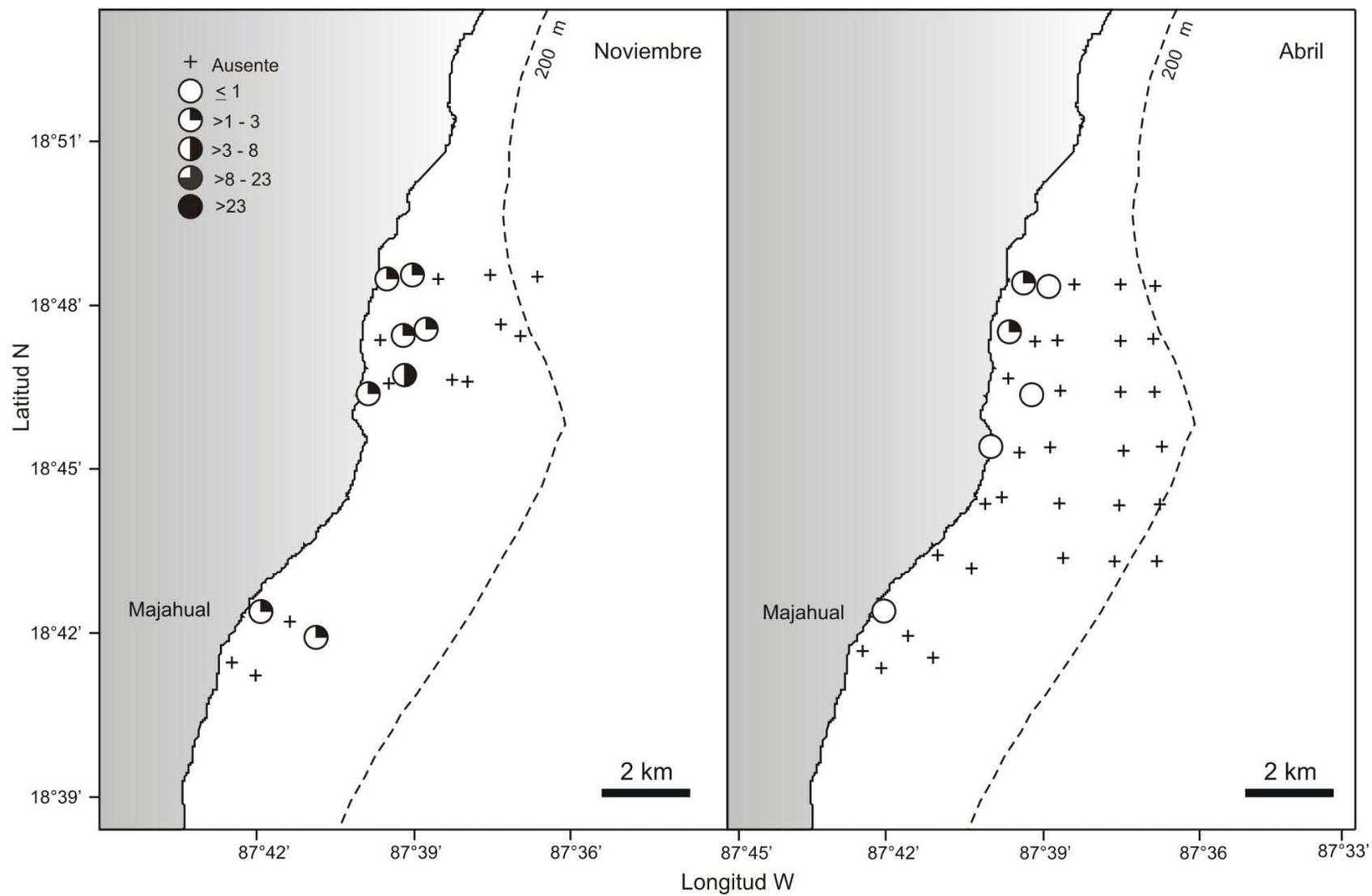


Figura 20. Distribución y abundancia (ind 100 m<sup>-3</sup>) de *Pterosagitta draco*.

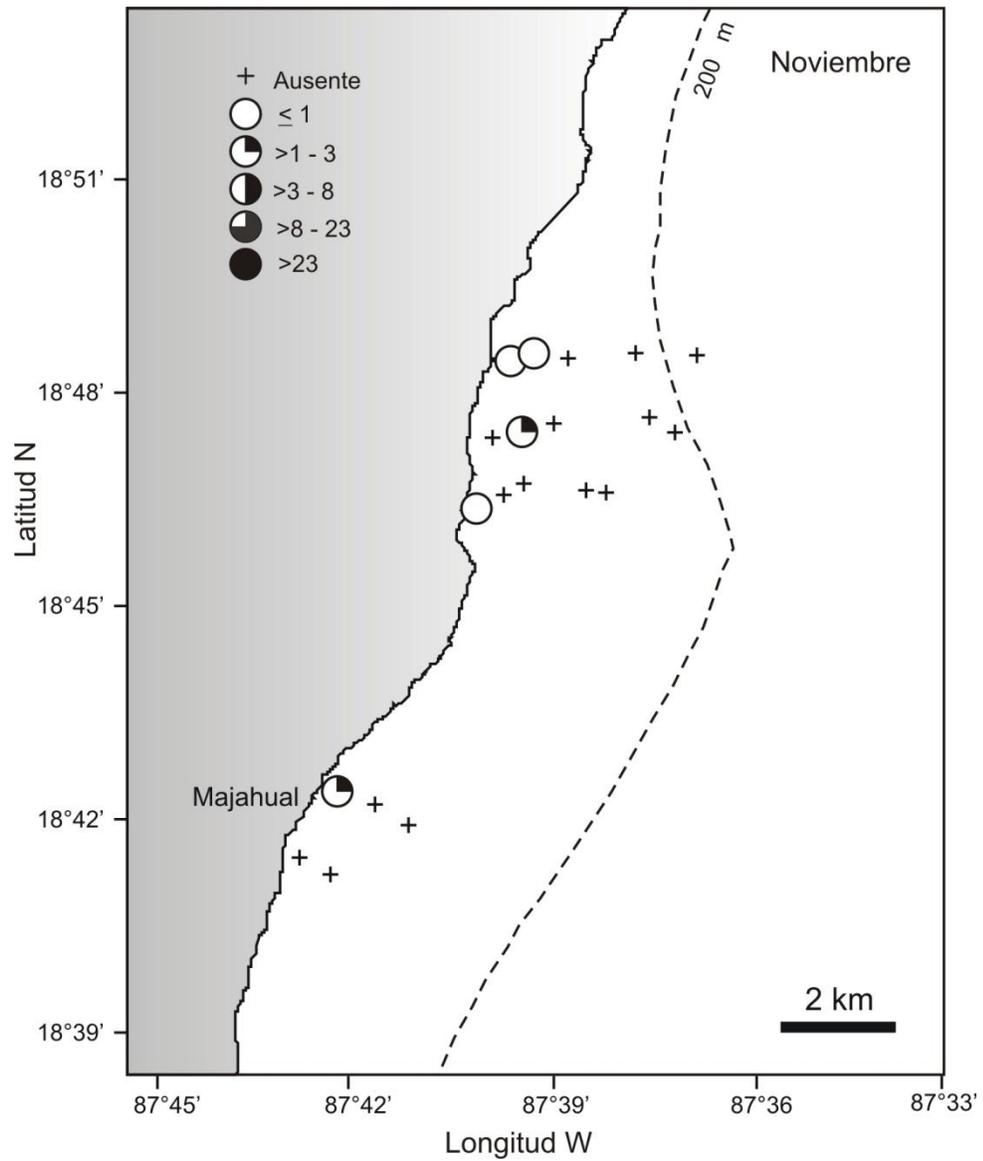


Figura 21. Distribución y abundancia (ind 100 m<sup>-3</sup>) de *Sagitta bipunctata*.

### **Asociaciones de quetognatos**

Los resultados del índice de disimilitud de Bray-Curtis y del EMD permitieron definir dos grupos de estaciones en cada mes de muestreo, denominados “interno” y “externo” (Figuras 22 y 23). En el análisis aplicado a los datos de abundancia de quetognatos tanto para el mes de noviembre como al de abril, la matriz de disimilitud se obtuvo mediante un análisis cualitativo (ausencia-presencia).

La localización espacial de estos grupos fue semejante en los dos meses estudiados (Figuras 24 y 25). Como su nombre lo indica, el grupo “interno” se localizó en las estaciones más cercanas a la costa, especialmente en noviembre. El grupo “externo” abarcó las estaciones más alejadas de la costa. Especialmente el grupo “interno” de noviembre fue menos extenso que el grupo “interno” de abril.

Todas las especies registradas en cada mes para este estudio se encontraron en el grupo “interno”, mientras que en el grupo “externo” estuvo ausente *Sagitta bipunctata* en noviembre y *Pterosagitta draco* y *Krohnitta pacifica* en abril (Tabla 4). En general, la densidad promedio y frecuencia de aparición de la mayoría de las especies fue mayor en el grupo “interno”, principalmente en abril. En noviembre, cuatro de las 10 especies registradas presentaron mayor abundancia promedio en el grupo “externo”, que son *Krohnitta subtilis*, *Sagitta hispida*, *S. serratodentata* y *K. pacifica* (Tabla 4). La riqueza promedio ( $S$ ) en ambos meses fue ligeramente menor en el grupo “externo”, esta diferencia fue más clara en el mes de abril; la diversidad de especies entre grupos mostró valores semejantes en noviembre e iguales en abril (Tabla 5). Los parámetros ambientales en ambos grupos fueron muy semejantes durante los meses de muestreo (Tabla 6).

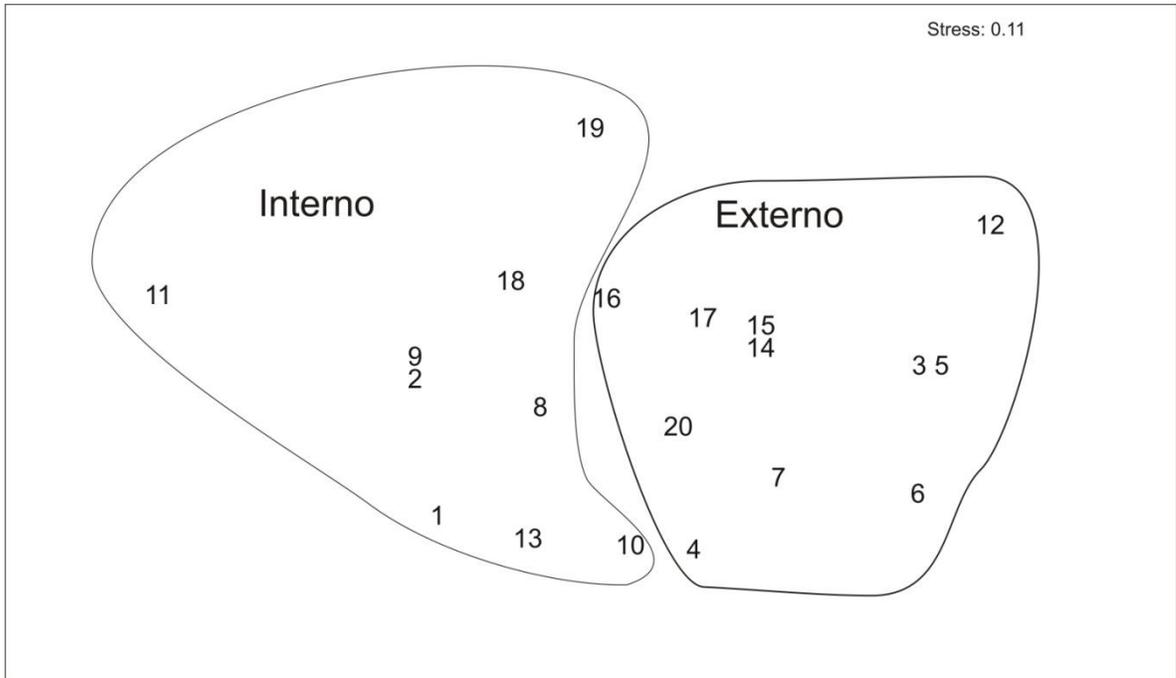


Figura 22. Resultados del Escalamiento Multidimensional No métrico basado en el índice de Bray-Curtis aplicado a la matriz de composición de quetognatos generada para el mes de noviembre de 2006.

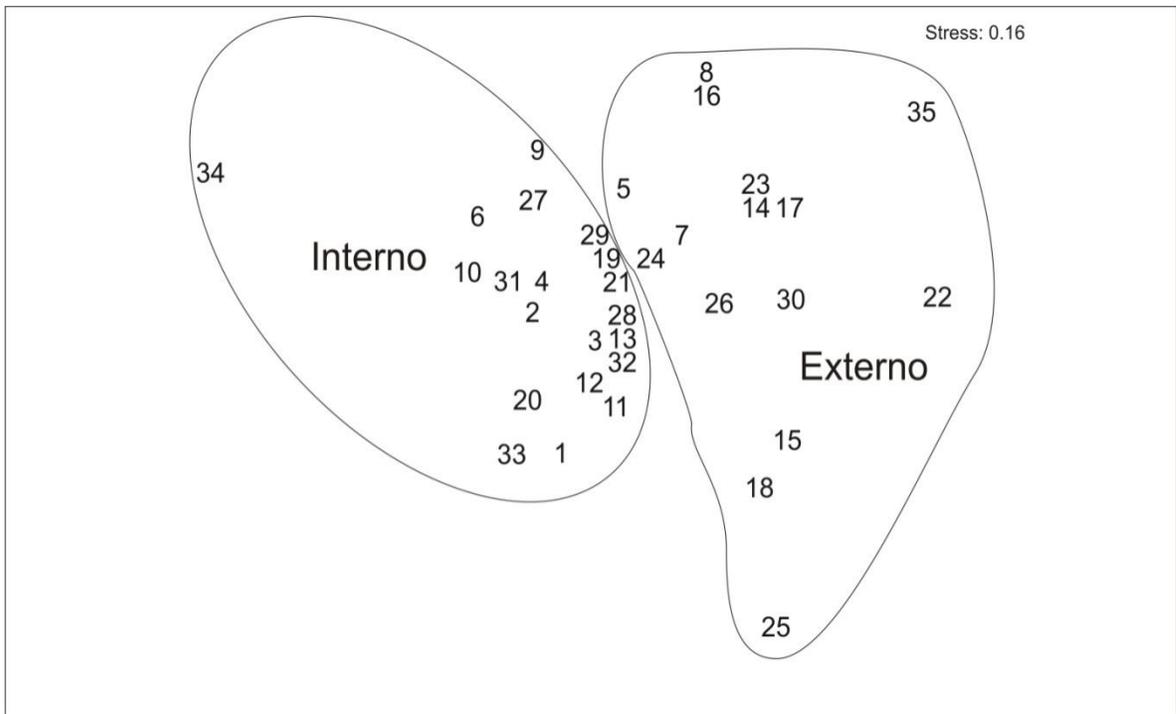


Figura 23. Resultados del Escalamiento Multidimensional No métrico basado en el índice de Bray-Curtis aplicado a la matriz de composición de quetognatos generada para el mes de abril de 2007.

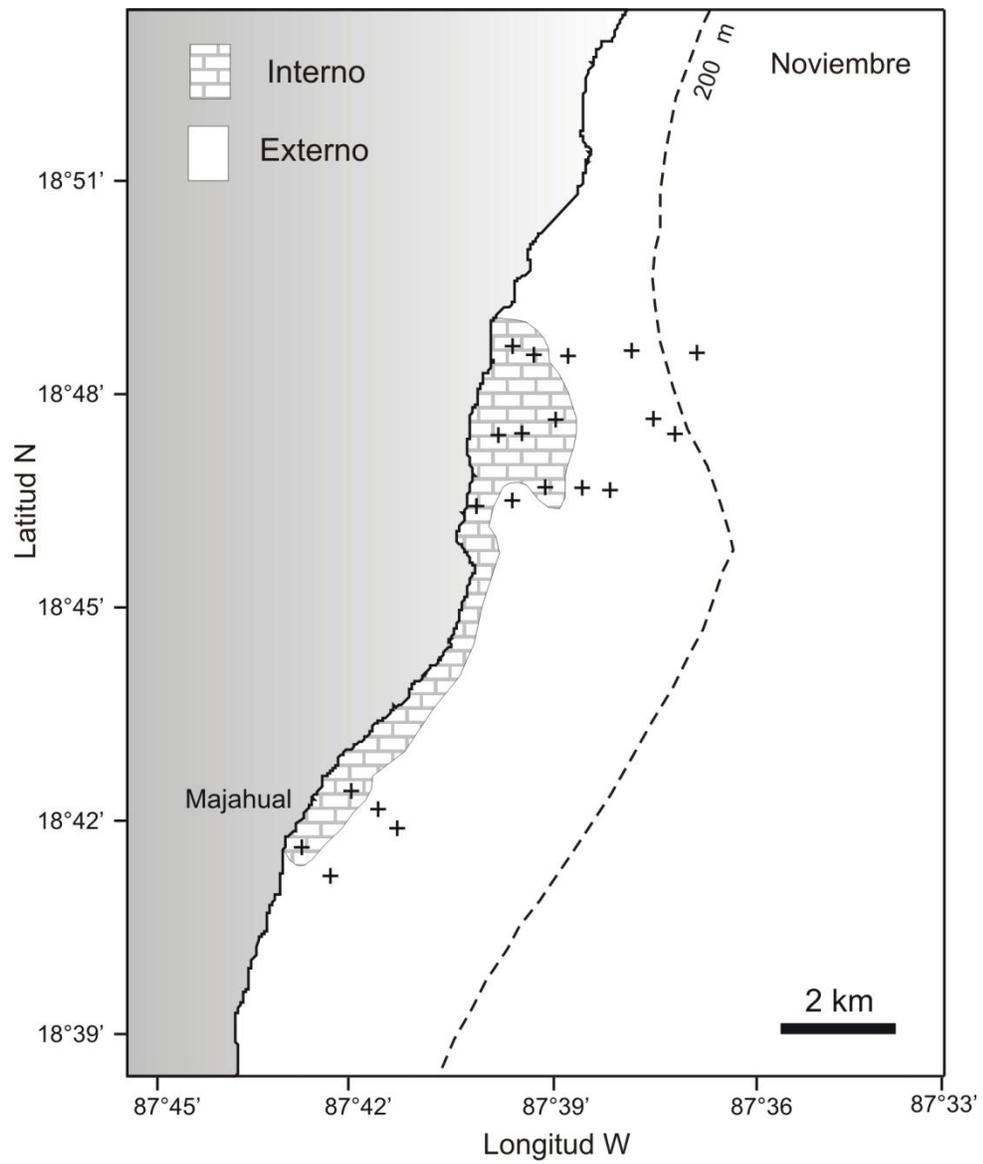


Figura 24. Localización espacial de los grupos de estaciones (+) formados en función de la composición de especies y abundancias de quetognatos en noviembre de 2006 en la región costera frente a Majahual.

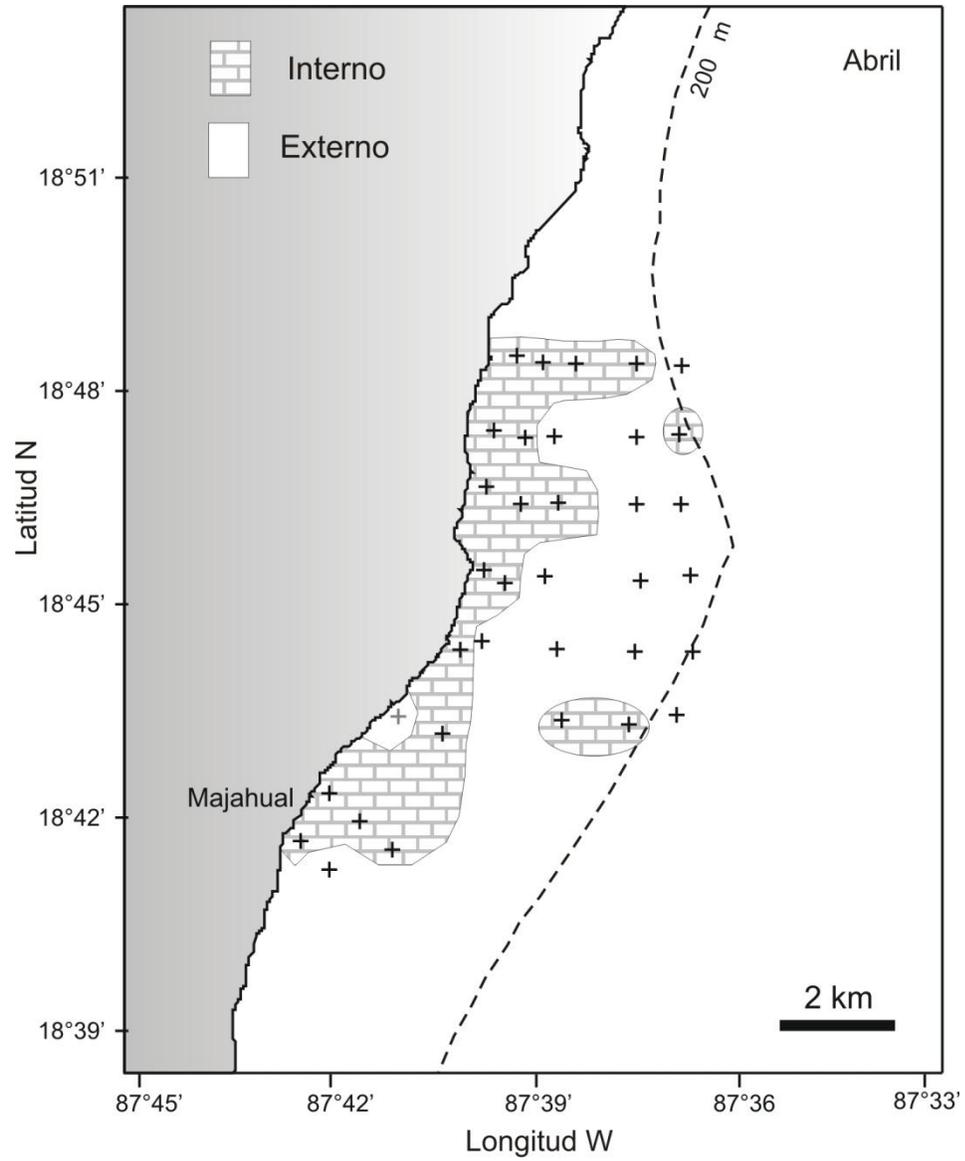


Figura 25. Localización espacial de los grupos de estaciones (+) formados en función de la composición de especies y abundancias de quetognatos en abril de 2007 en la región costera frente a Majahual.

Tabla 4. Lista de especies registradas en las asociaciones de quetognatos definidas mediante el índice de Bray-Curtis y EMD en los meses de noviembre 2006 y abril 2007 en la región costera frente a Majahual.  $\bar{X}$  = abundancia promedio (ind 100 m<sup>-3</sup>);  $F$  = frecuencia de aparición (%).

Especies	noviembre				Abril			
	interno <i>n</i> = 9		externo <i>n</i> = 11		interno <i>n</i> = 20		externo <i>n</i> = 15	
	$\bar{X}$	$F$	$\bar{X}$	$F$	$\bar{X}$	$F$	$\bar{X}$	$F$
<i>Krohnitta pacifica</i>	0.34	11.11	3.95	81.82	0.31	25.00	-	-
<i>K. subtilis</i>	22.18	100.00	32.30	100.00	7.81	100.00	0.21	13.33
<i>Pterosagitta draco</i>	1.69	77.78	0.14	9.09	0.28	30.00	-	-
<i>Sagitta bipunctata</i>	0.51	55.56	-	-	-	-	-	-
<i>S. decipiens</i>	1.42	33.33	0.42	27.27	0.23	20.00	0.08	6.67
<i>S. enflata</i>	432.60	100.00	168.67	100.00	68.02	90.00	2.15	66.67
<i>S. friderici</i>	30.20	100.00	8.52	63.64	0.87	40.00	0.27	26.67
<i>S. helenae</i>	5.32	55.56	0.77	18.18	0.34	15.00	0.32	20.00
<i>S. hispida</i>	22.99	88.89	26.93	100.00	5.39	80.00	0.84	53.33
<i>S. serratodentata</i>	3.10	77.78	6.58	90.91	14.62	95.00	1.55	80.00

Tabla 5. Riqueza de especies ( $S$ ) e Índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) observados en las asociaciones de quetognatos obtenidas mediante el índice de Bray-Curtis y EMD en los meses de noviembre 2006 y abril 2007 en la región costera frente a Majahual.  $\bar{X}$  = abundancia promedio (ind 100 m<sup>-3</sup>); M = valor máximo; Mn = valor mínimo.

	Interno			Externo		
	Noviembre					
	Mn	$\bar{X}$	M	Mn	$\bar{X}$	M
$S$	5	6.89	9	4	5.91	8
$H'$	0.43	1.24	2.08	0.96	1.45	1.77
	Interno			Externo		
	Abril					
	Mn	$\bar{X}$	M	Mn	$\bar{X}$	M
$S$	1	4.95	9	2	2.67	4
$H'$	0	1.30	2.14	0.81	1.21	1.92

Tabla 6. Parámetros ambientales por grupos de estaciones en la región costera frente a Majahual. Mn = valor mínimo; M = valor máximo.

Parámetros ambientales	Noviembre				Abril			
	Interno		Externo		Interno		Externo	
	Mn	M	Mn	M	Mn	M	Mn	M
Salinidad	35.90	36.10	35.80	36.10	36.30	36.80	36.40	36.70
Temperatura °C	27.00	28.50	27.80	29.00	26.70	29.10	26.90	28.50
pH	8.09	8.27	8.18	8.28	8.32	8.44	8.30	8.40
Oxígeno (mg L <sup>-1</sup> )	7.26	9.13	7.60	8.13	6.72	10.19	7.07	8.55
Biomasa zooplanctónica (g 100 m <sup>-3</sup> )	1.37	5.98	1.02	3.75	0.30	7.27	0.17	6.13

El ACP aplicado a las matrices formadas por los parámetros ambientales (temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto y biomasa zooplanctónica) y la abundancia de cada una de las especies, mostró que en ambos meses los tres primeros ejes factoriales representaron más del 61% de la varianza total. Los grupos previamente definidos mediante el índice de Bray-Curtis y EMD se representaron en los planos resultantes de este análisis para definir las principales variables asociados a ellos (Figuras 26 a 29). Así, en noviembre, las especies *Sagitta helenae*, *S. enflata* y *S. friderici* tuvieron los valores más altos de contribución a la formación de estos ejes (Tabla 7) y estuvieron asociadas al grupo “interno”. Las especies *Krohnitta pacifica*, *Krohnitta subtilis*, *Sagitta serratodentata* y *S. hispida* estuvieron asociadas al grupo “externo”. En abril no hubo un factor particular que se mostrara asociado a algún grupo. La influencia de los factores ambientales en ambos meses no fue muy clara, pues los valores más altos de contribución de los factores se asociaban a una estación en particular y no a un grupo determinado.

Tabla 7: Parámetros ambientales y variables biológicas de mayor contribución en la formación de los tres ejes factoriales del ACP, en la región costera frente a Majahual. COR correlación de las variables con cada eje; CTR contribución de las variables a la formación de cada eje; □ mayores contribuciones.

Parámetros ambientales y variables ecológicas	NOVIEMBRE 2006					
	EJE I (28.44 %)		EJE II (17.86 %)		EJE III (14.91 %)	
	COR	CTR	COR	CTR	COR	CTR
Salinidad	37	9	7	3	138	62
Temperatura	0	0	299	112	275	123
pH	27	6	403	150	45	20
Oxígeno	29	7	113	42	283	127
Biomasa zooplanctónica	380	89	45	17	96	43
<i>Krohnitta subtilis</i>	41	10	35	13	407	182
<i>Krohnitta pacifica</i>	1	0	424	158	210	94
<i>Pterosagitta draco</i>	56	13	202	75	182	81
<i>Sagitta enflata</i>	846	198	40	15	9	4
<i>Sagitta serratodentata</i>	35	8	237	88	427	191
<i>Sagitta bipunctata</i>	716	168	80	30	8	4
<i>Sagitta decipiens</i>	2	0	462	172	35	16
<i>Sagitta hispida</i>	454	106	295	110	115	51
<i>Sagitta helenae</i>	905	212	21	8	0	0
<i>Sagitta friderici</i>	737	173	17	6	6	3

Parámetros ambientales y variables ecológicas	ABRIL 2007					
	EJE I (33.96 %)		EJE II (16.15 %)		EJE III (11.06 %)	
	COR	CTR	COR	CTR	COR	CTR
Salinidad	61	13	206	91	172	111
Temperatura	8	2	525	232	0	0
pH	30	6	1	1	298	192
Oxígeno	165	35	1	0	53	34
Biomasa zooplanctónica	300	63	216	96	109	70
<i>Krohnitta subtilis</i>	630	133	183	81	7	4
<i>Krohnitta pacifica</i>	139	29	603	267	1	0
<i>Pterosagitta draco</i>	689	145	36	16	13	8
<i>Sagitta enflata</i>	561	118	271	120	17	11
<i>Sagitta serratodentata</i>	462	97	66	29	273	176
<i>Sagitta decipiens</i>	496	104	70	31	225	145
<i>Sagitta hispida</i>	492	103	0	0	10	7
<i>Sagitta helenae</i>	375	79	66	29	328	212
<i>Sagitta friderici</i>	346	73	16	7	43	28

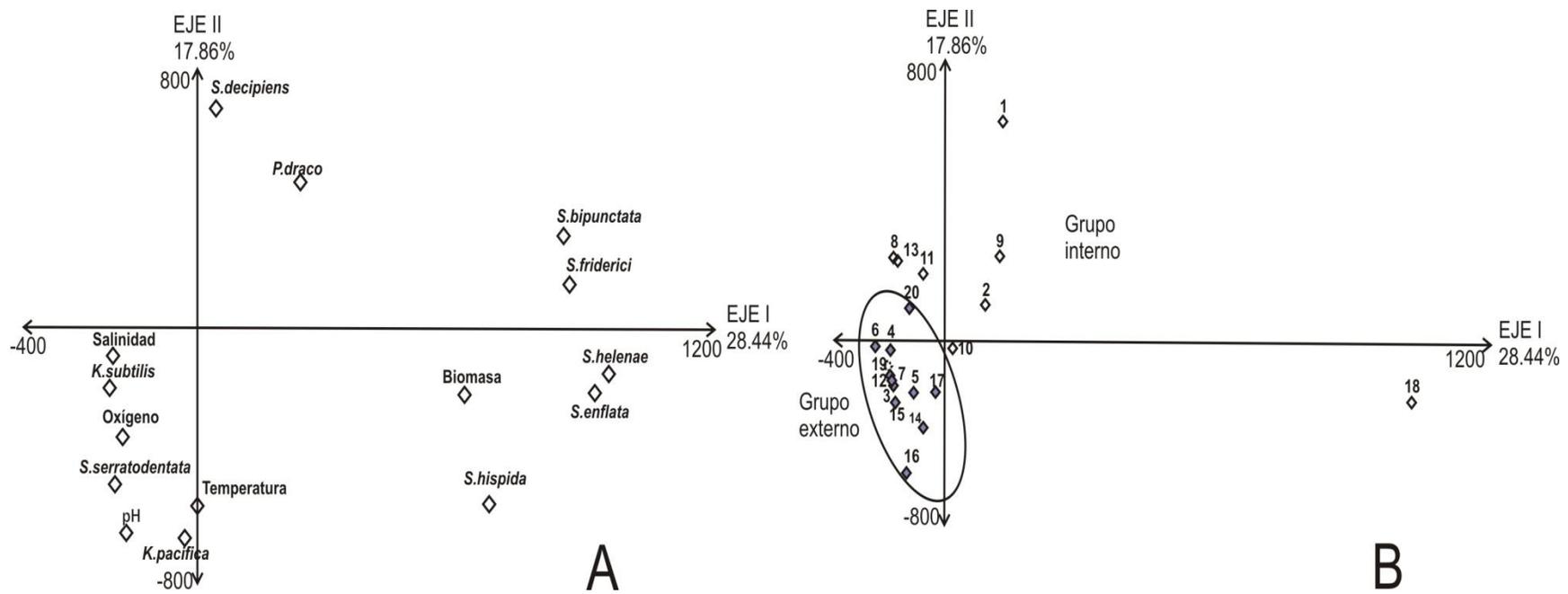


Figura 26. Ordenación del PCA elaborado para datos de noviembre 2006 en la región costera frente a Majahual, A) Ordenación de variables físicas y biológicas en el plano I-II del PCA. B) Ordenación de estaciones de muestreo en el plano I-II del PCA. La delimitación de grupos se hizo de acuerdo a resultados del índice de similitud de Bray-Curtis y MDS).

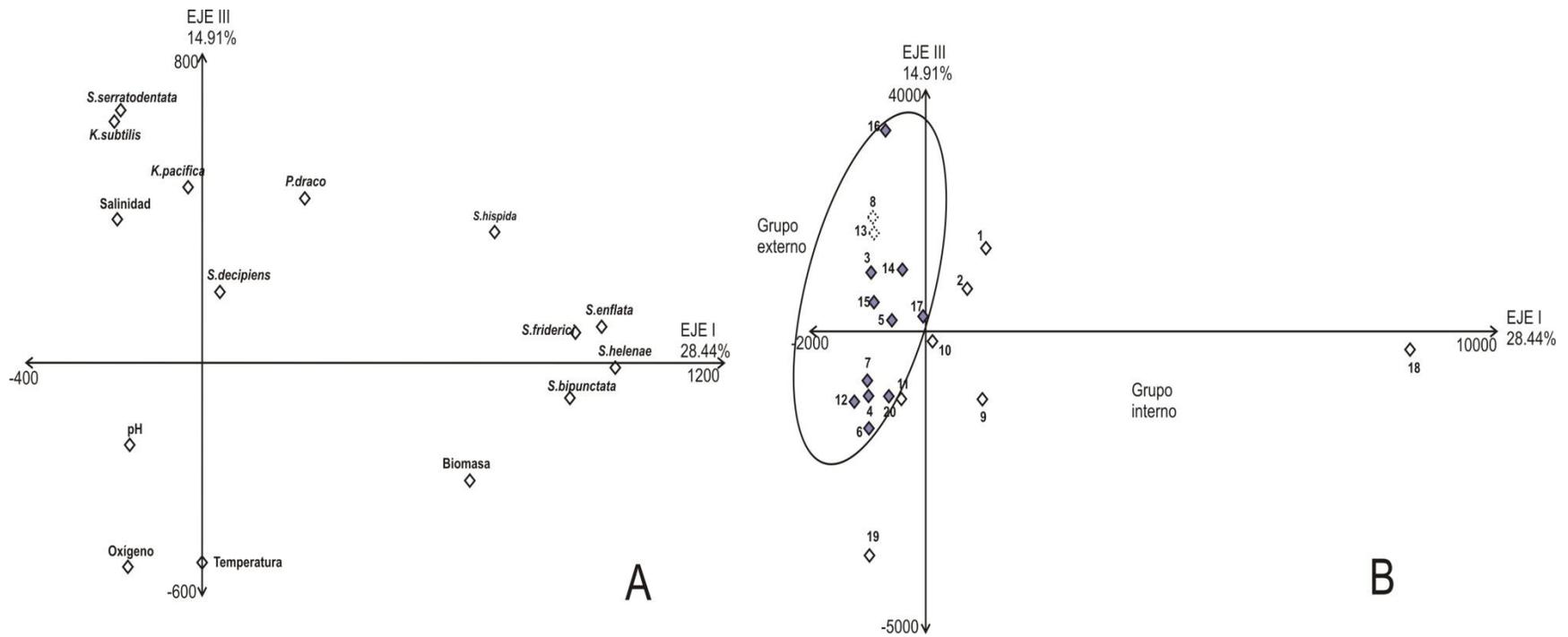


Figura 27. Ordenación del PCA elaborado para datos de noviembre 2006 en la región costera frente a Majahual, A) Ordenación de variables físicas y biológicas en el plano I-III del PCA. B) Ordenación de estaciones de muestreo en el plano I-III del PCA. La delimitación de grupos se hizo de acuerdo a resultados del índice de similitud de Bray-Curtis y MDS).

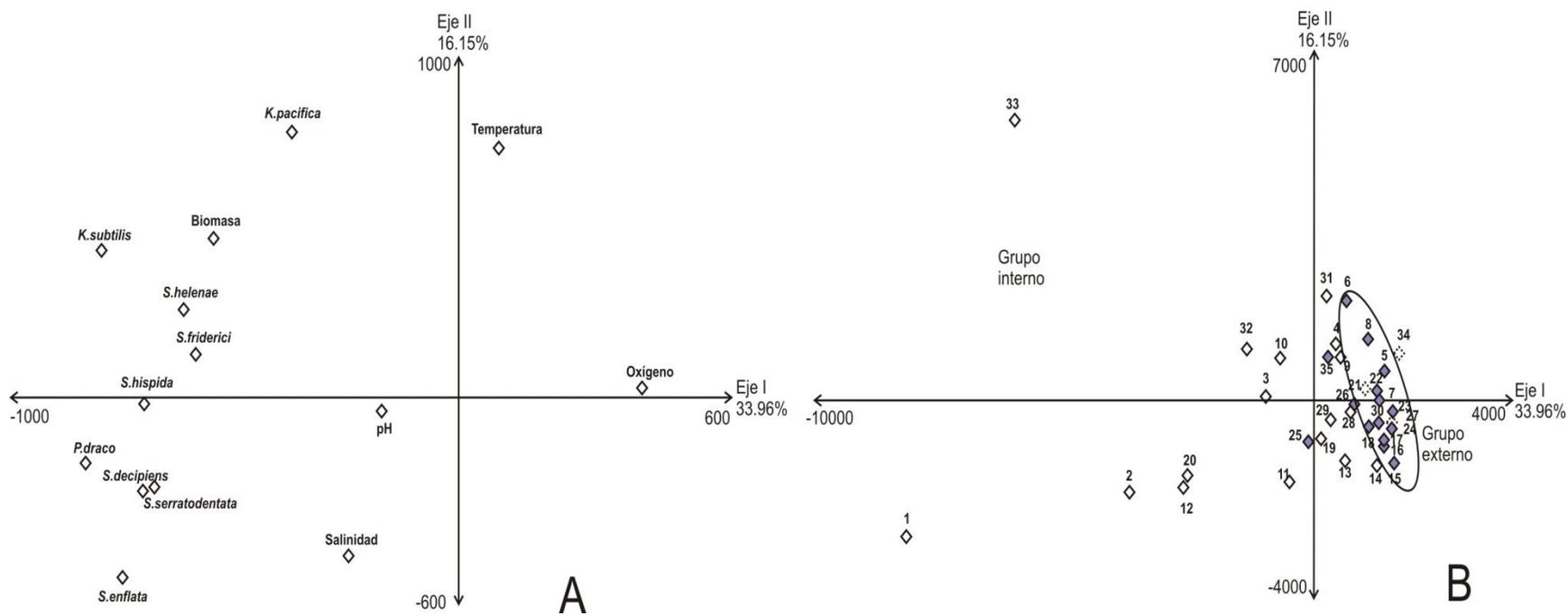


Figura 28. Ordenación del PCA elaborado para datos de abril 2007 en la región costera frente a Majahual, A) Ordenación de variables físicas y biológicas en el plano I-II del PCA. B) Ordenación de estaciones de muestreo en el plano I-II del PCA. La delimitación de grupos se hizo de acuerdo a resultados del índice de similitud de Bray-Curtis y MDS).

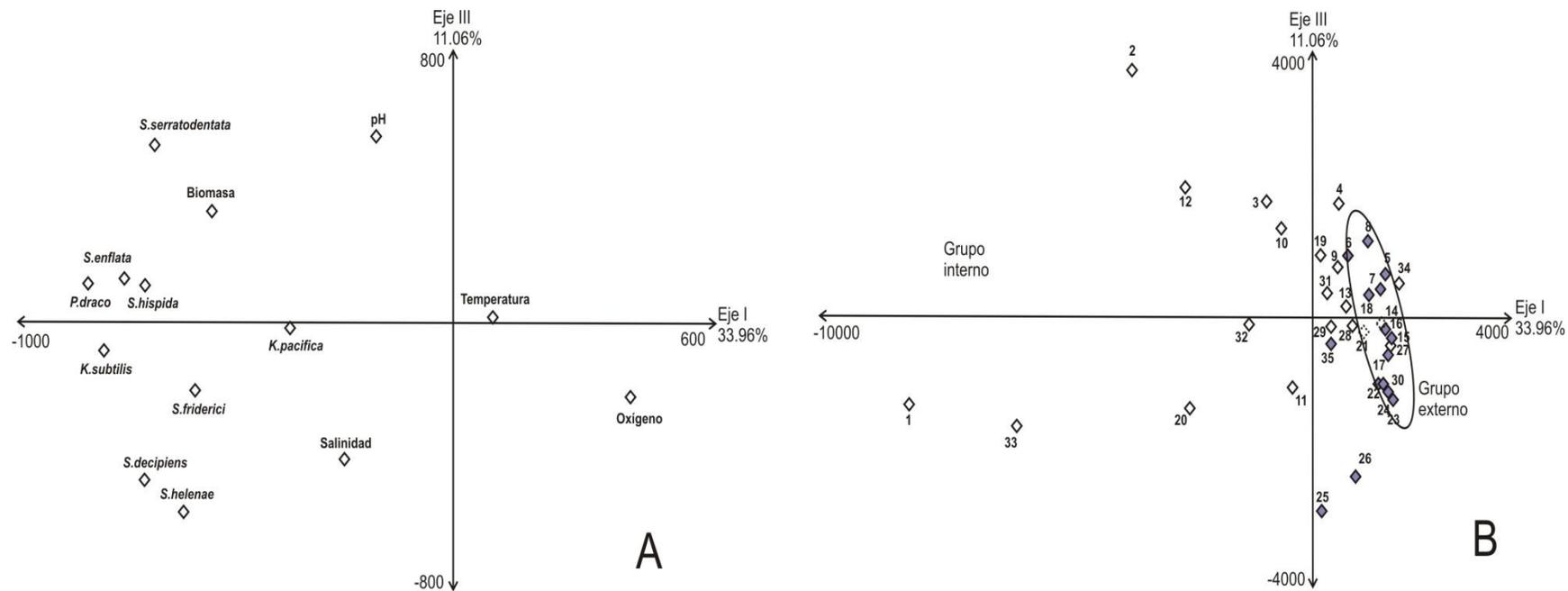


Figura 29. Ordenación del PCA elaborado para datos de abril 2007 en la región costera frente a Majahual, A) Ordenación de variables físicas y biológicas en el plano I-III del PCA. B) Ordenación de estaciones de muestreo en el plano I-III del PCA. La delimitación de grupos se hizo de acuerdo a resultados del índice de similitud de Bray-Curtis y MDS).

Tabla 8: Especies de quetognatos epiplanctónicos registradas en aguas del Golfo de México y Mar Caribe.

ESPECIES	Golfo de México							Mar Caribe									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>Krohnitta pacifica</i>	x			x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>K. subtilis</i>	x	x		x	x	x	x	x		x	x			x			x
<i>Pterosagitta draco</i>	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Sagitta bipunctata</i>	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	
<i>S. decipiens</i>	x	x		x			x	x		x	x						x
<i>S. enflata</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>S. friderici</i>	x		x				x	x		x					x	x	
<i>S. helenae</i>	x	x	x					x		x	x	x			x	x	
<i>S. hexaptera</i>	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x			x			x
<i>S. hispida</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>S. lyra</i>	x			x			x	x	x	x							
<i>S. macrocephala</i>	x																
<i>S. minima</i>	x	x		x			x	x		x					x		
<i>S. serratodentata</i>	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>S. sibogae</i>	x			x			x				x						
<i>S. tenuis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x	x		x
Riqueza	16	11	5	13	9	14	12	13	9	12	14	9	6	9	10	10	7

- 1 McLelland, (1989). Norte del Golfo de México
- 2 Maidana y Mostajo, (1982). Costa este y oeste de la Península de Florida
- 3 Tokioka, (1955). Costa oeste de la Península de Florida
- 4 Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, (2003). Plataforma tamaulipeca
- 5 Vega Rodríguez, (1965). Veracruz
- 6 Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, (2001). Suroeste del Golfo de México
- 7 Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, (1999). Banco de Campeche
- 8 Alvaríño, (1972). Golfo de México y Mar Caribe
- 9 Owre y Foyo, (1972). Mar Caribe
- 10 Michel, (1984). Mar Caribe y Aguas adyacentes
- 11 Gasca *et al.*, (1996). Mar Caribe mexicano
- 12 Ramírez-Ávila y Álvarez-Cadena, (1999). Puerto Morelos
- 13 Hernández *et al.*, (2005). Bahía Ascensión
- 14 Hernández-Flores, (2003). Banco Chinchorro
- 15 Rodríguez-Hernández, (2009). Región costera frente a Majahual.
- 16 Álvarez-Cadena *et al.* (2008). Litoral norte del Caribe mexicano
- 17 Tovar *et al.* (2009). Tres lagunas arrecifales del Caribe mexicano

## DISCUSIÓN

### **Biomasa zooplanctónica**

En el presente estudio, la biomasa zooplanctónica ( $0.17 - 7.27 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ ) no presentó diferencias significativas (prueba-*t*,  $p > 0.05$ ) entre los meses de muestreo. En la zona arrecifal de Majahual, Castellanos-Osorio y Suárez-Morales (1997) registraron, durante diciembre y enero, valores de biomasa entre  $1.479$  y  $14.326 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ , mientras que Álvarez-Cadena *et al.* (2007a), en un ciclo anual, encontraron entre  $1.4$  a  $8.6 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$  en el litoral norte de Quintana Roo. En la Bahía de Chetumal, Gasca y Castellanos (1993) registraron biomazas de  $0.043$  a  $2.1 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$  y Gasca *et al.* (1994) observaron datos entre  $0.05$  a  $12.5 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$  en la Bahía Ascensión. Estos valores son típicos de las aguas poco productivas del Mar Caribe (Martínez-López y Zavala-Hidalgo, 2009; Strömberg *et al.*, 2009). En contraste, en un sistema estuarino de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, al norte de Bahía Ascensión, Sanvicente-Añorve *et al.* (2003) observaron valores de biomasa superiores (entre  $7$  y  $40 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ ). Suárez-Morales (1994) menciona que en la Península de Yucatán la biomasa zooplanctónica fue muy variable debido a la dinámica y productividad biológica de los distintos sistemas, ocasionando que esta sea mayor en las lagunas costeras que en las aguas marinas adyacentes sobre todo en las zonas oligotróficas, como es el caso del Caribe mexicano.

En el sur del Golfo de México se han encontrado registros de biomasa zooplanctónica más altos a los del Caribe. Frente al sistema Grijalva-Usumacinta, Sanvicente-Añorve (1990) registró valores entre  $10 - 110 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$  en diferentes épocas. Las altas abundancias de biomasa zooplanctónica en esta región del Golfo de México se atribuyen a la alta productividad primaria originada por los aportes de agua continental con elementos nutritivos, aunado a la presencia de una ancha plataforma continental (Flores-Coto *et al.*, 1988). En contraste, el Mar Caribe se le considera oligotrófico; en él hay una clara ausencia de aportes epicontinentales y una estrecha plataforma, por lo que a las aguas oceánicas del Caribe tienen baja fertilidad orgánica (Longhurst y Pauly, 1987)

### **Abundancia de quetognatos y factores que influyen en su distribución**

La densidad promedio de quetognatos en la zona costera frente a Majahual presentó diferencias significativas (prueba-*t*,  $p < 0.05$ ) entre los dos meses de muestreo, siendo

superior en noviembre (Tabla 3). En aguas neríticas y oceánicas del Caribe, Gasca *et al.* (1996) muestrearon durante los meses de febrero, marzo, mayo y agosto, y encontraron notables diferencias entre febrero (306.8 ind 100 m<sup>-3</sup>) y el resto de los meses (90.3 a 139.1 ind 100 m<sup>-3</sup>); Ramírez-Ávila y Álvarez-Cadena (1999) hicieron colectas de zooplancton durante un ciclo anual frente a Puerto Morelos, Quintana Roo, y observaron las máximas densidades de quetognatos de julio a septiembre (máximo en agosto con 11581 ind 100 m<sup>-3</sup>) y las mínimas de noviembre a abril (enero con 33 ind 100 m<sup>-3</sup>); al norte de Quintana Roo, Álvarez-Cadena *et al.* (2008) registraron las mayores abundancias (872.6 ind 100 m<sup>-3</sup>) en enero y las mínimas (131.1 ind 100 m<sup>-3</sup>) en agosto; Hernández *et al.* (2005) analizaron cuatro meses del año en la Bahía Ascensión y encontraron la menor densidad en mayo (11.5 ind 100 m<sup>-3</sup>) y la mayor en octubre (306 ind 100 m<sup>-3</sup>) sin encontrar diferencias significativas. En tres de estos cinco trabajos se señala la época de nortes como el período de mayor densidad de quetognatos en la región. Probablemente la remoción de nutrientes del fondo inducida por los fuertes vientos favorezca una alta productividad (Suárez-Morales, 1994; Ramírez-Ávila y Álvarez-Cadena, 1999), y en consecuencia se observen altas densidades de quetognatos. Estos efectos son especialmente visibles en áreas someras.

En el Golfo de México, la densidad de quetognatos es superior a la del Caribe. Las áreas de mayor productividad primaria y secundaria están determinadas por el ancho de la plataforma continental y las descargas de los ríos (Martínez-López y Zavala-Hidalgo, 2009; Strömberg *et al.*, 2009). Estas zonas coinciden con las altas densidades de quetognatos, organismos cuya distribución se asocia a la disponibilidad de alimento (Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 1999, 2001, 2003).

Para conocer los factores ambientales que intervienen en la distribución de los quetognatos se aplicó un análisis de regresión por árboles (ARA). En el mes de noviembre el análisis señaló a la biomasa zooplanctónica (disponibilidad de alimento), como el factor determinante en la distribución de quetognatos (Figura 10). Trabajos previos (Reeve y Walter, 1972; Boltovskoy, 1981) han mencionado esta relación, asociando altas densidades de quetognatos con áreas de alta productividad y consecuentemente, elevada abundancia de presas.

Durante abril, el ARA determinó al oxígeno como el factor que influye en la distribución de quetognatos, relacionando mayores concentraciones de oxígeno a menores

densidades de individuos (Figura 11). Por lo general, altas concentraciones de oxígeno se asocian a alta productividad y por lo tanto a mayor abundancia de organismos (de la Lanza-Espino y Cáceres-Martínez, 1994), pero este efecto no se observa en el presente trabajo. En el caso de los quetognatos, Giesecke y González (2004) observaron en las costas de Chile que bajas concentraciones de oxígeno ( $< 1 \text{ ml L}^{-1}$ ) pueden causar una ausencia de quetognatos (en particular *Sagitta enflata*). Se piensa por tanto que no es el oxígeno disuelto el que directamente influye en la distribución de los quetognatos, sino otro factor que se puede expresar o relacionar con este. En el área de estudio, se observó durante el muestreo fuerte oleaje y viento favoreciendo las movimientos turbulentos. La turbulencia es un factor que puede relacionarse con mayores concentraciones de oxígeno (elevado porcentaje de saturación) a nivel de microescala, pero también puede limitar la presencia de organismos debido a que genera movimientos aleatorios (Okubo y Levin, 2001) de manera que aunque los encuentros depredador-presa aumenten, la velocidad relativa entre ellos hace más difícil la captura de la presa (Lewis y Pedley, 2001). A pesar de las altas concentraciones de oxígeno aquí registradas se ha atribuido a la turbulencia como un posible factor que limita la presencia de organismos en la porción sureste del área de estudio. Es interesante hacer notar que durante abril se observaron las mayores densidades de quetognatos cercanas a la costa (Figura 9). Al respecto, Power (1996) menciona que los movimientos advectivos forzados por el viento pueden modificar la distribución del zooplancton en las láminas superiores del océano; aparentemente el patrón de vientos sur-sureste observado en abril confinó a los quetognatos cerca de la costa.

### **Composición específica**

Todas las especies encontradas en el presente trabajo ya han sido previamente registradas por otros autores tanto en el Mar Caribe como en el Golfo de México (Tabla 8). Sin embargo, debido a las nuevas y en algunos casos controversiales, investigaciones acerca de la distribución de los quetognatos, ha sido necesaria la revisión del hábitat de las 10 especies aquí registradas. Esta revisión se encuentra vertida en el Apéndice 2 y contiene el hábitat preferencial de las especies, las características del muestreo, la región de estudio, los autores y los años de estudio, todo ello con la finalidad de confrontar la distribución referida históricamente con lo observado en este trabajo.

Comparativamente, el número de especies encontradas en el Mar Caribe (Owre y Foyo, 1972; Alvariño, 1972; Michel, 1984; Gasca *et al.*, 1996; Álvarez-Cadena *et al.*, 1996; Ramírez-Ávila y Álvarez-Cadena, 1999; Hernández-Flores, 2003; Hernández *et al.*, 2005; Álvarez-Cadena *et al.*, 2008) es ligeramente menor al registrado en el Golfo de México (Tokioaka, 1955; Vega-Rodríguez, 1965; Maidana y Mostajo, 1980; McLelland, 1989; Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 1999, 2001, 2003). De acuerdo con Alvariño (1972), las diez especies aquí registradas son típicas de aguas trópico - ecuatoriales.

La especie dominante en este estudio fue *Sagitta enflata*, la cual representó el 74.40 % del total de quetognatos recolectados en ambos meses (Tabla 3). En Banco Chinchorro, localizado frente a la región estudiada, así como a lo largo del Caribe mexicano y otras regiones del mismo mar, esta especie también se ha registrado como dominante (Owre y Foyo, 1972; Gasca *et al.*, 1996; Hernández-Flores, 2003). En algunas regiones del Golfo de México, *S. enflata* también es dominante en la comunidad de quetognatos (Vega-Rodríguez, 1965; Maidana y Mostajo, 1980; Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 1999; 2001; 2003). Sin embargo, en aguas muy costeras y con fuertes variaciones de salinidad, la especie es desplazada en dominancia por *S. hispida* (Hernández *et al.*, 2005). En general, *S. enflata* se considera oceánica, epiplanctónica y ampliamente distribuida en todos los océanos (Alvariño, 1968, 1972; Michel, 1984; McLelland, 1989). El éxito de esta especie estriba en sus altas tolerancias a los cambios ambientales (Casanova, 1999). Se ha señalado también que el acoplamiento entre los ciclos reproductivos de *Sagitta enflata* y el de sus principales presas favorece las altas densidades de esta especie (Giesecke y González, 2008).

Las especies *Krohnitta subtilis*, *S. hispida*, *S. serratodentata* y *S. friderici*, obtuvieron entre el 4 y 8 % de la abundancia total, y juntas sumaron el 22.54 % (Tabla 3).

*Krohnitta subtilis* fue la segunda especie en abundancia con el 7.44 % (Tabla 3). De manera similar, en la región externa del arrecife de Banco Chinchorro, Hernández-Flores (2003) la registró con el 4.76 % del total, mientras que Gasca *et al.* (1996), quienes analizaron cuatro meses en aguas oceánicas del Caribe mexicano, sólo la registraron en una temporada y con baja abundancia (< 1 % del total). En aguas mexicanas del Golfo de México, la especie está ampliamente distribuida (Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 1999, 2001, 2003), aunque en aguas muy costeras la especie presenta bajas abundancias, inclusive

por debajo del 1 % (Vega-Rodríguez, 1965). Varios autores (Owre y Foyo, 1972; Michel, 1984; McLelland, 1989) indican que *K. subtilis* se distribuye esencialmente en la capa epipelágica inferior y mesopelágica superior. Sin embargo, estudios más recientes realizados con un muestreo similar al de este trabajo (Ruiz-Boijseauneau *et al.*, 2004; Rodríguez-Hernández, 2007), muestran que la especie también se encuentra en estratos muy superficiales, al igual que en este estudio.

*Sagitta hispida* representó el 6.50 % de la abundancia de quetognatos (Tabla 5), semejante a los registros previos del Banco Chinchorro (8 %) y del Caribe mexicano (5 %) (Gasca *et al.*, 1996; Hernández-Flores, 2003). Reeve y Walter (1972) indican que la especie es tolerante a altas variaciones de salinidad y temperatura. Debido a ello, en algunas regiones costeras la especie llega a ser dominante, como en Bahía Ascensión en donde presentó el 92 % de la abundancia total (Hernández *et al.*, 2005), en el sistema lagunar Nichupté, fue la única especie de quetognatos registrada (Álvarez-Cadena *et al.*, 1996). En el Golfo de México, en las costas de Veracruz y costa oeste de Florida, Vega-Rodríguez (1965) y Maidana y Mostajo (1980) registran a esta especie con abundancias semejantes (6 a 7 %) a las del presente estudio. En general, la especie es considerada nerítica (McLelland, 1989), aunque se le encuentra también en aguas oceánicas con baja densidad (Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 2001).

*Sagitta serratodentata* presentó una abundancia de 4.33 % (Tabla 3). Los antecedentes para el Caribe (Owre y Foyo, 1972; Michel 1984; Gasca *et al.*, 1996; Hernández-Flores, 2003, Hernández *et al.*, 2005) y Golfo de México (Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 1999; 2001; 2003) indican que la especie se encuentra entre las cuatro primeras especies en abundancia. Es considerada típica de la zona trópico ecuatorial atlántica, ampliamente distribuida tanto en el Caribe como en el Golfo de México (Alvariño, 1972). Michel (1984) y McLelland (1989) consideran que la especie es epipelágica; su distribución abarca tanto aguas oceánicas como neríticas (Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 1999; 2001; 2003; Hernández-Flores, 2003; Hernández *et al.*, 2005), tolerando inclusive aguas estuarinas (Owre y Foyo, 1972) (Tabla 9).

*Sagitta friderici* con el quinto lugar en abundancia, representó el 4.03 % de la abundancia total (Tabla 5). En aguas atlánticas mexicanas se tienen pocos registros de la especie. En el Mar Caribe mexicano, Gasca *et al.* (1996) la encontraron con baja

abundancia y en el sur del Golfo de México, Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna (2001), la registraron como la última especie en abundancia. Sin embargo, en aguas muy costeras, *S. friderici* es más abundante (Laguada-Figuera, 1967; McLelland, 1978 citado en Michel, 1984; McLelland, 1980). Apoyando estas observaciones, en este estudio se registró a esta especie en estaciones muy cercanas a la costa, especialmente en abril (Figura 15). Alvariño (1972), Michel (1984) y McLelland (1989) mencionan que esta especie es nerítica y epiplanctónica, aunque el conocimiento de su distribución es aún limitado debido a la confusión de identificación con *S. tenuis*, la cual es más pequeña (Michel, 1984).

Las cinco especies restantes conformaron menos del 4 % de la abundancia total: *S. helenae*, *K. pacifica*, *S. decipiens*, *Pterosagitta draco* y *S. bipunctata* (Tabla 3).

*Sagitta helenae* se registró generalmente en aguas muy costeras y con baja abundancia (Figura 16; Tabla 3). En el Mar Caribe mexicano (Gasca *et al.*, 1996; Ramírez-Ávila y Álvarez-Cadena, 1999), se ha observado a esta especie con valores bajos de densidad (1 - 7 ind 100 m<sup>-3</sup>), al igual que en este estudio. Sin embargo, en la costa oeste de Florida, Maidana y Mostajo (1980) la encuentran como la segunda especie en abundancia. En el Golfo de México y el Caribe (Alvariño, 1972; Michel, 1984; McLelland, 1989) se ha registrado ampliamente distribuida pero más asociada a aguas neríticas. A *S. helenae* se le considera típica de la zona trópico ecuatorial atlántica (Alvariño, 1972) y epiplanctónica (Michel, 1984).

*Krohnitta pacifica*, la séptima especie en abundancia (Tabla 3), se encontró alejada de la costa en la porción norte del área de estudio en ambos meses (Figura 18). En aguas oceánicas del Caribe mexicano, Gasca *et al.* (1996) la hallaron en el 100% de las estaciones y fue la tercera especie en abundancia. Su presencia en aguas neríticas del Caribe, también es común (Ramírez-Ávila y Álvarez-Cadena, 1999; Hernández-Flores, 2003; Hernández *et al.*, 2005). En el sur del Golfo de México se registra entre las últimas especies en abundancia (Vega-Rodríguez, 1965; Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 1999, 2003). McLelland (1989) considera a esta especie como epiplanctónica, típica de la región trópico-equatorial y con afinidad por regiones costeras externas. Los resultados aquí presentados parecen apoyar estas observaciones, pues la especie se encontró principalmente sobre aguas de la plataforma externa (Figura 18).

*Sagitta decipiens* se encontró entre las especies de menor abundancia (Tabla 3). Su distribución en el mes de noviembre se restringió a la porción norte del área de estudio mientras que en abril se registró principalmente en la región costera (Figura 19). En aguas oceánicas del Caribe mexicano, Gasca *et al.* (1996) la observaron con baja frecuencia y abundancia. En Bahía Ascención, se obtuvieron resultados similares (Hernández *et al.*, 2005). En el Golfo de México, Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna (1999, 2003) también la observan en bajas densidades. En la columna de agua, Owre y Foyo (1972) la observan entre 120 y 1175 m de profundidad, aunque otras investigaciones (Gasca *et al.*, 1996; Hernández *et al.*, 2005) señalan su presencia en estratos muy superficiales, al igual que en este estudio. Estos resultados indican que la especie tiene una amplia distribución en la columna de agua (Apéndice 2).

*Pterosagitta draco* se distribuyó en aguas muy costeras en los dos meses de muestreo (Figura 20) y con baja abundancia. En aguas neríticas del Caribe mexicano la especie se ha registrado con baja abundancia (Hernández-Flores, 2003; Hernández *et al.*, 2005), en tanto que en aguas oceánicas, la especie es más abundante (Gasca *et al.*, 1996). Asimismo, en aguas neríticas del sur del Golfo de México, la especie también es poco abundante (Vega-Rodríguez, 1965; Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 1999, 2003).

*Sagitta bipunctata* fue la última especie en abundancia (Tabla 3) presente sólo en el mes de noviembre en estaciones adyacentes a la costa (Figura 21). En general en los trabajos realizados en el Mar Caribe, se le ha encontrado como la especie de menor densidad ( $< 0.5\%$ ) (Owre y Foyo, 1972; Gasca *et al.*, 1996; Ramírez-Ávila y Álvarez-Cadena, 1999; Hernández-Flores, 2003), al igual que en el Golfo de México (Vega-Rodríguez, 1965; Maidana y Mostajo, 1980; Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 1999). La baja frecuencia de *S. bipunctata* aquí observada coincide con los registros previos.

### **Asociaciones de quetognatos**

La extensión de los grupos definidos por el índice de disimilitud de Bray-Curtis y el análisis EMD difieren entre meses: en noviembre el grupo “interno” presentó un área más estrecha, mientras que en abril la extensión es mayor (Figuras 24 y 25), lo cual podría deberse a una hidrodinámica diferente de la zona costera. El patrón de circulación superficial en el Caribe mexicano, realizado por la Rosentiel School of Marine and

Atmospheric Science, The Cooperative Institute for Marine and Atmospheric Studies y The National Oceanographic Partnership Program (<http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/caribbean/caribbean-videos.html>) y elaborado a partir de la integración de observaciones diarias promediadas estacionalmente en el Atlántico norte, permitió observar diferencias en cuanto a la magnitud y a la dirección de las corrientes. Durante el mes de noviembre, la corriente proveniente del Mar Caribe choca perpendicularmente con la costa este de la Península de Yucatán (Figura 30), lo que posiblemente genere un mayor transporte de zooplancton hacia la zona más costera y repliegue el grupo “interno” hacia la costa. En el mes de abril la corriente lleva una dirección paralela al litoral (Figura 31), lo que probablemente favorezca una distribución más homogénea y amplia del zooplancton a lo largo de la costa mexicana del Caribe y se refleje en una extensión geográfica mayor del grupo “interno”.

La riqueza de especies y diversidad de Shannon fueron muy similares entre grupos (Tabla 5). En Banco Chinchorro, Hernández-Flores (2003) registró valores promedio de riqueza entre 3.4 y 6.7, y valores de diversidad de entre 1.3 y 2.2 bits ind<sup>-1</sup>, y en aguas oceánicas del Caribe mexicano, Gasca *et al.* (1996) encontraron diversidades que oscilaron entre 0.9 y 1.42 bits ind<sup>-1</sup> en diferentes épocas estacionales; los resultados de estos estudios coinciden con los del presente trabajo. Los bajos valores de diversidad de Shannon, estimados en este estudio, son atribuidos a la alta dominancia de *Sagitta enflata*, una especie caracterizada por ser la más común en trópicos y subtrópicos de todo el planeta (Boltovskoy, 1981) cuya alta dominancia puede ser atribuida a una elevada sincronía entre el ciclo de vida de sus presas y el propio, como se ha observado en la corriente de Humboldt (Giesecke y González, 2008).

La principal diferencia entre los grupos formados fue la densidad de las especies que los constituyen, ya que el grupo “interno” presentó las mayores densidades y frecuencias de quetognatos (Tabla 4). De hecho, el ACP mostró que las mayores contribuciones a la formación de los planos factoriales (Tabla 7) estuvieron dadas por las variables biológicas (especies). La influencia de las variables ambientales (temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto y la biomasa zooplanctónica) no fue clara.

En noviembre, los resultados del ACP señalaron a las especies *Sagitta helenae*, *S. enflata* y *S. friderici* más asociadas al grupo “interno” (Tabla 7). En abril estas especies

también presentaron su mayor densidad promedio en ese grupo, aunque la diferencia con el “externo” no fue tan contundente (Tabla 4). Algunos autores (Alvariño, 1965; 1972; Michel, 1984; McLelland, 1980; Daponte *et al.*, 2004) mencionan que *Sagitta helenae* y *S. friderici* están asociadas a aguas costeras, lo cual apoya las observaciones del presente estudio. Sin embargo, *S. enflata* se ha encontrado tanto en ambientes neríticos (Grant, 1991; Giesecke y González, 2004) como oceánicos (Ulloa, 2004). Probablemente, su presencia en el grupo interno se deba a una mayor disponibilidad de alimento (biomasa de zooplancton) en ese grupo (Tabla 6), aunque estas diferencias no sean muy evidentes.

Las especies *Krohnitta pacifica*, *K. subtilis*, *Sagitta serratodentata* y *S. hispida* estuvieron asociadas al grupo “externo” (Tabla 4) en noviembre de acuerdo con el ACP. Sin embargo, en abril, estas especies registraron su mayor abundancia promedio y frecuencia de aparición en el grupo “interno” (Tabla 5). Todas estas especies han sido registradas tanto en el ambiente nerítico como en el oceánico (Cheney, 1985; Grant, 1991; Casanova, 1999; Ulloa, 2004; Giesecke y González, 2004; Pierrot-Bults, 2008) y en la zona de estudio no parecen tener afinidad alguna por algún grupo en particular.

Los resultados indican que la escala espacial (62 km<sup>2</sup>) de este análisis no es lo suficientemente grande para evidenciar diferencias en los grupos. Se ha observado que los procesos que influyen en la distribución del plancton dependen de la dimensión de la escala (Sanvicente-Añorve *et al.*, 2000), de tal manera que a escalas espaciales pequeñas, los procesos bioecológicos incrementan su importancia y a escalas globales, los procesos físicos intervienen más sobre los patrones de distribución espacial y temporal de los organismos (Wiens, 1989). De acuerdo con Haury *et al.* (1978) pueden reconocerse diferentes escalas que afectan los patrones de distribución del zooplancton: microescala (~0.01 – 1 m); escala fina (~10 – 1000 m); escala gruesa (~1 – 100 km); mesoescala (~100 – 1000 km); macroescala (~1000 – 3000 km) y megaescala (> 3000 km). Estas escalas espaciales están asociadas con escalas temporales del mismo orden de magnitud. Las interacciones y procesos biológicos, como competencia y depredación, generalmente ocurren a escalas pequeñas (micro y fina escala) (Haury, 1978; Bochdansky y Bollens, 2004). Sin embargo, la distribución biogeográfica y la historia evolutiva de los organismos, son procesos que se observan a gran escala.

Un estudio realizado a escala gruesa, en Banco Chinchorro (Hernández-Flores, 2003) mostró que las principales diferencias entre las asociaciones de quetognatos fueron las densidades de las especies, mas no la composición faunística. Inclusive, Gasca *et al.* (1996), quienes definieron asociaciones de quetognatos en aguas oceánicas del Caribe mexicano, atribuyeron sus diferencias a la densidad de organismos y no a la composición. Otro ejemplo lo constituye la Bahía de Banderas, en donde Ruiz-Boijseauneau *et al.* (2004) encontraron resultados similares a los anteriores. A mesoescala, en el Golfo de California, Ruiz-Boijseauneau (2008) observó a la temperatura como el factor físico de mayor influencia en la formación de grupos. A megaescala, se ha observado que la distribución de los quetognatos está relacionada a condiciones hidrológicas determinadas, definidas por temperatura y salinidad (Hida, 1957; Bieri, 1959; Alvariño, 1965) contribuyendo así a la formación de asociaciones con una composición específica definida. Por ejemplo *Sagitta setosa* se ha considerado una especie indicadora de la Corriente de Benguela (Casanova, 1999); en el Atlántico norte, Cheney (1985) y Pierrot-Bults (2008) encontraron diferencias en la composición y abundancia de especies entre dos asociaciones relacionadas a masas de agua específicas.

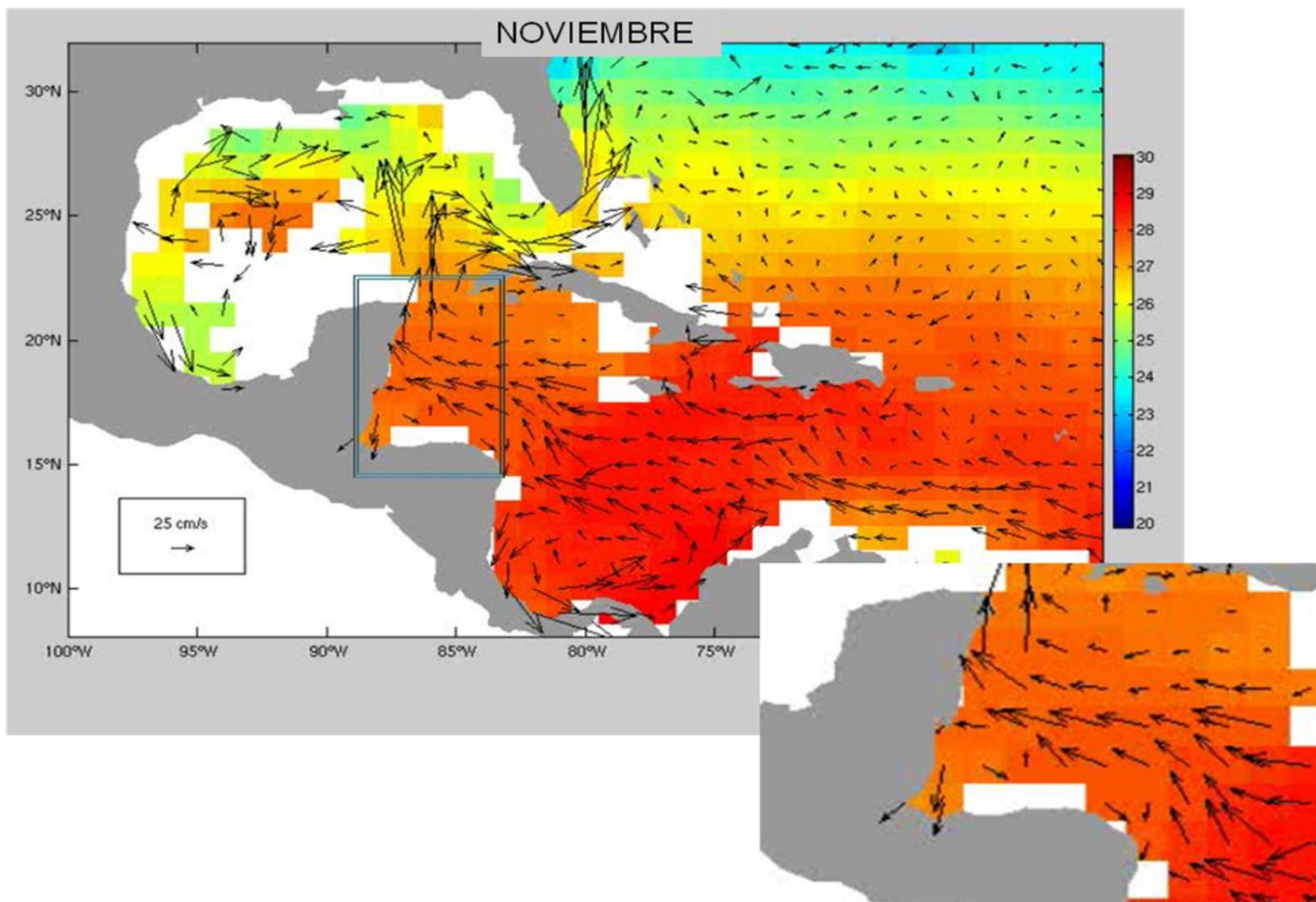


Figura 30. Patrón de circulación superficial para el mes de noviembre, integración de observaciones diarias promediadas estacionalmente, consultado en mayo del 2009. Tomado de <http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/caribbean/caribbean-videos.html>

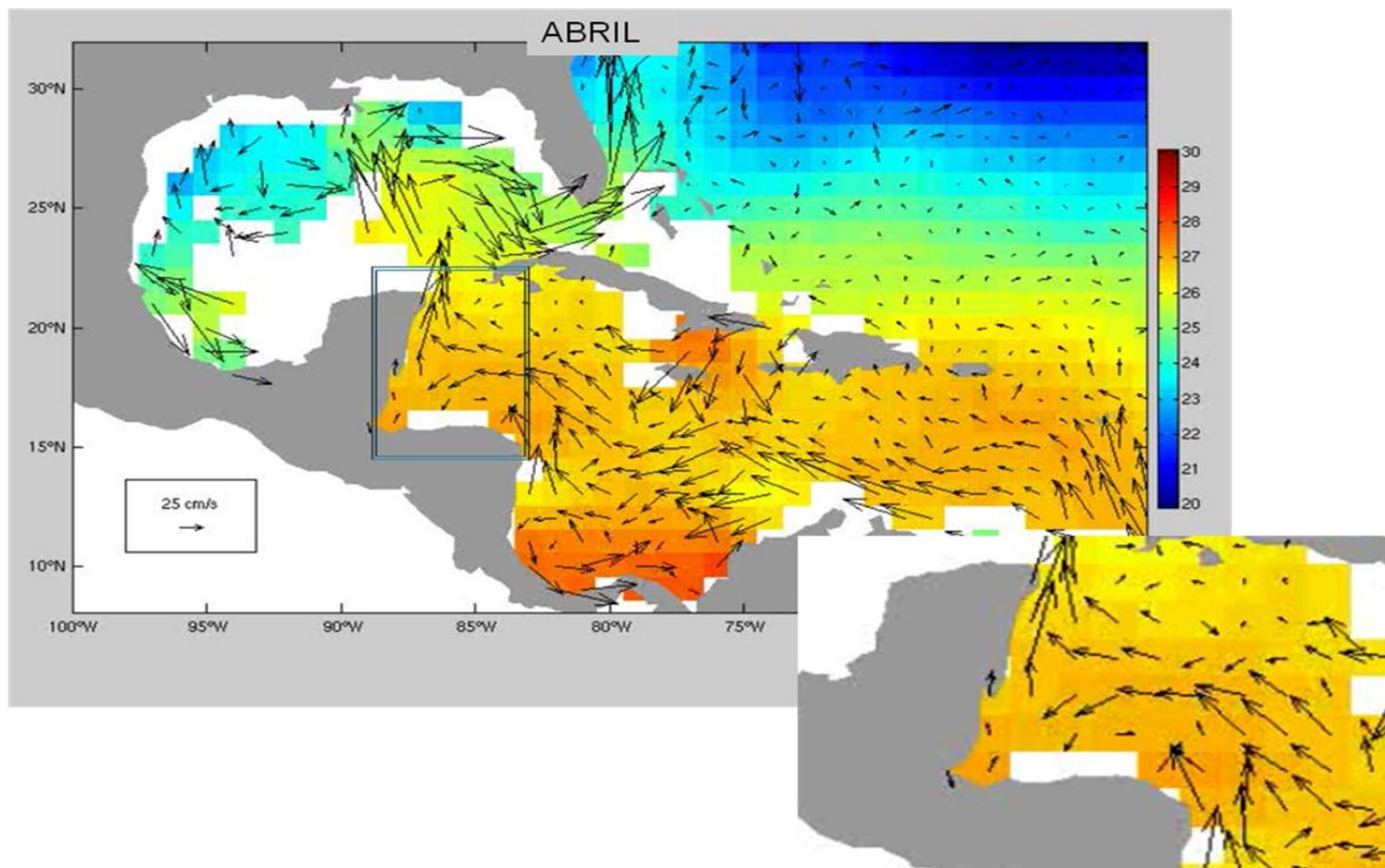


Figura 31. Patrón de circulación superficial para el mes de abril, integración de observaciones diarias promediadas estacionalmente, consultado en mayo del 2009. Tomado de <http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/caribbean/caribbean-videos.html>

## CONCLUSIONES

Se estudió la comunidad de quetognatos en la región costera frente a Majahual, costa sur de Quintana Roo, durante dos épocas del año (noviembre 2006 y abril 2007) y se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Los valores de biomasa zooplanctónica fluctuaron entre 1.02 y 5.98 g 100 m<sup>-3</sup> en noviembre y 0.17 y 7.27g 100 m<sup>-3</sup> en abril, sin que se presentaran diferencias significativas entre épocas (prueba-t,  $p = 0.14$ ).
- La densidad de quetognatos en noviembre osciló entre 25.57 y 2606.77 ind 100 m<sup>-3</sup>, mientras que en abril fluctuó entre 1.88 y 405.03 ind 100 m<sup>-3</sup>. La comparación entre meses arrojó diferencias significativas (prueba-t,  $p < 0.05$ ).
- La distribución general de los quetognatos en la zona de estudio estuvo influida positivamente por la biomasa zooplanctónica (disponibilidad de alimento) en noviembre. En abril, la concentración de oxígeno se relacionó de manera negativa con la densidad de quetognatos.
- Se recolectaron e identificaron 9251 especímenes de quetognatos representados en tres familias, tres géneros y 10 especies, todas ellas previamente registradas en el Mar Caribe mexicano y típicas de aguas trópico-ecuatoriales.
- La especie dominante de la comunidad de quetognatos fue *Sagitta enflata*, la cual representó el 74.4 % de la abundancia total. Las especies *Krohnitta subtilis*, *Sagitta hispida*, *Sagitta serratodentata* y *Sagitta friderici* siguieron en abundancia, y obtuvieron entre el 4 y 8 %. Las restantes especies (*Krohnitta pacifica*, *Sagitta helenae*, *Pterosagitta draco*, *Sagitta decipiens* y *Sagitta bipunctata*) se encontraron en menos del 1 %.
- Se identificaron dos asociaciones de quetognatos, uno denominado “interno” ubicado cerca de la costa, y otro “externo” localizado en aguas de la plataforma media y externa.
- La diferencia principal entre ambos grupos fue la densidad relativa de las especies que los constituyeron. El grupo “interno” registró en general las mayores densidades, sin embargo, las especies no siempre registraron su mayor densidad promedio en el mismo grupo.
- La influencia de los factores ambientales (temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto y biomasa zooplanctónica) no fue muy clara en la formación de estos grupos a la escala

espacial estudiada (escala gruesa).

- Si bien los grupos definidos mostraron una clara coherencia espacial, los factores que influyen en su formación no están del todo claros. Se sugiere intensificar los estudios a esta escala espacial y observar más detalladamente las interacciones biológicas.
- Se considera que este estudio representa una contribución importante al conocimiento de la estructura de la comunidad de quetognatos incluyendo algunos factores ambientales que influyen en su distribución a una escala local de la costa sur del Mar Caribe mexicano.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez-Cadena, J.N., A.R. Almaral-Mendívil, U. Ordóñez-López y A. Uicab-Sabido, 2008. Composición abundancia y distribución de las especies de quetognatos del litoral norte del Caribe de México. *Hidrobiológica* 18 (supl. 1): 37-48.
- Álvarez-Cadena, J.N., U. Ordóñez-López, D. Valdés-Lozano, A.R. Almaral-Mendívil y A. Uicab-Sabido, 2007a. Estudio anual del zooplancton: composición, abundancia, biomasa e hidrología del norte de Quintana Roo, Mar Caribe de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 8: 421-430.
- Álvarez-Cadena, J.N., U. Ordoñez-López, A.R. Almaral-Mendívil, M. Ornelas-Roa y A. Uicab-Sabido, 2007b. Larvas de peces del litoral arrecifal del norte de Quintana Roo, Mar Caribe de México. *Hidrobiológica* 17(2): 139-150.
- Álvarez-Cadena, J.N., E. Suárez-Morales y J.A. McLelland, 1996. Observations on an isolated population of *Sagitta hispida* Conant (Chaetognatha) in a tropical lagoon system of northeast Yucatan (Mexico). *Gulf Research Reports* 9(3): 197-204.
- Alvariño, A., 1965. Chaetognaths. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 3: 115-194.
- Alvariño, A., 1967. The Chaetognatha of the Naga Expedition (1959-1961) in the South China Sea and the Gulf of Thailand. *Report of Naga Expedition* 4, 197 p.
- Alvariño, A., 1968. Los quetognatos, sifonóforos y medusas de la región del Atlántico ecuatorial bajo la influencia del Amazonas. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Ciencias del Mar y Limnología* 39 (1): 41-76.
- Alvariño, A., 1972. Zooplancton del Caribe, Golfo de México y regiones adyacentes del Pacífico. *Memorias IV Congreso Nacional de Oceanografía (México)*: 223-247.
- Alvariño, A., 1985. Predation in the planktonic realm: mainly with reference in fish larvae. *Investigaciones Marinas CICIMAR* 2(1): 1-122.
- Bieri, R., 1959. The distribution of planktonic Chaetognatha in the Pacific and their relationship to the water masses. *Limnology and Oceanography* 4: 1-28.

- Bochdansky, A.B. y S.M. Bollens, 2004. Relevant scales in zooplankton ecology: Distribution, feeding and reproduction of the copepod *Acartia hudsonica* in response to thin layers of the diatom *Skeletonema costatum*. *Limnology and Oceanography* 49(3): 625-636.
- Boltovskoy, D., 1981. Chaetognatha. Pp. 759-791. In: D. Boltovskoy (Ed.), *Atlas de zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. INIDEP, Mar de Plata, Argentina, 936 p.
- Bray, J.R. y J.T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27: 325-349.
- Breiman, L., J.H. Friedman, R.A. Olshen y C.G. Stone, 1984. *Classification and regression trees*. Wadsworth International Group, Belmont, California, 358 p.
- Canché-Canché, V.E. e I. Castellanos-Osorio, 2005. Medusas (Cnidaria) de la Bahía de la Ascensión, Quintana Roo, México (1997). *Hidrobiológica* 15(1): 65-72.
- Casanova, J.P., 1999. Chaetognatha. Pp. 1353-1374. In: D. Boltovskoy (Ed.), *South Atlantic zooplankton*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 1900 p.
- Castellanos-Osorio, I.A. y E. Suárez-Morales, 1997. Observaciones sobre el zooplancton de la zona arrecifal de Mahahual, Quintana Roo (Mar Caribe mexicano). *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 68(2): 237-252.
- Cheney, J., 1985. Spatial and temporal abundance patterns of oceanic chaetognaths in the western North Atlantic – I. Hydrographic and seasonal abundance patterns. *Deep-Sea Research* 32(9): 1041-1059.
- Clarke, K.R. y R.M. Warwick, 2001. *Change in marine communities; an approach to statistical análisis and interpretation*, PRIMER-E; Plymouth, 145 p.
- CONABIO, The Nature Conservancy, CONANP y Pronatura, 2005. Ficha Técnica para la evaluación de los sitios prioritarios para la conservación de los ambientes costeros y oceánicos de México, 5 p.
- Daponte, M.C., F.L. Capitanio, D.E. Nahabedian, M.D. Viñas y R.M. Negri, 2004. *Sagitta friderici* Ritter-Záhony (Chaetognatha) from South Atlantic waters: abundance, population, structure and life cycle. *ICES Journal of Marine Science* 61: 680-686.

- Flores-Coto, C., L. Sanvicente-Añorve, R. Pineda-López y M.A. Rodríguez-van Lier, 1988. Composición, distribución y abundancia ictioplanctónica del sur del Golfo de México. *Universidad y Ciencia* 5(9): 65-84.
- Gasca, R., 1997. Sifonóforos (Cnidaria: Hydrozoa) del Mar Caribe mexicano (agosto, 1986). *Hidrobiológica* 7: 51-57.
- Gasca, R. e I. Castellanos, 1993. Zooplankton de la Bahía de Chetumal, Mar Caribe, México. *Revista de Biología Tropical* 41(3): 619-625.
- Gasca, R., E. Suárez-Morales y L. Vásquez-Yeomans, 1994. Estudio comparativo del zooplankton (biomasa y composición) en dos bahías del Mar Caribe mexicano. *Revista de Biología Tropical* 43(3): 595-604.
- Gasca, R., J.N. Álvarez-Cadena y E. Suárez-Morales, 1996. Chaetognaths assemblages in the Mexican Caribbean Sea (1991). *Caribbean Marine Studies* 5: 41-50.
- Gasca, R., L. Segura-Puertas y E. Suárez-Morales, 2003. A survey of the medusan (Cnidaria) community of Banco Chinchorro, western Caribbean Sea. *Bulletin of Marine Science* 73(1): 37-46.
- Giesecke, R. y H.E. González, 2004. Feeding of *Sagitta enflata* and vertical distribution of chaetognaths in relation to low oxygen concentrations. *Journal of Plankton Research* 26 (4): 475-486.
- Giesecke, R. y H.E. González, 2008. Reproduction and feeding of *Sagitta enflata* in the Humboldt Current system off Chile. *ICES Journal of Marine Science*. 65(3): 361-370.
- Grant, G.C., 1991. Chaetognaths from the central and southern Middle Atlantic Bight: species composition, temperature-salinity relationships and interspecific associations. *Fishery Bulletin* 89: 33-40.
- Hair, J.T.Jr., R.E. Anderson, R.L. Tatham y W.C. Black, 1999. *Análisis multivariante*. Prentice Hall, Madrid, 799 p.
- Haury, L.R., J.S. McGowan y P.H. Wiebe, 1978. Patterns and process in the time and space scales for plankton distribution. Pp. 277-327. In: J.H. Steele (Ed.), *Spatial pattern in plankton communities*. Plenum Press, Nueva York, 470 p.

- Hernández, R.M., E. Suárez-Morales y R. Gasca, 2005. Seasonal distribution of Chaetognatha in a mexican neotropical bay during a year cycle. *Journal of Coastal Research* 21(1): 186-192.
- Hernández-Flores, R.M., 2003. Report on a collection of chaetognaths from Banco Chinchorro, Mexican Caribbean Sea. *Bulletin of Marine Science* 73(1): 123-132.
- Hida, T.S., 1957. Chaetognaths and pteropods as biological indicators in the North Pacific. *Special Scientific Report Fisheries* 215: 1-13.
- Jordan, E., 1993. *Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe mexicano*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México, 110 p.
- Laguarda-Figuera, A., 1967. Estudio sistemático y distribución de *Sagitta friderici* en la Laguna de Términos, Campeche, México. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 68(2): 237-252.
- Legendre, P. y L. Legendre, 1998. *Numerical ecology. Developments in environmental modelling*. Elsevier Science, Amsterdam, 853 p.
- Lewis, J.B. y A.G. Fish, 1979. Seasonal variation of the zooplankton fauna of surface waters entering the Caribbean Sea at Barbados. *Caribbean Journal Science* 9(1-2): 1-14.
- Lewis, D.M. y T.J. Pedley, 2001. The influence of turbulence on plankton predation strategies. *Journal of Theoretical Biology* 210: 347-356.
- Longhurst, A.R. y D. Pauly, 1987. *Ecology of tropical oceans*. Academic Press, Nueva York, 407 p.
- Maidana, N.I. y E.L. Mostajo, 1980. Fauna de quetognatos de las costas este y oeste de la Península de Florida (EE.UU.). *Zoología XII* (12): 153-159.
- Martínez-López, B. y J. Zavala-Hidalgo, Seasonal and interannual variability of cross-shelf transports of chlorophyll in the Gulf of Mexico. *Journal of Marine Systems* 77:1-20.
- McLelland, J.A., 1980. Notes on the northern Gulf of Mexico occurrence of *Sagitta friderici* Ritter-Zahony (Chaetognatha). *Gulf Research Reports* 6: 343-348.

- 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.
- Merino, M., 1986. Aspectos de la circulación costera superficial del Caribe mexicano con base en observaciones utilizando tarjetas de deriva. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 13(2): 31-46.
- Merino, M., 1992. *Afloramiento en la Plataforma de Yucatán; estructura y fertilización*. Tesis doctoral. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, 255 p.
- Merino, M. y L. Otero, 1991. *Atlas ambiental costero de Puerto Morelos*. CIQRO-ICMyL, Universidad Nacional Autónoma de México, 80 p.
- Michel, H.B., 1984. *Chaetognatha of the Caribbean Sea and adjacent areas*. NOAA Technical Reports, National Marine Fishery Service y US Department of Commerce, USA, 33 p.
- Mille-Pagaza, S. y J. Carrillo-Laguna, 1999. Los quetognatos (Chaetognatha) del Banco de Campeche en abril-mayo de 1986. *Revista de Biología Tropical* 47(1-2): 101-108.
- Mille-Pagaza, S. y J. Carrillo-Laguna, 2001. The Chaetognatha of the southwestern Gulf of Mexico during April - May 1986. *Gulf and Caribbean Research* 13: 59-65.
- Mille-Pagaza, S. y J. Carrillo-Laguna, 2003. Distribución y abundancia de los quetognatos de la plataforma tamaulipeca y océano adyacente en abril de 1987. *Hidrobiológica* 13(3): 223-229.
- Okubo, A y S.A. Levin, 2001. The basics of diffusion. Pp. 10-30. In: Okubo, A. y S.A. Levin (Ed.). *Diffusion and ecological problems. Modern perspectives*. Springer, Nueva York, 467 p.
- Owre, H.B. y M. Foyo., 1972. Studies on Caribbean zooplankton, description of the program and results of the first cruise. *Bulletin of Marine Science* 22(2): 483-521.
- Pierrot-Bults, A.C., 2008. A short note on the biogeographic patterns of the chaetognaths fauna in the North Atlantic. *Deep-Sea Research II* 55: 137-141.

- Power, J.H., 1996. Simulations of the effect of advective-diffusive processes on observations of plankton abundance and population rates. *Journal of Plankton Research* 18(10): 1881-1896.
- Ramírez-Ávila, Y. y J.N. Álvarez-Cadena, 1999. Chaetognath species composition from a coral reef lagoon in the Mexican Caribbean Sea. *Revista de Biología Tropical* 47(1): 157-163.
- Reeve, M.R. y M.A. Walter, 1972. Conditions of culture, food-size selection and the effects of temperature and salinity on growth rate and generation time in *Sagitta hispida* Conant. *Journal Experiment Marine Biology and Ecology* 9: 191-200.
- Ritter-Záhony, R., 1911. *Die chätognathen der Plankton-expedition*. Ergebnisse der plankton-expedition der Humboldt-Stiftung. Lipsius und Tischer. Kiel y Leipzig, 70 p.
- Rodríguez-Hernández, K.J., 2007. *Distribución y abundancia de los quetognatos en la Bahía de Banderas y aguas adyacentes durante enero del 2003*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México 46 p.
- Ruiz-Boijseauneau, I., L. Sanvicente-Añorve y M.A. Fernández-Álamo. 2004. Assemblages in Bahía de Banderas, México. *Bulletin of Marine Science* 75(1): 51-61.
- Ruiz-Boijseauneau, I., 2008. *Estructura de la comunidad de quetognatos en el Golfo de California, México*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 50 p.
- Sanvicente-Añorve, L.E., 1990. *Comunidades ictioplanctónicas en el suroeste del Golfo de México*. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, 58 p.
- Sanvicente-Añorve, L., X. Chiappa-Carrara y A. Ocaña-Luna, 1999. Distribución espacial y estacional de ictioplancton en dos sistemas lagunares de la Reserva de la biósfera de Sian'Kan, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical* 47 (Supl. 1): 175-185.

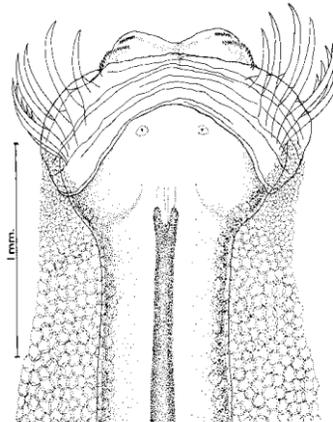
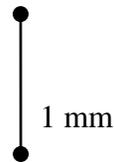
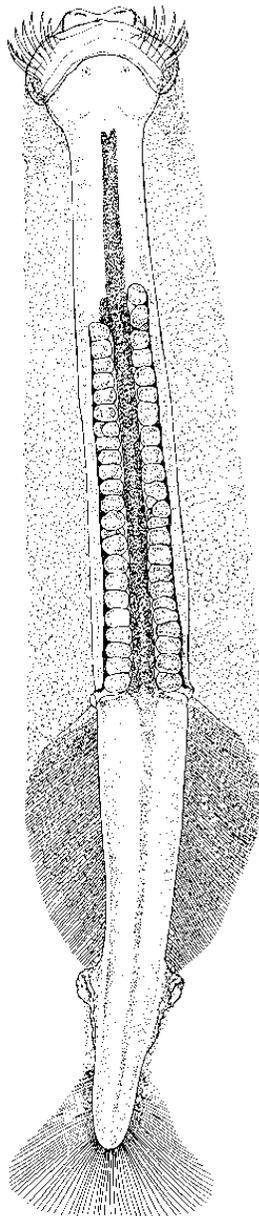
- Sanvicente-Añorve, L., C. Flores-Coto y X. Chiappa-Carrara, 2000. Temporal and spatial scales of ichthyoplankton distribution in the southern Gulf of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 51: 463-475.
- Sanvicente-Añorve, L., X. Chiappa-Carrara y A. Ocaña-Luna, 2002. Spatio-temporal variation of ichthyoplankton assemblages in two lagoon systems of the Mexican Caribbean. *Bulletin of Marine Science* 70(1): 19-32.
- Sanvicente-Añorve, L., A. Hernández-Gallardo, S. Gómez-Aguirre y C. Flores-Coto, 2003. Fish larvae from a Caribbean estuarine system. Pp. 366-379. *In: Browman, H.I. y A.B. Skiftesvik (Ed.). The Big Fish Bang. Proceedings of the 26<sup>th</sup> Annual Larval Fish Conference. Institute of Marine Research, Noruega. 475 p.*
- Strömberg, K.H.P., T.J. Smyth, J.I. Allen, S. Pitois y T.D. O'Brien, 2009. Estimation of global zooplankton biomass from satellite ocean colour. *Journal of Marine Systems* (en prensa).
- Suárez-Morales, E., 1994. Comunidades zooplanctónicas de las lagunas costeras. Pp. 247-268. *In: G. de la Lanza-Espino y C. Cáceres-Martínez (Eds), Lagunas costeras y el litoral mexicano. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México, 525 p.*
- Suárez-Morales, E. y R. Gasca, 1998. Thecosome pteropod (Gastropoda) assemblages of the Mexican Caribbean Sea (1991). *The Nautilus* 112(2): 43-51.
- Suárez-Morales, E. y R. Gasca, 2000. The planktonic copepod community at Mahahual reef, western Caribbean. *Bulletin of Marine Science* 6(1): 255-267.
- Suárez-Morales, E. y E. Rivera-Arriaga, 1998. Zooplankton e hidrodinámica en zonas litorales y arrecifales de Quintana Roo, México. *Hidrobiológica* 8(1): 19-32.
- Suárez-Morales, E., L. Segura-Puertas y R. Gasca, 1999. Medusan (Cnidaria) assemblages off the Caribbean coast of Mexico. *Journal of Coastal Research* 15(1): 140-147.
- Tokioka, T., 1955. Notes of the some chaetognaths from the Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean* 5(1): 52-65.

- Tovar, E., E. Suárez-Morales y L. Carrillo, 2009. Multiscale variability of the Chaetognatha along a Caribbean reef lagoon system. *Marine Ecology Progress Series* 375:151-160.
- Ulloa, R., S. Palma y N. Silva, 2004. Relationship between spatial distribution of chaetognaths and oceanographic conditions off Concepcion Bay, Chile. *Deep-Sea Research II* 51: 537-550.
- Vásquez-Yeomans, L., U. Ordóñez-López y E. Sosa, 1998. Fish larvae adjacent to a coral reef in the western Caribbean Sea off Mahahual, Mexico. *Bulletin of Marine Science* 61(2): 229-245.
- Vega-Rodríguez, F., 1965. Distribución de Chaetognatha en Veracruz, Ver. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* XXXVI (12): 229-247.
- Wiens, J.A., 1989. Spatial scaling in ecology. *Functional ecology* 3(4): 385-397.
- Yoshioka P.M., G.P. Owen y D. Pesante, 1985. Spatial and temporal variations in Caribbean zooplankton near Puerto Rico. *Journal of Plankton Research* 7(6): 733-751.

# Apéndice

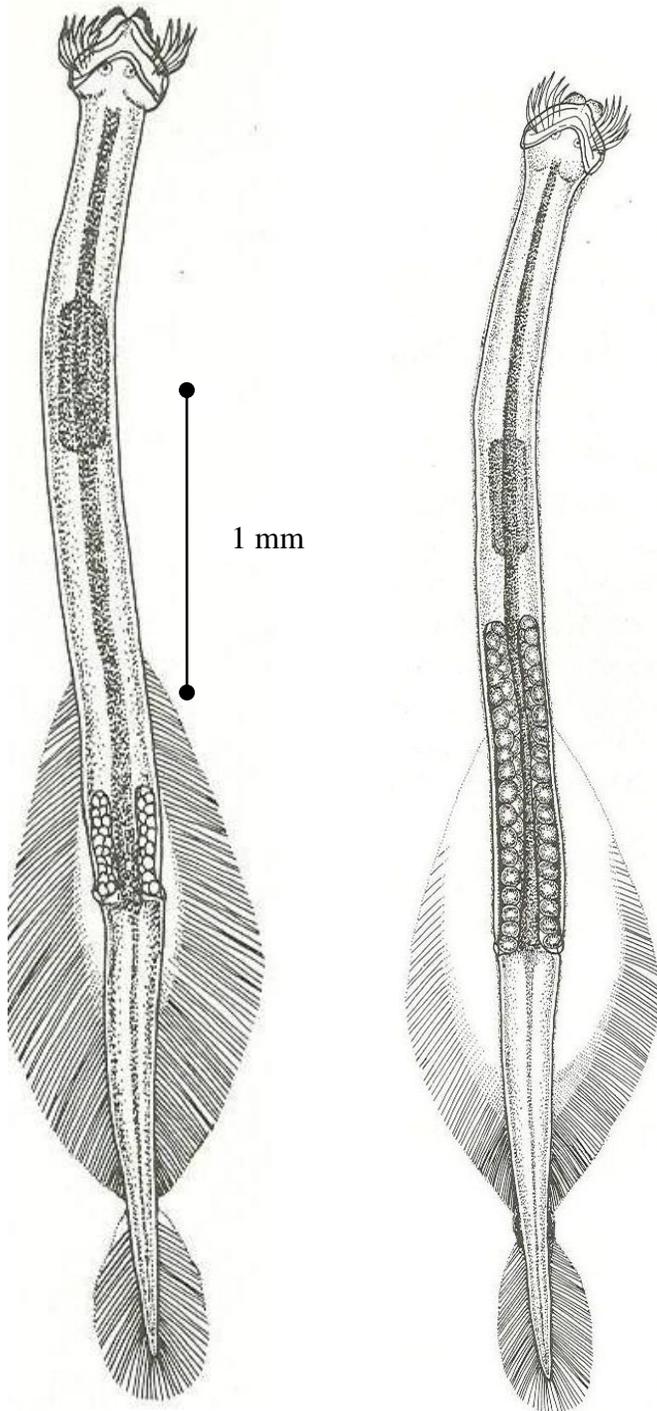
**APÉNDICE 1. Principales características observadas para la identificación de las diez especies encontradas en la Costa sur del Caribe mexicano, frente a Majahual, durante noviembre 2006 y abril 2007. Tomado de Alvarino<sup>1</sup> (1967) y Casanova<sup>2</sup> (1999).**

*Pterosagitta draco*<sup>1</sup> (Krohn, 1853)



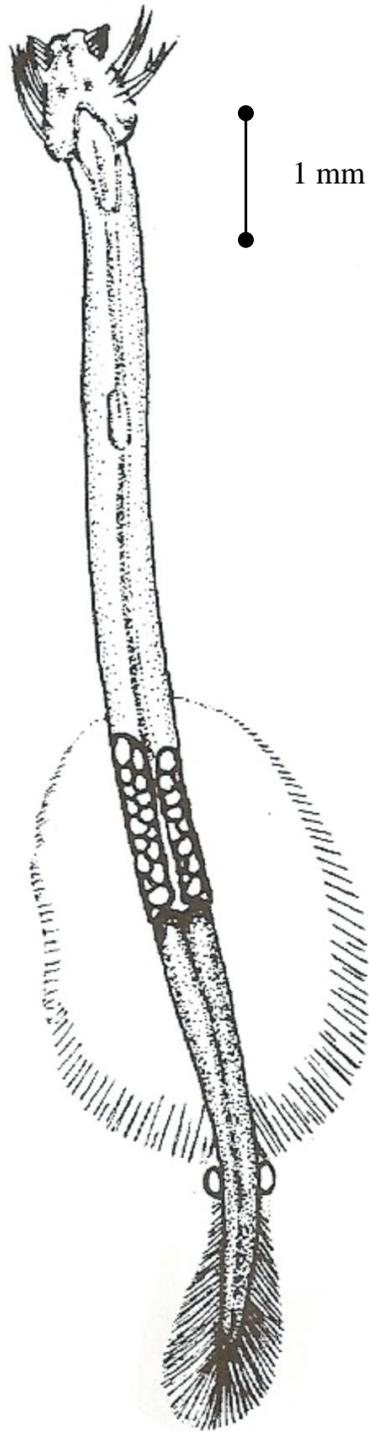
Posee divertículos.  
Un par sencillo de aletas cortas, laterales, confinadas al segmento caudal.  
Las aletas tienen contacto con las vesículas seminales.  
Collarete extendido desde el cuello hasta las aletas en especímenes bien conservados.

*Krohnitta pacifica*<sup>1</sup> (Aida,  
1897)



Posee un sencillo par de aletas alargadas, que se extienden tanto en el segmento caudal como en el tronco, y tocan la vesícula seminal, radiadas casi en su totalidad, salvo la porción más interna. Carece de collarete y es de talla pequeña (< 9 mm). Cuando presenta ovarios maduros, estos se extienden más allá del extremo anterior del ganglio ventral.

*Krohnitta subtilis*<sup>2</sup> (Grassi,  
1881)

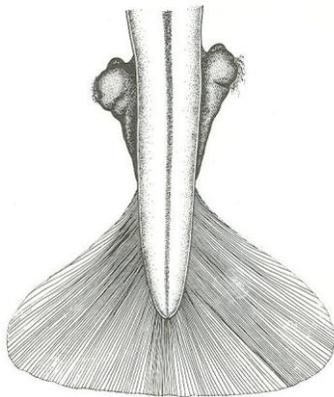


Un sencillo par de aletas alargadas, que se extienden tanto en el segmento caudal como en el tronco, y tocan la vesícula seminal. Casi en su totalidad carecen de radios salvo la porción más externa. Carece de collarete y presenta tallas  $\geq 16$  mm.

Cuando presenta ovarios maduros, estos por lo general no se extienden más allá del extremo anterior del ganglio ventral, si esto ocurre la distancia es poca.



1 mm



*Sagitta decipiens*<sup>1</sup>

Fowler, 1905

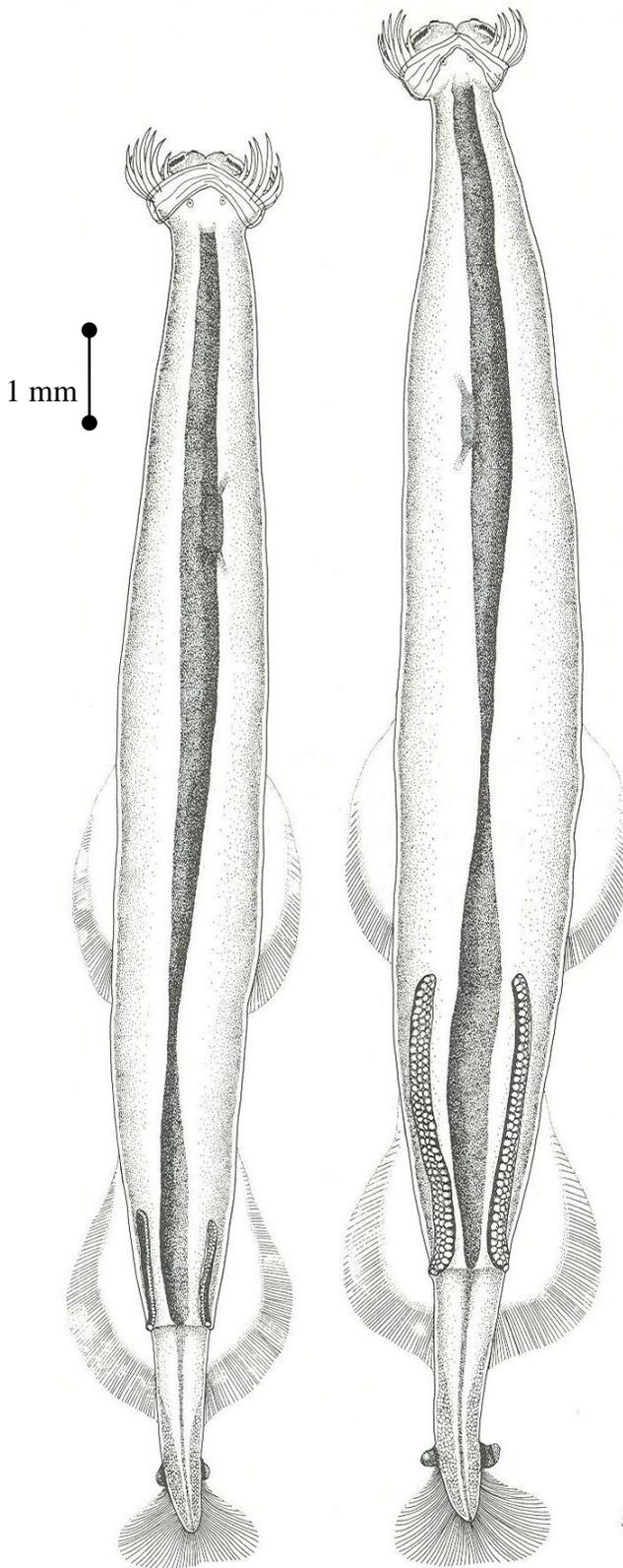
Dos pares de aletas laterales radiadas sólo en el extremo más externo, la aleta anterior suele tocar el ganglio ventral, la aleta posterior es ligeramente más ancha.

Cuerpo delgado, rígido y opaco. Tallas por debajo de 20 mm generalmente y superiores a 9 mm.

Vesículas seminales separadas de la aleta posterior y de la aleta caudal.

Presenta divertículos intestinales y carece de collarete.

*Sagitta enflata*<sup>2</sup>  
Grassi, 1881



Dos pares de aletas laterales separadas completamente, redondas y cortas.

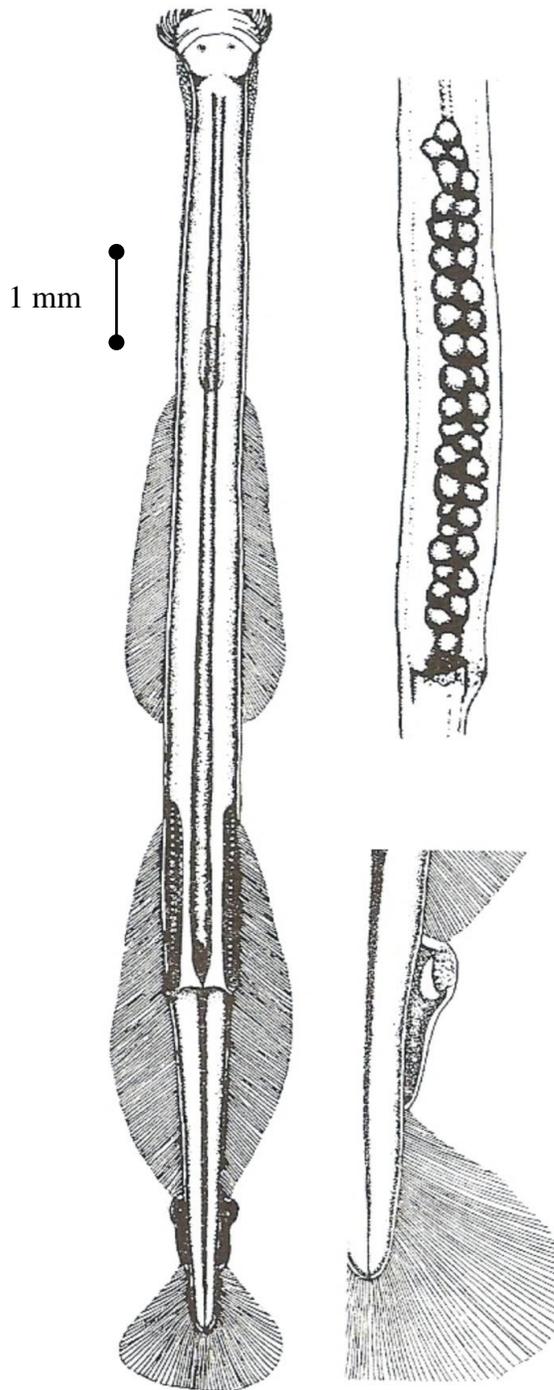
Cuerpo flácido, ancho y translúcido.

Tallas entre 15 y 40 mm generalmente.

Vesículas seminales separadas de la aleta posterior y caudal.

Sin divertículos intestinales.

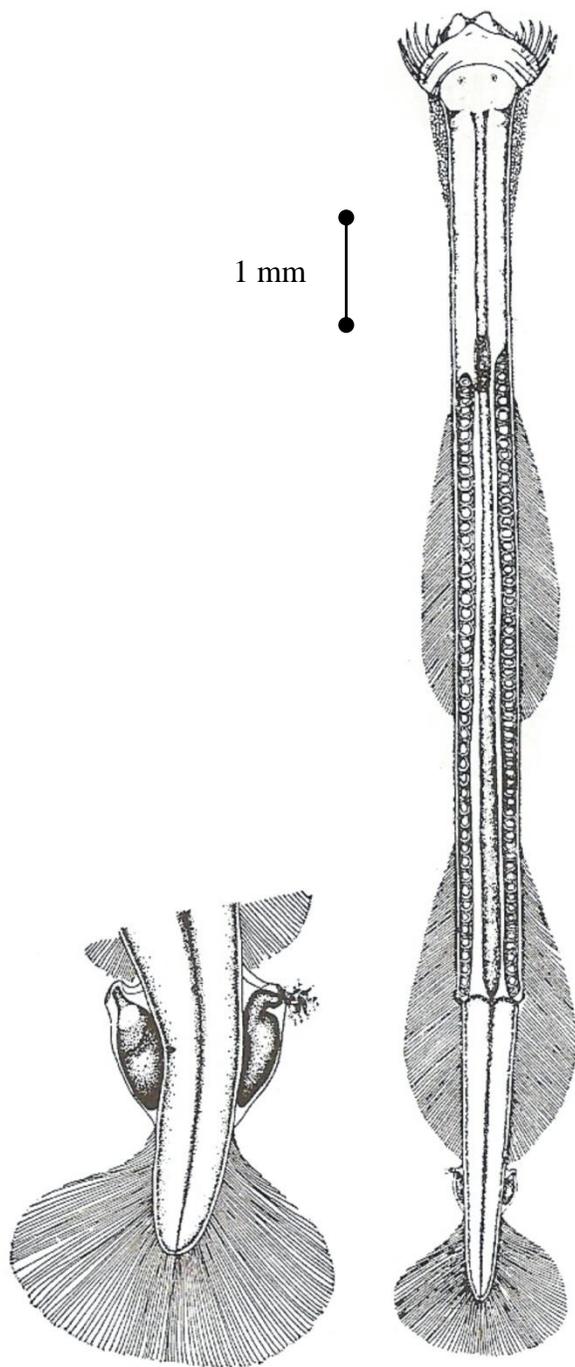
*Sagitta friderici*<sup>2</sup>  
Ritter-Záhony, 1911



Dos pares de aletas laterales completamente radiadas.  
Cuerpo delgado, rígido y opaco.  
Sus tallas alcanzan 13 mm generalmente.  
Vesículas seminales adyacentes a ambas aletas, posterior y caudal.  
El ovario maduro es largo, con varios pequeños óvulos arreglados en dos o más columnas.  
Sin divertículos intestinales.  
Con un collarete pequeño.

*Sagitta helenae*<sup>2</sup>

Ritter-Záhony, 1910



Dos pares de aletas laterales completamente radiadas.

Cuerpo delgado, rígido y opaco.

Tallas por debajo de 20 mm generalmente.

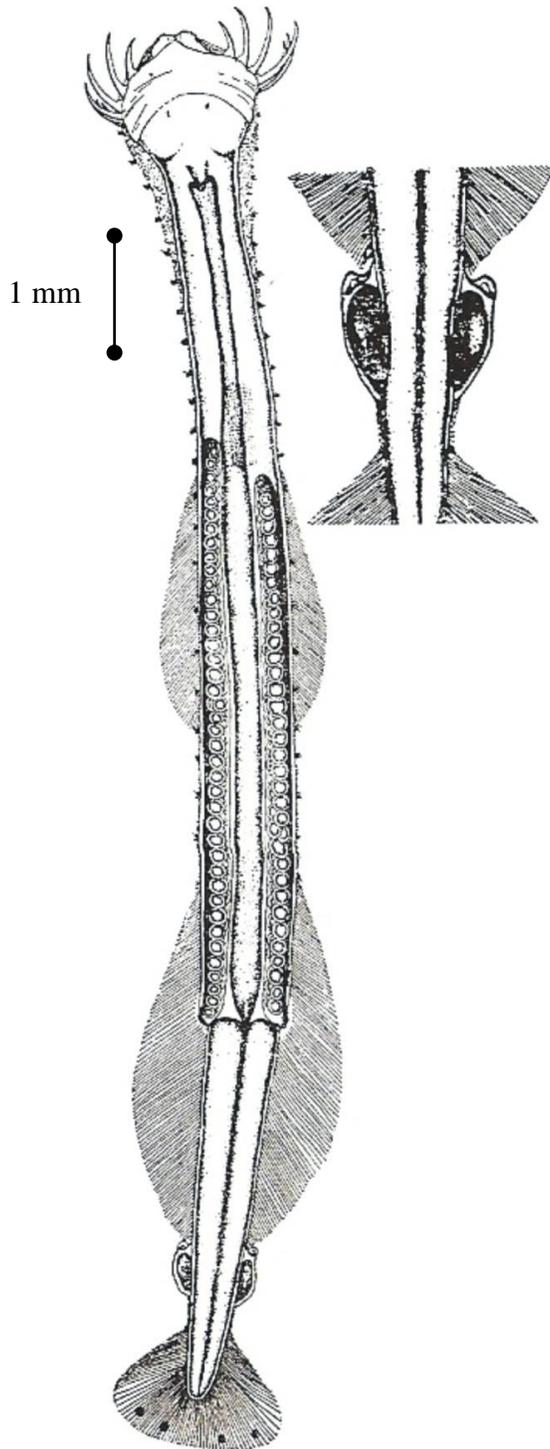
Dientes anteriores inusualmente numerosos: de 8 – 10 dientes en especímenes de ~7 mm, y hasta 17 en especímenes de 15 mm.

Sin divertículos intestinales.

Con un collarete bien desarrollado.

*Sagitta hispida*<sup>2</sup>

Conant, 1895



Dos pares de aletas laterales completamente radiadas.

Cuerpo delgado, rígido y opaco.

Tallas por debajo de 20 mm generalmente.

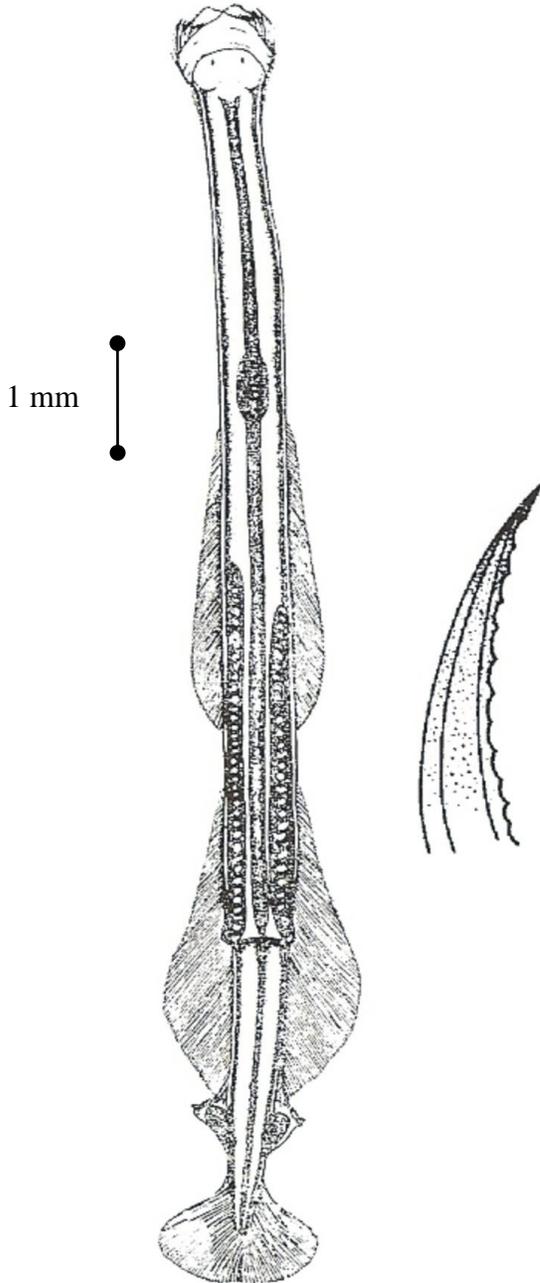
Vesículas seminales separadas de la aleta caudal por casi la mitad de su largo y adyacentes a la aleta lateral posterior.

Divertículos intestinales presentes.

Con un collarete bien desarrollado.

*Sagitta serratodentata*<sup>2</sup>

Krohn, 1853



Dos pares de aletas laterales completamente radiadas.

Cuerpo delgado, rígido y opaco.

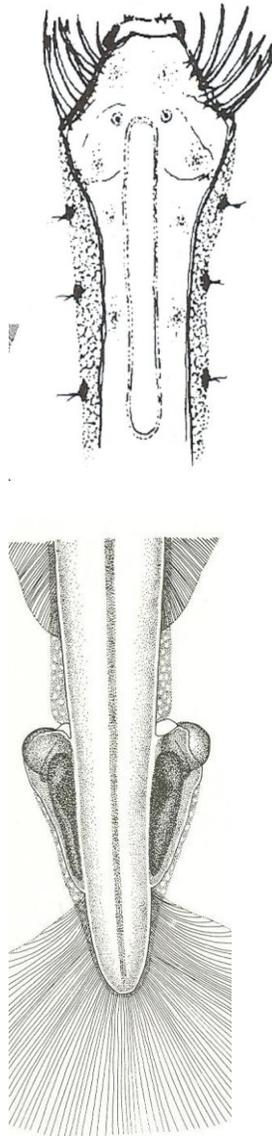
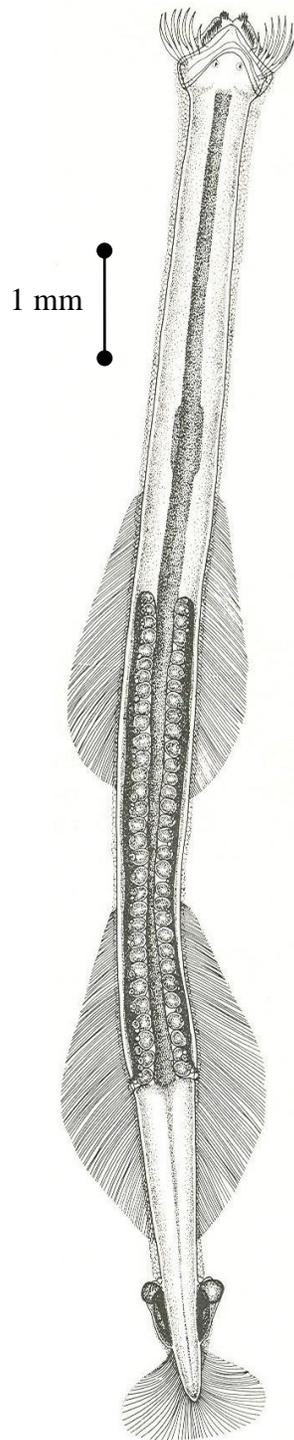
Tallas por debajo de 20 mm generalmente.

Ganchos finamente aserrados.

En especímenes maduros las vesículas seminales son bien distintivas debido a una cresta dentada, bien separadas de la aleta caudal.

Sin divertículos intestinales.

Con collarete muy pequeño.



***Sagita bipunctata*<sup>1,2</sup>**

Quoy and Gaimard, 1827

Dos pares de aletas laterales completamente radiadas.

Cuerpo delgado, rígido y opaco. Tallas por debajo de 20 mm generalmente.

Vesículas seminales separadas de la aleta posterior y adyacentes a la aleta caudal.

Sin divertículos intestinales.

Con un collarete bien desarrollado.

Apéndice 2. Revisión bibliográfica, de investigaciones realizadas en el Caribe mexicano y Golfo de México, sobre el hábitat de las diez especies encontradas en el presente trabajo. p=principalmente; E= en ese trabajo, sin hacer otra referencia; © = citan a varios autores; TT= de aguas templadas y tropicales.

Autor	Artículo	Área de estudio	Características del área de estudio	Muestreo	No. de especies registradas
Hernández-Flores, 2003.	Report on a collection of chaetognaths from Banco Chinchorro, Mexican Caribbean sea	Banco Chinchorro.	Atolón oceánico, profundidad alrededor 1000 m, dentro entre 1 y 11 m.	Fuera y dentro del arrecife, mayoría nocturno, arrastres superficiales 0-5 m	9
Hernández. et al., 2005.	Seasonal distribution of chaetognatha in a mexican neotropical bay during a year cycle	Bahía Ascensión.	Laguna costera, entrada de agua dulce estacional por tierra y subterránea, profundidad promedio de 3.2 m.	Superficial, red de 0.3 mm	6
Ramírez-Ávila y Álvarez-Cadena, 1999.	Chaetognath species composition from coral reef lagoon in the Mexican Caribbean sea	Laguna arrecifal, Puerto Morelos, plataforma continental.		2 localidades, red de 0.3 mm, media noche	9
Álvarez-Cadena <i>et al.</i> 2008.	Composición, abundancia y distribución de las especies de quetognatos del litoral norte del Caribe de México	Norte de Quintana Roo.	Zona arrecifal, lagunar y oceánica.	Superficial en la zona lagunar, arrecifal y oceánica. Profundidad de arrastre < 10 m, red de 330 mm, diurnos	11
Álvarez-Cadena et al., 1996.	Observations on an isolated population of <i>Sagitta hispida</i> Conant (Chaetognatha) in a tropical lagoon system of the northeast Yucatan (Mexico)	Sistema Lagunar Nichupté, Norte de Quintana Roo.	Agua dulce provista por ríos y subterránea, profundidad entre 1.5 y 2.5 m.	Superficial, red de 0.3 mm, matutino	1
Gasca et al , 1996.	Chaetognath assemblages in the Mexican Caribbean sea (1991)	Mar Caribe mexicano, todo el litoral.	Estaciones sobre talud y oceánicas.	Profundidad de arrastre de 0-50 m, red de 0.3 mm, diurnos y nocturnos	17
Michel, 1984.	Chaetognaths of the Caribbean Sea and adjacent areas	Es un manual ilustrado de identificación y distribución que se realizó en SW del Atlántico norte, Mar Caribe, Golfo de México y Corriente de Florida, todo la distribución es referida a múltiples autores.			20
Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 1999.	Los quetognatos (Chaetognatha) del Banco de Campeche en abril-mayo de 1986	Banco de Campeche.	Se presentan afloramientos de aguas profundas.	Arrastre oblicuo de 13.7 a 211 m, red de 0.3 mm.	12
Vega-Rodríguez, 1965.	Distribución de Chaetognatha en Veracruz, Ver.	Plataforma continental, Veracruz.	Nerítico y oceánico, a unas distancia de 207 m.n. de la costa, hay desembocadura de ríos. Profundidad desde 13 a 250 m.	Mustreo del epiplanctón a < 200 m, red de 0.174 y 0.705 mm.	3
Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 2001.	The chaetognatha of the southwestern Gulf of Mexico during april-may, 1986	Suroeste de Zona Económica Exclusiva del Golfo de México.		Arrastre oblicuo a profundidad de 10 a 200 m, estaciones oceánicas; red bongo 0.250 mm, diurnos y nocturnos.	14
Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 2003.	Distribución y abundancia de los quetognatos de la plataforma tamaulipeca y océano adyacente en abril de 1987	Plataforma tamaulipeca y océano adyacente.	Plataforma continental y una porción de zona oceánica.	Arrastres oblicuos, profundidad p. < 100 m, algunas entre 400 y 2000, red bongo de 0.3 mm.	13
Maidana y Mostajo, 1980.	Fauna de quetognatos de las costas este y oeste de la Península de Florida	Costa este y oeste de Florida.	no específica	Arrastre a < 66 m, se infiere que es nerítico.	11
McLelland, 1989.	An illustrated key to the chaetognaths of the northern Gulf of Mexico with notes on their distribution	Norte de Golfo de México.		Varias expediciones, p. sobre la plataforma y talud.	
Tokioka, 1955.	Notes of some chaetognaths from the Gulf of Mexico	Golfo de México.			3
Grant, 1991.	Chaetognatha from the Central and Southern Middle Atlantic Bight: Species composition, temperature-salinity relationships and interspecific associations	Costa noreste de los Estados Unidos. "Middle Atlantic Bight", al sur de Nueva Jersey y Maryland.	Aguas de plataforma continental, <200 m.	Transectos prependerculares a la costa, arrastres superficiales (< 10 m) y oblicuos con red de 0.5 mm.	18
Cheney, 1985.	Spatial and temporal abundance patterns of oceanic chaetognaths in the western North Atlantic I. Hydrographic and seasonal abundance patterns	Noratlántico oeste.	Talud y oceánica (profundidad > 200 m), dos sistemas de giros semicerrados con características físicas y biológicas propias, dos masas de agua SW (aguas de talud) y NSS(agua del norte del Mar Sargasso).	Arrastres oblicuos, con 8 intervalos, desde 1000 m a superficie; redes de apertura-cierre (0.333 mm). Dia y noche.	2
Pierrot-Bults, 2008.	A short note on the biogeographic patterns of the Chaetognatha fauna in the North Atlantic	Atlántico norte.	Muestreo de diferentes masas de agua en dos provincias biogeográficas diferentes SAP (Provincia sub-Ártica) y CTP (Provincia fría-templada) y la región frontal, estaciones oceánicas.	Arrastres oblicuos desde 3000 m a la superficie, red de 0.75 mm.	16
Ulloa, <i>et al.</i> , 2004.	Relationship between spatial distribution o chaetognaths and oceanographic conditions off Conception Bay, Chile	Bahía Concepción, Chile.	Tres transectos perpendiculares a la costa, desde <100 hasta 1800 m.	Arrastres oblicuos a máximo 200 m. y estratificados a 25, 50 y 100 m, red de 0.35 mm.	10
Casanova, 1999.	Chaetognatha	Atlántico Sudoccidental.	Revisión de la distribución de diferentes especies de quetognatos, tanto bentónicos como planctónicos, en base a varios autores. Se aborda el área tanto nerítica como oceánica y toda la columna de agua, incluye el bentos.		25

Apéndice 2 continuación. Revisión bibliográfica de investigaciones realizadas en el Caribe mexicano y Golfo de México, sobre el hábitat de las diez especies encontradas en el presente trabajo. p=principalmente; E= en ese trabajo, sin hacer otra referencia; © = citan a varios autores; TT= de aguas templadas y tropicales.

Autor	<i>Pterosagitta draco</i>	<i>Krohnitta pacifica</i>	<i>K. subtilis</i>	<i>Sagitta enflata</i>	<i>S. helenae</i>
Hernández-Flores, 2003.	E	E	E	E	
Hernández. et al., 2005.	Presente en la zona del frente oceánico.	E		E	
Ramírez-Ávila y Álvarez-Cadena, 1999.	E	E		E	E
Álvarez-Cadena <i>et al.</i> 2008.	Asociada a alta salinidad y baja temperatura.	Asociada a alta salinidad y baja temperatura.		Presente p. en la zona oceánica. Asociada a alta salinidad y baja temperatura.	Asociada a alta salinidad.
Álvarez-Cadena et al., 1996.					
Gasca et al , 1996.	E	E	E	E	E
Michel, 1984.	Epipelágica, oceánica, cosmopolita. TT.	< 200 m, epipelágica.	Mesoplanctónica.	Epipelágica, común de aguas cálidas, se presenta más cerca de masas de tierra que en mar abierto, oceánica, con frecuencia llevada a aguas neríticas por movimiento de mareas.	Nerítica y extremadamente epipelágica cuando esta en mar abierto, encontrada hasta 600 m cuando hay entrada de aguas superficiales, restringida al Atlántico norte, especie típica de plataforma continental, indicadora de fuerte influencia costera en el Caribe este ©.
Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 1999.	Oceánica, epiplanctónica, TT. Se encontró al norte de la plataforma donde hay alta influencia de la corriente de Yucatán.	Oceánica, epiplanctónica, TT. Encontrada cerca del canal de entrada de la corriente de Yucatán.	Oceánica, epiplanctónica, TT.	Oceánica, epiplanctónica, TT, carácter eurioico, abundante en aguas costeras ©.	
Vega-Rodríguez, 1965.	E	E	E	E	
Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 2001.	Observó mayor abundancia en la zona oceánica y baja abundancia cerca del talud y la plataforma.	E	E	Observada en estaciones cercanas a la costa y plataforma. Cosmopolita.	
Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 2003.	Muestra mezcla del agua costera y oceánica ©.	Oceánica.	Muestra mezcla del agua costera y oceánica ©.	Especie poco tolerante a bajas temperaturas ©, mostró baja densidad en estaciones oceánicas.	
Maidana y Mostajo, 1980.	Su presencia indicó agua oceánica.		E	Se le menciona como eurihalina euritérmica y cosmopolita	Se le menciona como eurihalina y euritérmica
McLelland, 1989.	Oceánica, epiplanctónica, TT, tolera aguas de la plataforma continental ©.	Seminerítica, epiplanctónica, cosmopolita, TT ©.	Oceánica, del bajo epiplancton y mesoplanctónica, TT, ©; se le considera no común en aguas costeras.	Oceánica y seminerítica, cosmopolita, epiplanctónica, TT, se le menciona como poco tolerante a baja salinidad y a altas temperaturas constantes.	Nerítica, epiplanctónica, asociada a aguas tropicales, de alta salinidad y presente en plataforma continental.
Tokioka, 1955.				Cosmopolita p. de aguas cálidas.	
Grant, 1991.	Denominados como quetognatos de aguas cálidas, ausentes en temperaturas < 9 °C y salinidades bajas.	Denominados como quetognatos de aguas cálidas, igualmente frecuentes en muestreos superficiales que en oblicuos, aunque son más frecuentes en superficiales, asociados a las mayores temperaturas.		Denominados como quetognatos de aguas cálidas, igualmente frecuentes en muestreos superficiales que en oblicuos, aunque más frecuentes en superficiales, ausentes en temperaturas < 9 °C.	Denominados como quetognatos de aguas cálidas, igualmente frecuentes en muestreos superficiales que en oblicuos, aunque son más frecuentes en superficiales, ausentes en temperaturas < 9 °C, asociados a altas salinidades.
Cheney, 1985.	Especie registrada mas abundante en aguas mas profundas (NSS). Exclusiva < 200 m.	Igualmente abundante entre las dos masas de agua aunque en general escasa, se le considera una especie oceánica que se transportó desde las aguas ecuatoriales de la Corriente del Golfo.	Especie registrada mas abundante en aguas mas profundas (NSS), puede encontrarse > 200 m.	Igualmente abundante entre las dos masas de agua. Aunque se le ha considerado oceánica cosmopolita, en el Atlántico noroeste es muy abundante en aguas costeras ©. No se le considera una especie muy abundante en el NSS.	Especie presente en mayor abundancia en aguas del talud que el aguas mas profundas. Especie costera abundante en las costas del sureste de USA ©, se le asoció a aguas de plataforma y de la Corriente del Golfo.
Pierrot-Bults, 2008.	Especie de aguas cálidas que pueden tolerar aguas frías de láminas mesopelágicas, subtropicales.		Especie de aguas cálidas que pueden tolerar aguas frías de láminas mesopelágicas, subtropicales.		
Ulloa, <i>et al.</i> , 2004.		E.	De carácter epipelágico.	Abundante y frecuente en zona costera, epiplanctónica, máximas abundancias asociadas a una mayor estabilidad de la columna de agua. Correlacionada positivamente con la temperatura.	
Casanova, 1999.	Tropical-subtropical.	Tropical.	Tropical-subtropical.	Tropical-subtropical.	Endémica de las costas de América..

Apéndice 2 continuación. Revisión bibliográfica de investigaciones realizadas en el Caribe mexicano y Golfo de México, sobre el hábitat de las diez especies encontradas en el presente trabajo. p=principalmente; E= en ese trabajo, sin hacer otra referencia; © = citan a varios autores; TT= de aguas templadas y tropicales.

Autor	<i>S. bipunctata</i>	<i>S. hispida</i>	<i>s. friderici</i>	<i>S. serratodentata</i>	<i>S. decipiens</i>
Hernández-Flores, 2003.	E	E		E	
Hernández. et al., 2005.		E		Presente en la zona del frente oceánico.	Presente en la zona del frente oceánico.
Ramírez-Ávila y Álvarez-Cadena, 1999.	E	E		E	
Álvarez-Cadena <i>et al.</i> 2008.	Asociada a alta salinidad y baja temperatura.	Única en zona lagunar, asociada a baja salinidad y temperatura.	Asociada a alta salinidad y baja temperatura.	Presente p. en zona oceánica. Asociada a alta salinidad.	
Álvarez-Cadena et al., 1996.		E			
Gasca et al , 1996.	E	E	E	E	E
Michel, 1984.	Epipelágica, oceánica, cosmopolita, TT pero p. en templadas.	Nerítica y extremadamente epipelágica cuando esta en mar abierto, encontrada hasta 600 m cuando hay entrada de aguas superficiales, epipelágica, ampliamente distribuida en aguas costeras y tropicales, especie Atlántica. Su presencia indica mezcla de aguas neríticas y oceánicas ©.	Nerítica y extremadamente epipelágica cuando esta en mar abierto, conocimiento limitado.	Epipelágica, común, oceánica, de aguas tropicales y subtropicales del Atlántico norte, presente en varios océanos.	Mesopelágica, cosmopolita, TT.
Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 1999.	Oceánica, epiplanctónica, TT. Rara en el Caribe ©.	Del Atlántico tropical, nerítica, señalan su preferencia por aguas costeras, característica del Golfo de México, ©.		Oceánica, epiplanctónica, TT. Común en la corriente de Florida. Se encontró al norte de la plataforma continental donde hay alta influencia de la corriente de Yucatán.	Oceánica, epiplanctónica, TT, indicadora de surgencias. Encontrada cerca del canal de entrada de la corriente de Yucatán.
Vega-Rodríguez, 1965.		E		E	
Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 2001.	E	Posible indicador de agua del Golfo de México ©, observada p. en estaciones neríticas.	Se le observó en una estación oceánica y otra cercana al talud.	Se observó en la zona oceánica con mayor abundancia, cerca de talud y en la plataforma con baja abundancia.	Mesoplanctónica, presente sobre la plataforma, indica posible presencia de aguas profundas.
Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 2003.	De estirpe oceánica indicadora de salinidades elevadas ©, presente en estaciones oceánicas cercanas al talud, señala mezcla de agua costera y oceánica ©.	Oceánica.		La mencionan como indicadora de aguas del talud y corrientes del Golfo de México, tolera bajas salinidades ©.	Oceánica.
Maidana y Mostajo, 1980.	E	E		Su presencia indicó agua oceánica.	Mesoplanctónica, hallada en el epiplancton en estado inmaduro.
McLelland, 1989.	Oceánica, cosmopolita, TT, epiplanctónica y mesoplanctónica superior. Indicadora de alta salinidad y agua oceánica.	Nerítica, epiplanctónica, presente en aguas costeras de las cuales indica su presencia ©.	Nerítica, epiplanctónica, asociada a aguas costeras y adyacentes de salinidades bajas, aunque tolerante a aguas oceánicas.	Oceánica, epiplanctónica, de aguas tropicales con alta salinidad, pero tolerante a baja salinidad. presente en aguas costeras de regiones templadas.	Oceánica, cosmopolita, TT, del bajo epiplancton y profundo mesoplancton, asociada a bajos niveles de iluminación y temperatura ©.
Tokioka, 1955.		De aguas cálidas costeras.			
Grant, 1991.	Encontrada sólo en arrastres superficiales.	Denominados como quetognatos de aguas cálidas, igualmente frecuentes en muestreos superficiales que en oblicuos, aunque más frecuentes en superficiales, asociados a las mayores temperaturas y ausentes en temperaturas < 9 °C, tolerantes a un amplio rango de salinidades.		Denominados como quetognatos de aguas cálidas, igualmente frecuentes en muestreos superficiales que en oblicuos, aunque más frecuentes en superficiales, asociados a las mayores temperaturas.	
Cheney, 1985.	Especie registrada como más abundante en aguas más profundas (NSS). Exclusiva < 200 m.	Especie registrada como rara en el estudio. Costera, abundante en las costas del sureste de USA ©. Se le registra en sólo una estación con la salinidad más alta.		Especie registrada como más abundante en aguas más profundas (NSS). Exclusiva < 200 m. Restringida al Atlántico.	Especie registrada abundante en aguas más profundas (NSS). Puede encontrarse > 200 m.
Pierrot-Bults, 2008.				Especie de aguas cálidas que pueden tolerar aguas frías de láminas mesopelágicas, subtropicales.	
Ulloa, <i>et al.</i> , 2004.					Se le identifica como especie mesopelágica, oceánica, asociada a la temporada de surgencias. Correlacionada negativamente con el oxígeno disuelto.
Casanova, 1999.	Tropical-subtropical.	Tropical.	De las costas de América y África.	Tropical-subtropical.	Tropical-subtropical.

