



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

**DISTRIBUCIÓN TRIDIMENSIONAL Y ABUNDANCIA DE LA
FAMILIA *Euphausiidae* EN EL SURESTE DEL GOLFO DE MÉXICO
(AGOSTO DEL 2014).**

T E S I S
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS
BIOLOGÍA MARINA

PRESENTA:
BIÓL. HERMELINDA TREJO ROSAS

TUTOR PRINCIPAL

DR. ADOLFO GRACIA GASCA
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA (C.U)

COMITÉ TUTORAL

DR. SERGIO CHÁZARO OLVERA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA.

DRA. MARÍA ANA FERNÁNDEZ ÁLAMO
FACULTAD DE CIENCIAS (C. U)

DR. ESTUARDO LÓPEZ VERA
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA (C.U)

DRA. ADELA MONREAL GÓMEZ
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA (C.U)

MÉXICO, CD. MX., JUNIO 2018.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



**DISTRIBUCIÓN TRIDIMENSIONAL Y ABUNDANCIA DE LA
FAMILIA *Euphausiidae* EN EL SURESTE DEL GOLFO DE MÉXICO
(AGOSTO DEL 2014).**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRA EN CIENCIAS

BIOLOGÍA MARINA

P R E S E N T A

BIÓL. HERMELINDA TREJO ROSAS

TUTOR PRINCIPAL: DR. ADOLFO GRACIA GASCA

COMITÉ TUTORAL: DR. SERGIO CHÁZARO OLVERA
DRA. MARÍA ANA FERNÁNDEZ ÁLAMO
DR. ESTUARDO LÓPEZ VERA
DRA. ADELA MONREAL GÓMEZ

MÉXICO, CD. MX., JUNIO 2018.

Agradecimientos Institucionales

Al *Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología*, por darme las bases y la formación académica necesaria.

A *CONACyT* por la beca otorgada durante los dos años de la maestría, al Proyecto PAPIIT IN223109-3 Biodiversidad y Recursos Pesqueros Potenciales del Mar Profundo del Golfo de México, por el apoyo económico para la realización de este trabajo.

Al proyecto D1/CH2012-01, Implementación de redes de observaciones oceanográficas (físicas, geoquímicas, ecológicas) para la generación de escenarios ante posibles contingencias relacionadas a la exploración y producción de hidrocarburos en aguas profundas del Golfo de México del fondo sectorial CONACyT-SENER-HIDROCARBUROS por la beca otorgada para la finalizar mi titulación.

A mi tutor principal el *Dr. Adolfo Gracia*, le estoy infinitamente agradecida por todo el tiempo que me dedico, gracias por todas las correcciones, llamadas de atención para que esto saliera como debía ser. Agradezco su confianza y por permitirme trabajar para usted.

A mí comité tutorial, *Dra. Adela Monreal*, *Dr. Estuardo López Vera*, *Dra. María Ana Fernández* y *Dr. Sergio Chazaro*, gracias por todas las correcciones que realizaron a este trabajo y por su apoyo a lo largo de estos años.

A la *Dra. Ana Rosa Vázquez*, gracias por su apoyo incondicional que siempre me ha brindado, por preocuparse por mí, y por ayudarme con lo propio para la realización de esta tesis.

Al B/O "*Justo Sierra*" y a toda su *tripulación*, sin duda alguna es una de las mejores experiencias de la vida; gracias por todo su apoyo, comprensión, entusiasmo, alegría, risas y por todo ese conocimiento que nos han logrado transmitir. Es un placer haberles conocido.

Agradecimientos personales

A mis *padres y hermanos*, porqué aun después de todo siempre estuvieron apoyándome incondicionalmente. Los amo con todo mi corazón.

Juan, gracias por tu amor y paciencia, por recordarme que puedo alcanzar todo lo que me proponga, agradezco que seas parte de mi vida, eres un gran apoyo para mí, gracias por estar a mi lado estos meses.

Marbe, gracias por estar conmigo en todo momento, gracias por no dejarme caer y por siempre apoyarme.

Ivan gracias por ser y estar conmigo, por siempre escucharme, aconsejarme, dedicarme tu tiempo, y por brindarme siempre tu apoyo.

Brenda, Ingrid, Magaly, Paola y San, todas son un gran ejemplo para mí, de cada una he aprendido mucho, gracias por esas platicas, por su apoyo incondicional en todo momento, por compartir siempre su tiempo y sus vidas.

Por último y no menos importantes, mil gracias a cada uno de mis amigos y compañeros de vida, - *Jordan R.B., Josue A. R.B., Aurora J.M., Carlos R.A., Erika A.C., Francisco F., Josue O., Luis E. M.R., Marco Antonio E., Paulina F.A., Quique E.*, - que siempre estuvieron al pendiente de mí de una u otra forma, estoy muy agradecida por tenerlos conmigo, gracias por compartir su tiempo conmigo.

Gracias a mi amada *alma mater* "la UNAM", al *Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* y al *Laboratorio de Ecología Pesquera de Crustáceos*, gracias por formarme profesionalmente, por brindarme los elementos suficientes y necesarios para hoy ser lo que soy.

ÍNDICE GENERAL

1. Introducción	1
2. Antecedentes	4
3. Justificación	5
4. Hipótesis	6
5. Objetivos	7
6. Área de estudio	8
6.1. Topografía	8
6.2. Masas de agua	8
6.3. Circulación y corrientes	9
6.4. Temperatura	10
7. Material y métodos	11
7.1. Trabajo de campo	12
7.2. Trabajo de laboratorio	12
7.3. Análisis y estadísticos	20
8. Resultados	21
8.1 Parámetros fisicoquímicos	21
8.2 Clorofila superficial	22
8.3 Composición	24
8.4 Abundancia vertical y horizontal	26
8.5 Índice de diversidad, densidad y riqueza de géneros	33
8.6 Distribución de géneros en la columna de agua	37
8.7 Diagramas de caja y ANOVA	40
8.8 Regresión múltiple	41
8.9 Regresión polinomial	42
8.10 Distribución por zonas	45
9. Discusión	52
9.1 Parámetros fisicoquímicos	52
9.2 Composición	53
9.3 Abundancia y distribución	54
9.4 Comparación de densidad, riqueza e índice de diversidad	56
9.5 Distribución por zonas	57
10. Conclusiones	58
11. Literatura citada	59
Anexos	
Anexo I	I
Anexo II	II
Anexo III	II

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología general de los eufáusidos	2
Figura 2. Zona de estudio	11
Figura 3. Ejemplares del género <i>Stylocheiron</i> .	13
Figura 4. Ejemplar del género <i>Euphausia</i> .	14
Figura 5. Ejemplar del género <i>Nematoscelis</i> .	15
Figura 6. Ejemplar del género <i>Nematobrachion</i> .	16
Figura 7. Ejemplar del género <i>Thysanoessa</i> .	17
Figura 8. Ejemplar del género <i>Thysanopoda</i> .	18
Figura 9. Ejemplar del género <i>Thysanopoda</i>	19
Figura 10. Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.	21
Figura 11. Clorofila superficial.	22
Figura 12. Comportamiento de la clorofila superficial en cada estación muestreada.	23
Figura 13. Composición de la familia <i>Euphausiidae</i> .	25
Figura 14. Abundancia total de organismos en los distintos estratos de profundidad.	26
Figura 15. Abundancia por estaciones	26
Figura 16. Abundancia total por géneros	27
Figura 17. Abundancia de la familia <i>Euphausiidae</i> a una profundidad de 20m.	28
Figura 18. Abundancia de la familia <i>Euphausiidae</i> a una profundidad de 100m.	29
Figura 19. Abundancia de la familia <i>Euphausiidae</i> a una profundidad de 200m.	29
Figura 20. Abundancia de la familia <i>Euphausiidae</i> a una profundidad de 300m.	30
Figura 21. Abundancia de la familia <i>Euphausiidae</i> a una profundidad de 400m.	30
Figura 22. Abundancia de la familia <i>Euphausiidae</i> a una profundidad de 500m.	31
Figura 23. Abundancia de la familia <i>Euphausiidae</i> a una profundidad de 700m	31

Figura 24. Abundancia de la familia <i>Euphausiidae</i> a una profundidad de 800m.	32
Figura 25. Abundancia de la familia <i>Euphausiidae</i> a una profundidad de 1000m.	32
Figura 26. Mapa de densidad de la familia <i>Euphausiidae</i> .	33
Figura 27. Mapa de riqueza de la familia <i>Euphausiidae</i> .	34
Figura 28. Mapa de diversidad de la familia <i>Euphausiidae</i> .	34
Figura 29. Estaciones con mayor densidad.	35
Figura 30. Estaciones con mayor riqueza.	36
Figura 31. Estaciones con mayor diversidad.	36
Figura 32. Distribución de los géneros en la columna de agua.	37
Figura 33. Distribución de <i>Stylocheiron</i> y <i>Euphausia</i> con base en los parámetros fisicoquímicos a) temperatura, b) salinidad y c) oxígeno.	38-39
Figura 34. Diagrama de caja para <i>Stylocheiron</i> .	40
Figura 35. Regresión polinomial para <i>Stylocheiron</i> a) salinidad, b) temperatura, c) oxígeno y d) profundidad.	43
Figura 36. Regresión para <i>Euphausia</i> a) salinidad, b) temperatura, c) oxígeno y d) profundidad.	44
Figura 37. Masas de agua de la zona A (oeste).	45
Figura 38. Abundancia de la zona A (oeste).	46
Figura 39. Abundancia de géneros de la zona (oeste).	46
Figura 40. Mapas de la zona A (oeste).	47
Figura 41. Masas de agua de la zona B (este).	48
Figura 42. Abundancia de la zona B (este).	49
Figura 43. Abundancia de géneros de la zona B (este).	49
Figura 44. Mapas de la zona B (este).	50
Figura 45. Prueba de ANOVA para la zona B.	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Individuos totales por estación y profundidad.	24
Tabla 2. Individuos totales por estación y profundidad (continuación).	24
Tabla 3. Regresión múltiple para <i>Stylocheiron</i> .	41
Tabla 4. Regresión múltiple para <i>Euphausia</i> .	41
Tabla 5. Regresión múltiple para <i>Thysanopoda</i> .	42
Tabla 6. Densidad de Euphausiidae (ind/m ⁻³) en diferentes zonas.	56

RESUMEN

Distribución tridimensional y abundancia de la familia *Euphausiidae* en el sureste del Golfo de México (Agosto del 2014).

Se analizaron los patrones de abundancia y distribución tridimensional de la familia *Euphausiidae* en el Sureste del Golfo de México (talud continental de Yucatán), además de la relación con los parámetros fisicoquímicos (temperatura (°C), salinidad (ups) y oxígeno (ml/l)). Se hizo una colecta en 25 estaciones, mediante un muestreo estratificado de nueve niveles, con ayuda de redes de apertura-cierre de 500 µm. Se colectaron un total de 6626 individuos pertenecientes a los géneros *Stylocheiron*, *Euphausia*, *Nematoscelis*, *Thysanopoda*, *Thysanoessa* y *Nematobrachion*. La mayor abundancia se presentó en los estratos de 100, 200, 300 y 500 m de profundidad, los géneros más abundantes fueron *Stylocheiron* y *Euphausia*. Todos los géneros se encontraron ampliamente distribuidos en la columna de agua, aunque sus mayores abundancias se localizan a diferentes profundidades, mostrando así un patrón diferencial para su distribución vertical. La familia *Euphausiidae* presentó una riqueza total de 6, una densidad 13.701 ind/100m⁻³ y un índice de diversidad 0.734. Por otro lado, con ayuda del análisis estadístico se corroboró que existe una fuerte relación entre la abundancia y su distribución diferencial de los individuos con los parámetros fisicoquímicos. En el área de estudio se formaron dos zonas de muestreo, por lo que se analizaron por separado para ver si existía una influencia directa de las masas de agua en los individuos, logrando reconocer dos masas de agua CSUW: Agua subtropical subsuperficial del Caribe Modificada y CTSW: Agua Tropical Superficial del Caribe Modificada, las cuales no presentaron diferencias en la composición de géneros, solo se observó una diferencia en la abundancia de los organismos.

Palabras clave: abundancia, distribución tridimensional, *Euphausiidae*, Golfo de México.

ABSTRACT

Three-dimensional distribution and abundance of the *Euphausiidae* family in the southeast Gulf of Mexico (August 2014).

Were analyzed the abundance and three-dimensional distribution patterns of the *Euphausiidae* family in the Southeast of in the Gulf of Mexico (continental slope of Yucatán), in addition to the relationship with the physicochemical parameters (temperature (°C), salinity (ups) and oxygen (ml/l)). The collection was made in 25 stations, through a stratified sampling of nine levels, with the help of 500 µm opening-closing networks. In total of 6626 individuals belonging to the genera *Stylocheiron*, *Euphausia*, *Nematoscelis*, *Thysanopoda*, *Thysanoessa* and *Nematobrachion* were collected. The greatest abundance was found in strata of 100, 200, 300 and 500m depth, the most abundant genera were *Stylocheiron* and *Euphausia*. All genera were widely distributed in the water column, although their higher abundances was located at different depths, thus showing a differential pattern for their vertical distribution. The *Euphausiidae*, family presented a total wealth of 6, a density of 13,701 ind/100m⁻³ and a diversity index of 0.734. On the other hand, with the help of the statistical analysis, it was corroborated that there is a strong relationship between abundance and its differential distribution of individuals with respect to physicochemical parameters. In this study area, two sampling areas were formed, so they were analyzed separately to see if there was a direct influence of the water masses on the individuals, managing to recognize two water masses CSUW: Subtropical subsurface water of the Modified Caribbean and CTSW: Modified Caribbean Surface Tropical Water which did not present differences in the composition of genera, only a difference in the abundance of the organisms was observed.

Keywords: abundance, three-dimensional distribution, *Euphausiidae*, Gulf of Mexico.



1. INTRODUCCIÓN

Uno de los elementos principales del ecosistema oceánico y de agua dulce es el zooplancton, el cual se compone de individuos microscópicos y macroscópicos con capacidad limitada de locomoción por lo que son transportados por los movimientos de las masas de agua (Omori e Ikeda, 1984). Estos organismos realizan migraciones verticales a otras capas o profundidades para huir de los depredadores o en busca de alimento (Gasca y Suárez-Morales, 1996).

La composición y distribución espacial del zooplancton esta modulada principalmente por el patrón de circulación (tanto local como regional) (Monreal-Gómez *et al.*, 2004) y por procesos oceanográficos que determinan las características físicas-químicas-biológicas de la columna de agua (Lenz, 2000). Los organismos zooplanctónicos están ubicados en el nivel secundario de la cadena trófica, que en su mayoría se alimentan de fitoplancton o de materia en suspensión y pueden llegar a caracterizar zonas marinas (Riley, 1946). Se ha encontrado en la naturaleza que estas comunidades varían con las condiciones hidrográficas del mar y con la cantidad de fitoplancton disponible (Lindquist, 1961). El zooplancton es clave en las redes tróficas pelágicas, por ser el medio que transfiere la energía orgánica producida por el fitoplancton a niveles tróficos superiores (Lenz, 2000).

El orden *Euphausiacea* es el segundo grupo más abundante de crustáceos en términos de biomasa para el zooplancton después de los copépodos, constituyen del 5-10% de la biomasa total del zooplancton y aproximadamente el 30% de la biomasa de los crustáceos (Mauchline y Fisher, 1969); este grupo es uno de los eslabones más importantes en las cadenas alimenticias marinas, debido a que son la base de alimentación de muchos organismos como las ballenas, focas, peces y aves marinas (Baker *et al.*, 1990). Los eufásidos se encuentran representados aproximadamente por 90 especies exclusivamente marinas y pelágicas. Desde la primera descripción del primer eufásido por Milne-Edwards en 1830, el estudio de estos organismos se ha mantenido con importancia prioritaria para la investigación oceanográfica (Antezana *et al.*, 1976) y se considera como uno de los grupos zooplanctónicos importantes para los ecosistemas marinos (Castañeda, 1998).

Los eufásidos son crustáceos marinos holoplanctónicos con apariencia de camarón que se distinguen del resto de los eucáridos por la ausencia de maxilípedos, la presencia de branquias torácicas externas en el estadio adulto, toracópodos birrámeos. La mayoría de las especies presentan órganos bioluminiscentes llamados fotóforos (Mclaughlin, 1980) y un desarrollo larvario anamórfico, con dos estadios larvarios característicos del grupo llamados: *calytopis* y *furcilia* (Figura 1). Algunas especies, presentan sacos ovíferos en los cuales se guardan y desarrollan los huevecillos hasta la fase de desarrollo de metanauplio, mientras que otras especies liberan sus huevecillos en la columna de agua (Mauchline y Fisher, 1969). Los eufásidos se encuentran en todos los ambientes marinos, en general son suspensivosos aunque algunos son depredadores y detritívoros (Barnes, 1988).

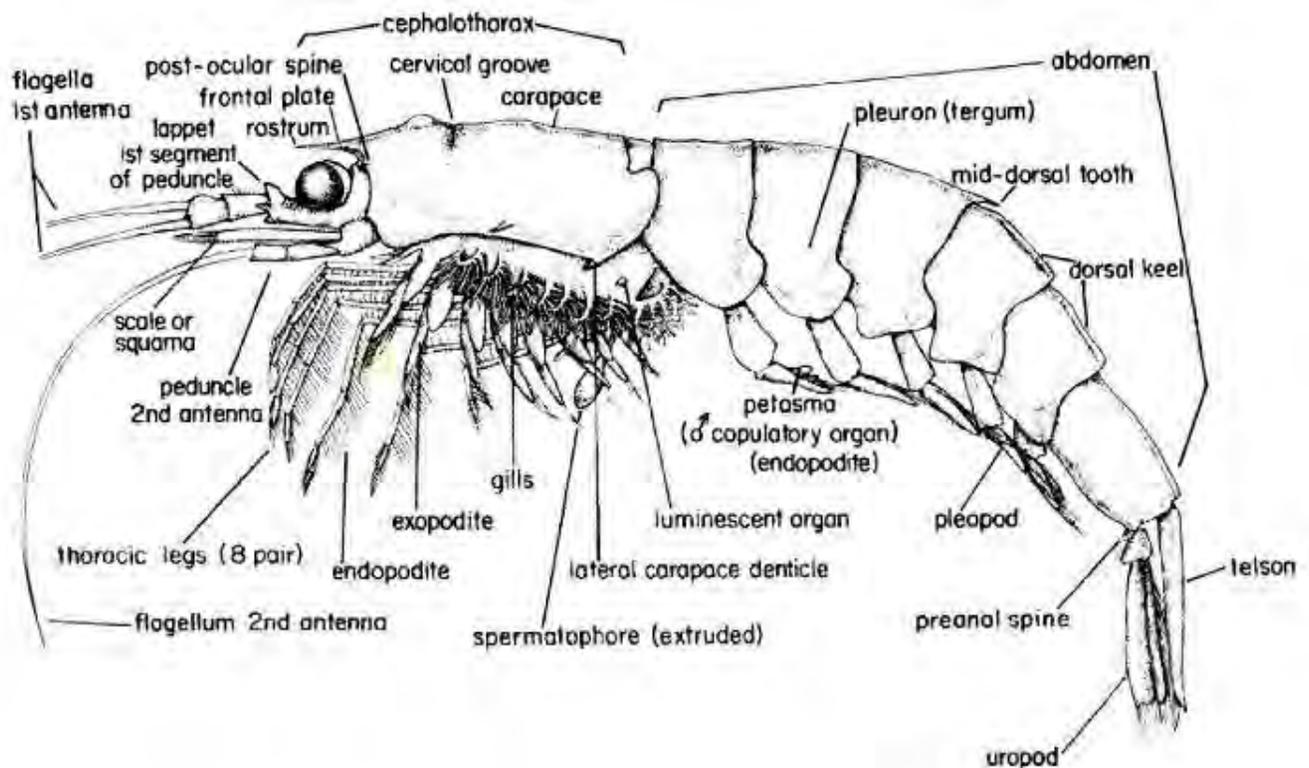


Figura 1.- Morfología general de los eufásidos (tomado de Brinton, 1975).

Los eufásidos son uno de los grupos dominantes del zooplancton marino, esencialmente sobre la plataforma continental y en áreas de alta productividad, donde se caracterizan por su elevada abundancia y baja diversidad (Gibbons *et al.*, 1999), así mismo se ha encontrado una alta diversidad de este grupo en los giros ciclónicos de la Corriente de Lazo (Castellanos y Gasca, 1999). Se localizan hasta profundidades de 1600 m y realizan migraciones verticales diarias que les ayudan a evadir múltiples depredadores (González-Chávez y Arenas-Fuentes, 2001). Los patrones de migración vertical en ciclos nictemerales determinan las variaciones en el número de adultos de eufásidos en los primeros 200 m, los cuales pueden ser afectado por las condiciones ambientales (Gasca *et al.*, 2001). Varias especies son fuente alimenticia importante para numerosos recursos marinos, constituyendo un enlace entre la producción fitoplanctónica y los niveles superiores (Antezana, 1978).

El orden *Euphausiacea* se divide en dos familias: *Bentheuphausiidae*, la cual contiene un solo género con una sola especie que se distribuye en el Atlántico Norte, y *Euphausiidae* que se divide en 8 géneros y se han descrito aproximadamente 86 especies de las cuales solo se conocen 40 especies para el Golfo de México (González-Chávez y Arenas-Fuentes, 2001; Castellanos y Suárez-Morales, 2009).

El conocimiento que se tiene sobre los eufásidos para la parte sur del Golfo de México y Mar Caribe Occidental es relativamente limitado, la mayor parte de los estudios proporcionan información sobre la composición, distribución y abundancia, pero sus alcances espacio-temporales son limitados (Castellanos y Gasca, 2002). El presente trabajo pretende contribuir al conocimiento de la ecología de este grupo mediante un muestreo estratificado en el ambiente pelágico del Sureste del Golfo de México.



2. ANTECEDENTES

Existen algunos trabajos previos realizados en el Golfo de México para la familia *Euphausiidae*; Hansen (1915) realizó una revisión de este grupo, en donde se reconocen tres especies en aguas del Golfo de México. Moore (1952) reportó seis especies más, así mismo agrego mapas de distribución de las especies, excepto para el género *Stylocheiron*.

La contribución de James (1970) en el Golfo de México, fue para el grupo de los eufásidos, ya que incluyó datos de abundancia, diagnosis e identificó un total de 30 especies, de las cuales solo 21 fueron registros nuevos. Mauchline (1980) registró 85 especies del orden *Euphausiacea* y posteriormente aumentó el número de especies a 87. Años más adelante Castellanos y Gasca (1996) encontraron 11 especies de eufásidos y señalaron que más del 60% de la fauna del Golfo está representado por dos géneros: *Stylocheiron* y *Euphausia*. Mientras que Brinton (1999), provee una lista de 31 especies de eufásidos conocidos para el Golfo, sumando una especie más a las ya reconocidas. Castellanos y Suárez-Morales (2009) reconocen 34 especies, 19 especies conocidas en aguas del Golfo de México son epipelágicas, 12 mesopelágicas y tres batipelágicas. Castellanos y Gasca, 2002 analizaron la composición, abundancia y distribución de los eufásidos en el Mar Caribe, por medio de muestreos diurnos y nocturnos, encontrando la misma composición que en su trabajo anterior.

Como se puede observar los trabajos que existen en la parte del Golfo de México y Mar Caribe solo proporcionan datos de composición, distribución y abundancia, pero sus alcances espacio-temporales son limitados (Castellanos y Gasca, 2002). Para el Pacífico (específicamente en el Golfo de California) los trabajos se han enfocado solo para algunos géneros (*Euphausia* y *Stylocheiron*) debido a su alta abundancia y a la importancia económica y ecológica que se ha encontrado.



3. JUSTIFICACIÓN

La investigación oceanográfica en el Sur del Golfo de México ha sido limitada a pesar de la importancia que merece este ecosistema, actualmente existen pocos estudios realizados sobre la biodiversidad zooplanctónica de los diferentes grupos de organismos que habitan la columna de agua. La familia *Euphausiidae* es uno de los componentes principales del zooplancton, cuyo conocimiento ha sido sesgado hacia las especies de interés comercial como lo es *Euphausia superba*, actualmente se ha observado que la mayor parte de los estudios de la familia proporcionan información sobre la composición, distribución y abundancia, no obstante, la información sobre las variaciones espacio-temporales en la columna de agua son escasos. Con el fin de contribuir al conocimiento de la ecología de este grupo se analiza la distribución espacio-temporal de los eufáusidos en el ambiente pelágico del Sureste del Golfo de México y su relación con parámetros ambientales mediante un muestreo estratificado.



4. HIPÓTESIS

Si la distribución y abundancia espacial de los *Euphausiidae* está relacionada con los factores ambientales: oxígeno, salinidad, temperatura y profundidad, se espera que presenten un patrón de distribución y abundancia diferencial que dé respuesta a estos factores.



5. OBJETIVOS

GENERAL

- Analizar los patrones de distribución de los *Euphausiidae* en el Sur del Golfo de México.

PARTICULARES

- Identificar los géneros presentes para la familia *Euphausiidae*.
- Estimar la diversidad, densidad, riqueza de la familia *Euphausiidae*.
- Analizar la distribución de los *Euphausiidae* en el sureste del Golfo de México y su relación con temperatura, salinidad, oxígeno y profundidad.



6. ÁREA DE ESTUDIO

6.1 Topografía

El Golfo de México tiene una extensión litoral de 4,000 km desde la bahía de Florida, E.U.A hasta Cabo Catoche, México, se sitúa entre los 18° y 30° latitud norte y 82° y 98° longitud oeste. Es un mar semicerrado con una profundidad máxima de alrededor de 3,500 m en su región central. Se comunica con el Océano Atlántico por el Estrecho de Florida y con el Mar Caribe por el Canal de Yucatán, tiene un área total de 1,768, 000 km² (Ramírez, 1988; Britton y Morton, 1989; De Lanza y Gómez, 2004; Martínez y Parés, 1998). El área de estudio se localiza entre los 22° y 25° latitud norte y 86° y 92° longitud oeste, región incluye la mayor parte de la plataforma de Yucatán.

6.2 Masas de agua

Se han reconocido las siguientes masas de agua para el Golfo de México: Agua superficial del Golfo, Agua Subtropical Subyacente, Agua Antártica Intermedia, Agua Profunda del Atlántico Norte y mezcla de Agua intermedia del Caribe con Agua profunda del Antártico Norte. Las dos primeras constituyen la capa cálida superior (0-500 m) y las tres restantes integran la capa fría inferior (500-3,650 m) (Vidal-Lorandi *et al.*, 1988). En la parte este del Golfo de México, las capas con profundidades de 150 a 250m, presentan salinidades máximas entre 36.7 y 36.8 ups debido a la presencia de las aguas subtropicales subyacentes transportadas del Caribe por la Corriente de Lazo (Gonzalez, 2005). En el verano el calentamiento de las aguas superficiales del Golfo de México alcanzan los niveles máximos, presentando un gradiente latitudinal; en esta época las aguas de la parte norte alcanzan temperaturas superiores a 28°C, mientras que en la parte central y sureste se registran 29.7°C y 28.9°C respectivamente. La salinidad oscila entre 36.0 y 36.7 ups (De Lanza-Espino, 1991).

La parte superior de la columna de agua, llamada Capa de Mezcla o masa de Agua Superficial Tropical (AST), presenta por lo general una amplitud de 35 m con valores de salinidad, temperatura y oxígeno disueltos con poca variación. Está capa se ve influenciada principalmente por: (1) la dinámica atmosférica, con vientos

generalmente de poca intensidad que pueden generar una perturbación hasta los 10 m de profundidad (Yoneda, 1999); (2) la incidencia solar perpendicular a la corteza terrestre ocasionando temperaturas superficiales mayores a 28 °C y una iluminación superior al 10 % de incidencia solar en su parte inferior (Daly y Smith, 1993); y (3) las corrientes oceánicas superficiales con velocidades menores a 1 m/s que mezclan lentamente la parte más superficial de la masa de agua (Brandini *et al.*, 1997).

6.3 Circulación y corrientes

La circulación de las masas de agua es muy distintiva para el Golfo de México, formada principalmente por la Corriente de Lazo, la corriente de frontera oeste y la circulación ciclónica sobre la plataforma de Texas-Louisiana. Particularmente, el agua cálida y salina es alimentada desde el Mar Caribe a través del canal de Yucatán, y sigue una trayectoria que se asemeja a un lazo, con flujo anticiclónico (Caso *et al.*, 2004).

El patrón de circulación de las corrientes superficiales en el Golfo de México es controlado por la topografía, la velocidad y dirección del viento, los aportes de agua epicontinental y la Corriente de Lazo (Nowlin y McLellan, 1967). En la parte sur del Golfo de México, la Corriente de Yucatán es variable en cuanto a su intensidad y posición geográfica. En primavera y verano suele ser relativamente rápida (de 3 m/s) y fluye próxima hacia la costa sobre el talud de la plataforma yucateca, mientras que en las otras estaciones del año fluye más alejada del talud continental; su longitud, ancho, grosor y patrón de trayectoria cambian. El transporte de esta masa de agua proveniente del Mar Caribe crea un florecimiento que afecta localmente la columna de agua. La Corriente de Yucatán, después de penetrar en el Golfo de México, vira y se convierte en la Corriente de Lazo, saliendo por el Estrecho de Florida. La trayectoria que describe es una curva pronunciada que puede llegar a formar un vórtice anticiclónico (Fernández *et al.*, 1992).

El canal de Yucatán es una zona muy dinámica, debido a que presenta una compleja combinación de factores físicos que influyen en la distribución de las comunidades planctónicas. Así mismo, en el talud izquierdo de la corriente, aparecen zonas de

elevada concentración de pigmentos del fitoplancton asociados a los afloramientos que se producen en la zona (Merino, 1992)

Existe la formación de la surgencia y/o corriente de Yucatán, (proveniente de la Corriente del Caribe que viaja a través del Canal de Yucatán) que es producida por el afloramiento de agua relativamente más fría (22.5°C) al norte de la Península, esta surgencia no se ve afectada por la descarga de ríos, aunque si hay aportes de agua dulce en el fondo, las corrientes estacionales no cambia de dirección pero se ven fuertemente afectadas por los nortes (Salmerón y Aguirre, 2003).

6.4 *Temperatura*

En el Golfo de México se observan variaciones térmicas verticales, espaciales y temporalmente, las cuales son el resultado de la formación de giros ciclónicos (fríos) y anticiclónicos (calientes); estos últimos debido al estrangulamiento de la Corriente del Lazo, por lo que se forman anillos aislados con temperaturas similares a las de la Corriente del Lazo; con desplazamientos hacia el noroeste del Golfo de México. De esta manera se origina una mezcla de tipo convectiva, la cual transforma a las Aguas Subtropicales Subsuperficiales en aguas típicas del Golfo de México con una temperatura de 22.5 °C (De Lanza-Espino, 1991).



7. MATERIALES Y MÉTODOS

El material biológico que se utilizó para este trabajo se obtuvo a partir de la campaña oceanográfica COBERPES 6 (Comunidades Bentónicas y Recursos Pesqueros Potenciales del Mar Profundo del Golfo de México) realizada del 6 al 20 de agosto del 2014, en el talud continental de Yucatán (Figura 2) a bordo del Buque Oceanográfico “Justo Sierra”, como parte del proyecto PAPIIT IN223109-3 Biodiversidad y Recursos Pesqueros Potenciales del Mar Profundo del Golfo de México.

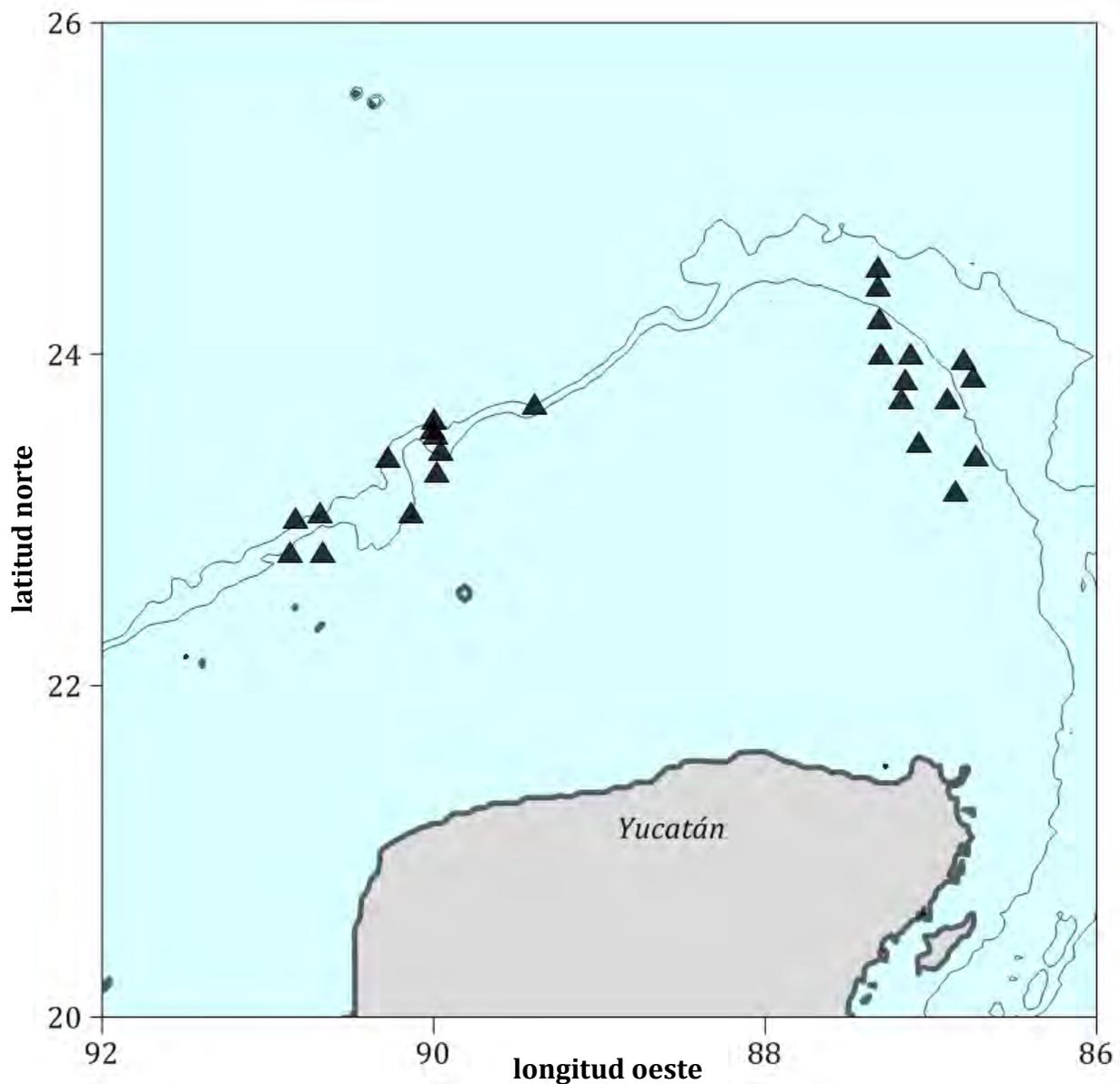


Figura 2.- Zona de estudio (los ▲ representan las estaciones muestreadas).

7.1 Trabajo de campo

La recolección de las muestras, se realizó mediante arrastres de plancton utilizando redes de apertura-cierre de 0.75 m de diámetro de boca y con apertura de malla de 500 μm , a profundidades de 20, 100, 200, 300, 400, 500, 700, 800 y 1000 m, a cada red se le adaptó un flujómetro (*General Oceanics* modelo 2030R) de tipo torpedo con la finalidad de medir el volumen de agua filtrado. Los arrastres tuvieron una duración de 15 minutos en cada lance a una velocidad del buque de 1 a 2 nudos. Los parámetros temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (ups) y oxígeno (ml/l) se midieron *in situ* con la sonda CTD (*Seabird Electronics* modelo 9plus).

Las muestras de zooplancton obtenidas fueron depositadas en frascos con una capacidad de medio litro y se fijaron con formol al 4% en agua de mar, neutralizado con borato de sodio. Después de 24 horas transcurridas, las muestras se cambiaron a alcohol al 70% para facilitar su manejo en el laboratorio.

7.2 Trabajo de laboratorio

Se realizó en el Laboratorio de Ecología Pesquera de Crustáceos (Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM), las muestras obtenidas se separaron, identificaron y contaron los individuos de la familia *Euphausiidae*. La identificación se llevó a cabo hasta nivel de género con ayuda de las claves de Boden *et al.* (1955), Brinton (1975), Brinton (1996) y Guglielmo *et al.*, (2015) (Figura 3-9). Con base en las características morfológicas se separaron los siguientes géneros:

Stylocheiron

Fotóforos presentes en el primer segmento; tercer toracópodo muy largo y prensil; ojos bilobulados.

Formas de los ojos.

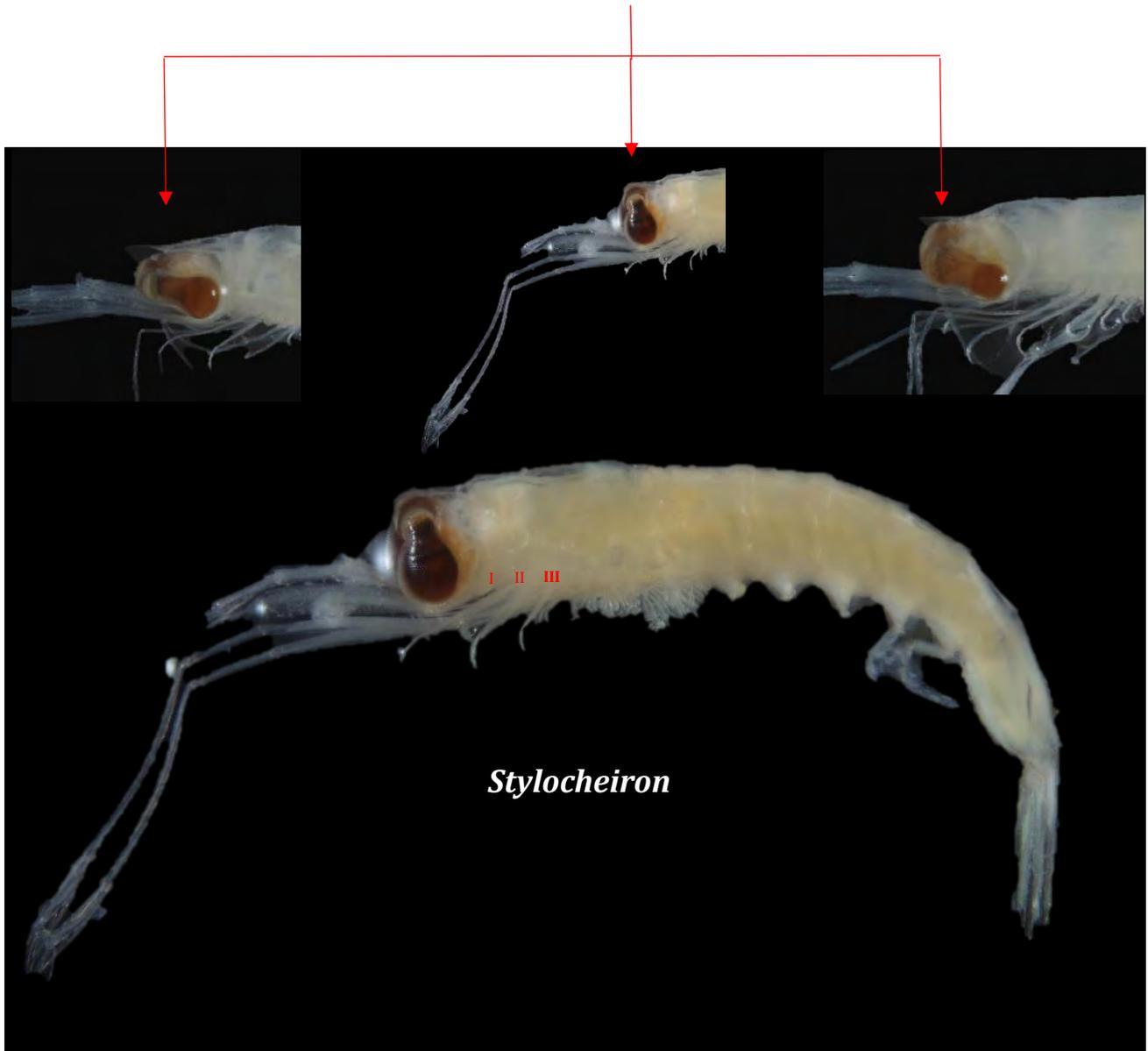


Figura 3.- Ejemplares del género *Stylocheiron*.

Euphausia

Séptimo y octavo toracópodo rudimentarios, quinto y sexto similar; ojos redondos; fotóforos en segmentos uno a cuatro; segmentos de anténula característicos.

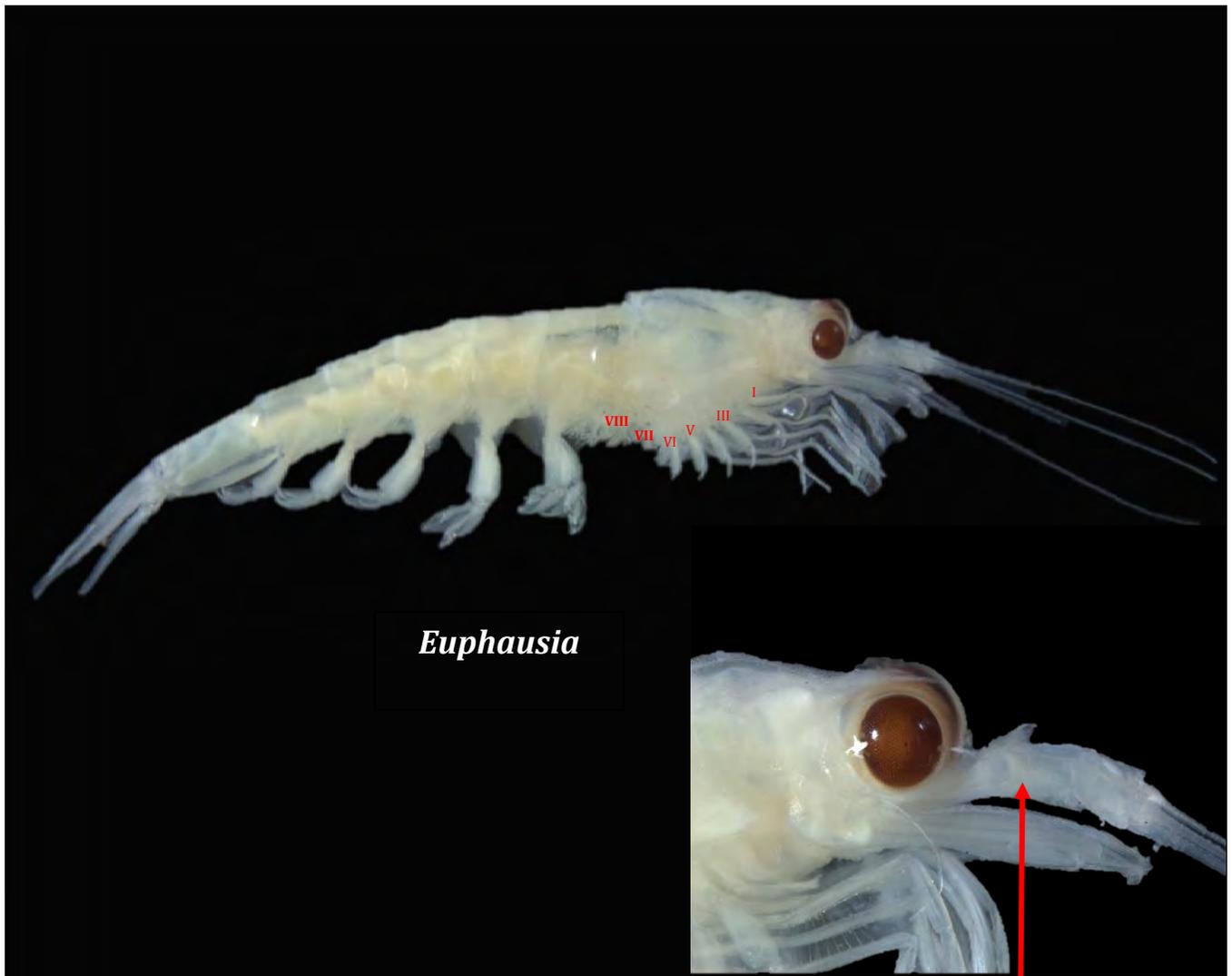


Figura 4.- Ejemplar del género *Euphausia*.

Pedúnculo antenular

Nematoscelis

Octavo toracópodo vestigial; ojos bilobulados; segundo par de patas delgado y desnudo; dactylus del primer toracópodo con aspecto de peine.



Figura 5.- Ejemplar del género *Nematoscelis*.

Ojo bilobulado

Nematobranchion

Octavo toracópodo rudimentario, séptimo toracopodo corto; ojos bilobulados: tercer toracópodo muy largo.



Figura 6.- Ejemplar del género *Nematobranchion*.

Ojo bilobulado

Thysanoessa

Octavo toracópodo vestigial; segundo toracópodo largo y robusto; dactylus del primer toracópodo no pectinado.

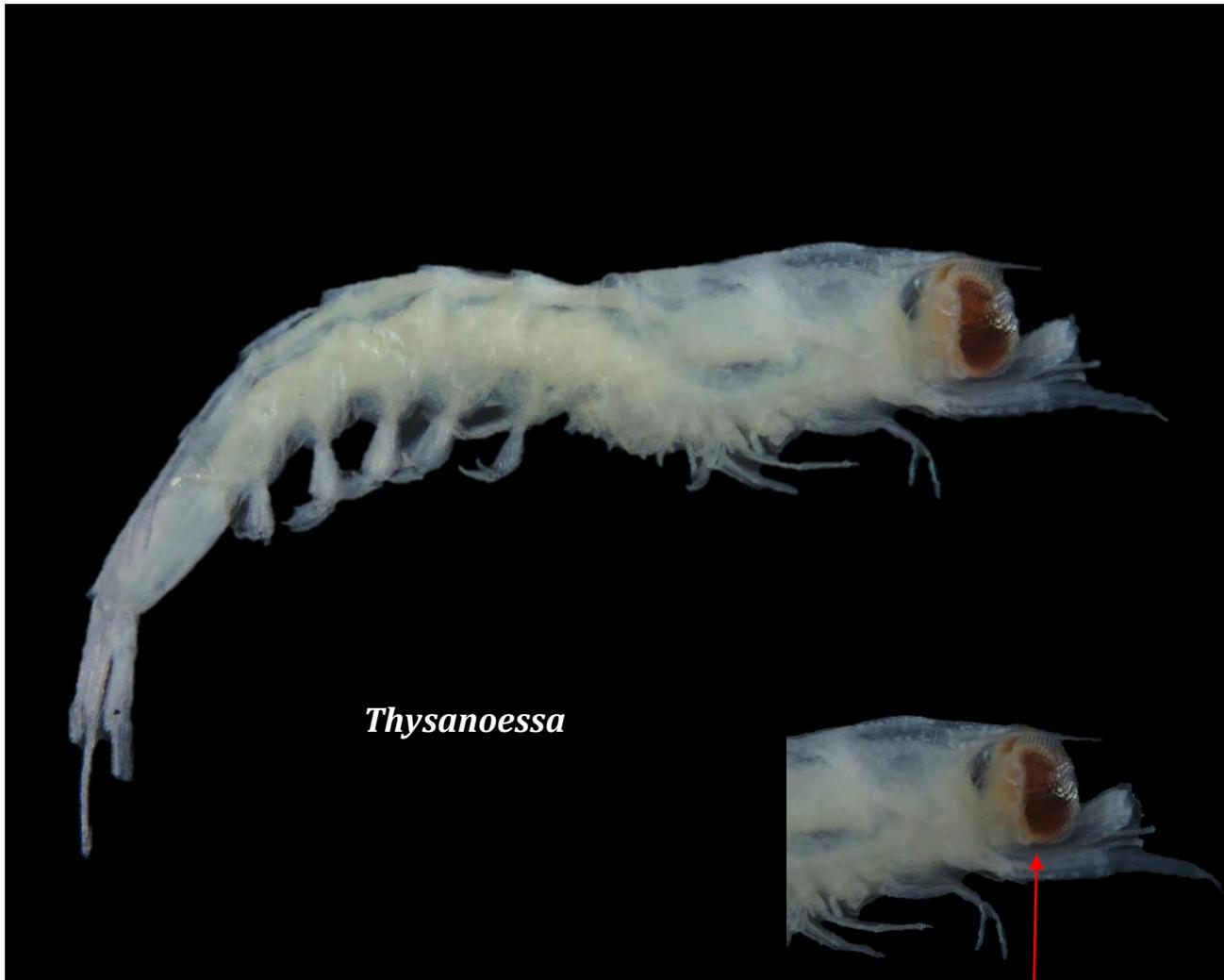


Figura 7.- Ejemplar del género *Thysanoessa*.

Ojo bilobulado

Thysanopoda

Séptimo toracópodo pequeño; octavo toracópodo con endopodo reducido; ojos redondos.

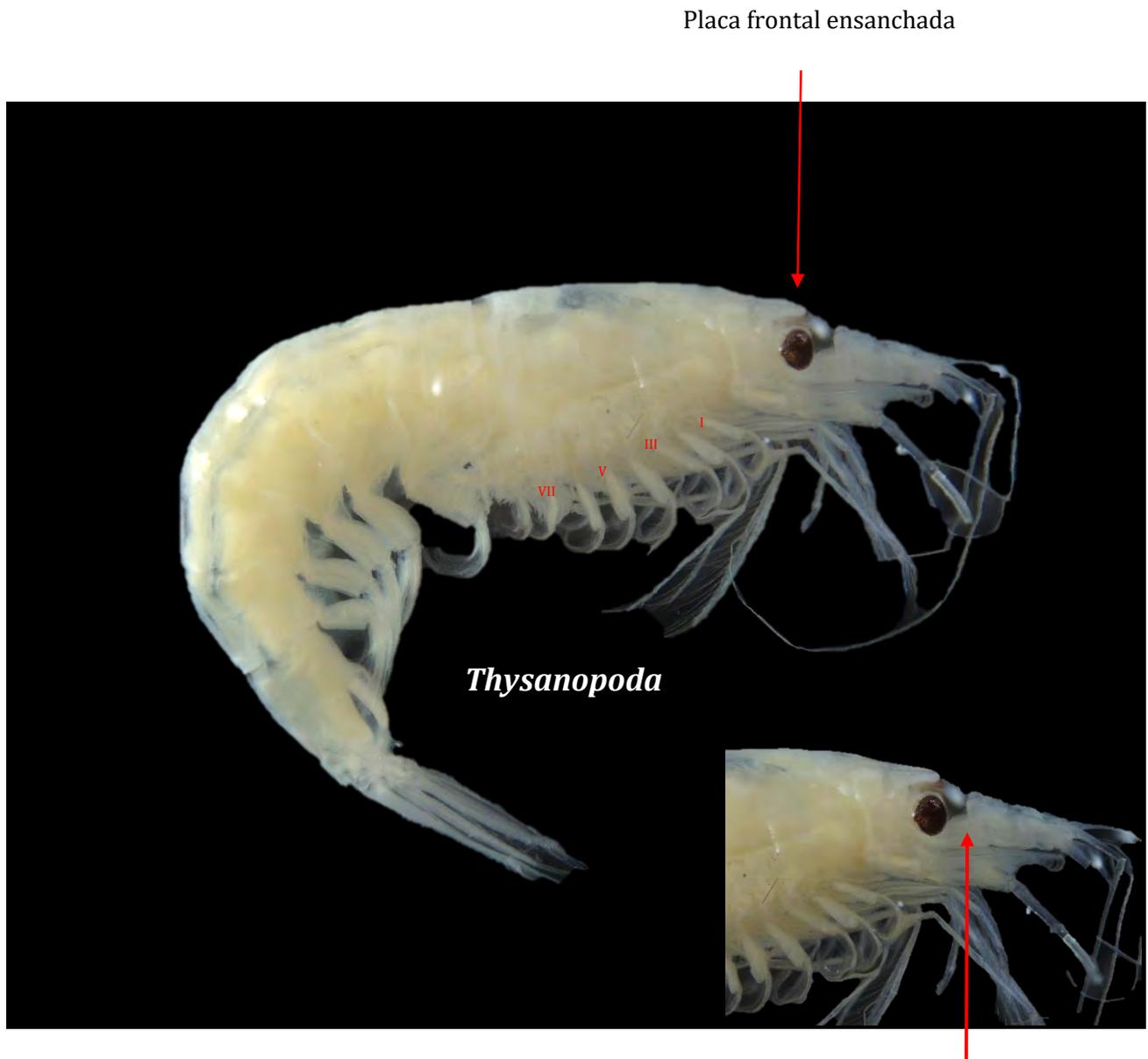


Figura 8.- Ejemplar del género *Thysanopoda*.

Thysanopoda

Séptimo toracópodo pequeño; octavo toracópodo con endopodo reducido; ojos redondos.

Placa frontal superpuesta

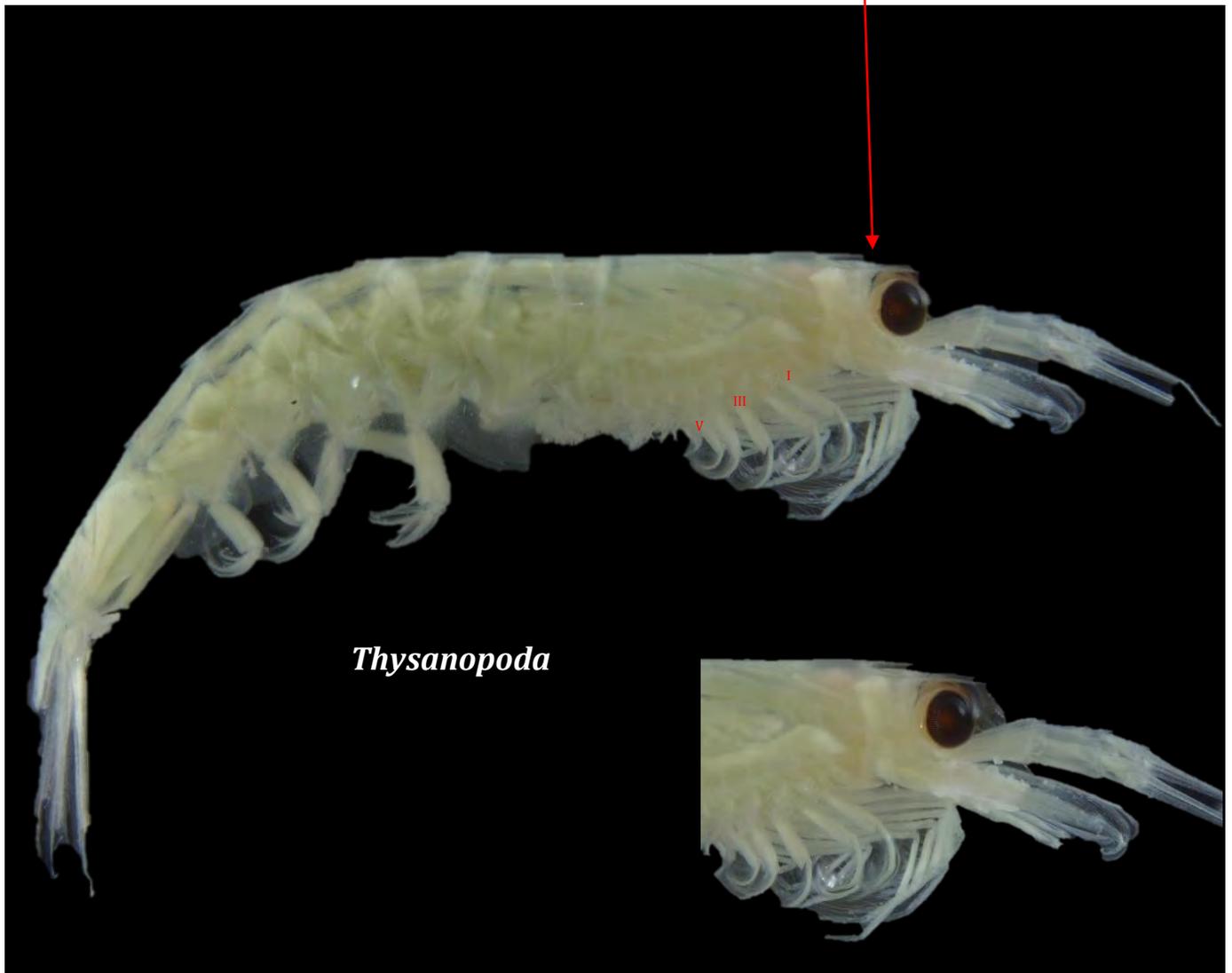


Figura 9.- Ejemplar del género *Thysanopoda*.

7.3 Análisis y estadísticos.

Una vez que los organismos fueron identificados se elaboraron bases de datos en Excel para analizar los resultados obtenidos. La cantidad de individuos capturados se estandarizó a organismos/ 1000 m³ mediante la siguiente fórmula:

$$AB_i = \frac{C_i}{V_i} \times 1000$$

Dónde:

AB_i = número de organismos por cada 1000 m³ en la estación *i*.

C_i = número de organismos en la estación *i*.

V_i = volumen filtrado en la estación *i* en m³.

Se analizó la diversidad de la familia *Euphausiidae* con ayuda del índice de Shannon-Wiener, cuya fórmula es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

S = número de especies/géneros.

P_i = proporción de individuos de la especie *i* respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie *i*): n_i/N

n_i = número de individuos de la especie *i*.

N = número de todos los individuos de todas las especies/géneros.

Con el Software Statistica 8.0 se realizó el análisis y gráficas de los datos obtenidos, así mismo se elaboraron mapas de distribución, abundancia y densidad con el Software Surfer 11.

Para el análisis de los datos obtenidos se utilizó un ANOVA (Análisis de Varianza) para determinar si existen diferencias significativas entre la cantidad de organismos capturados a diferentes niveles de profundidad en la columna de agua. Se realizaron análisis multivariados (regresión múltiple y regresión polinomial) para determinar las variables que pudieran presentar alguna relación con la distribución de los organismos.



8. RESULTADOS

8.1 Parámetros fisicoquímicos

Los valores promedios de los parámetros fisicoquímicos: temperatura, salinidad y oxígeno muestran que disminuyen conforme aumenta la profundidad; así mismo se observa que los mayores valores de temperatura, salinidad fueron de 29°C, 36.4 ups, mientras que el oxígeno está entre 3.91 y 3.98 (ml/L) (Figura 10).

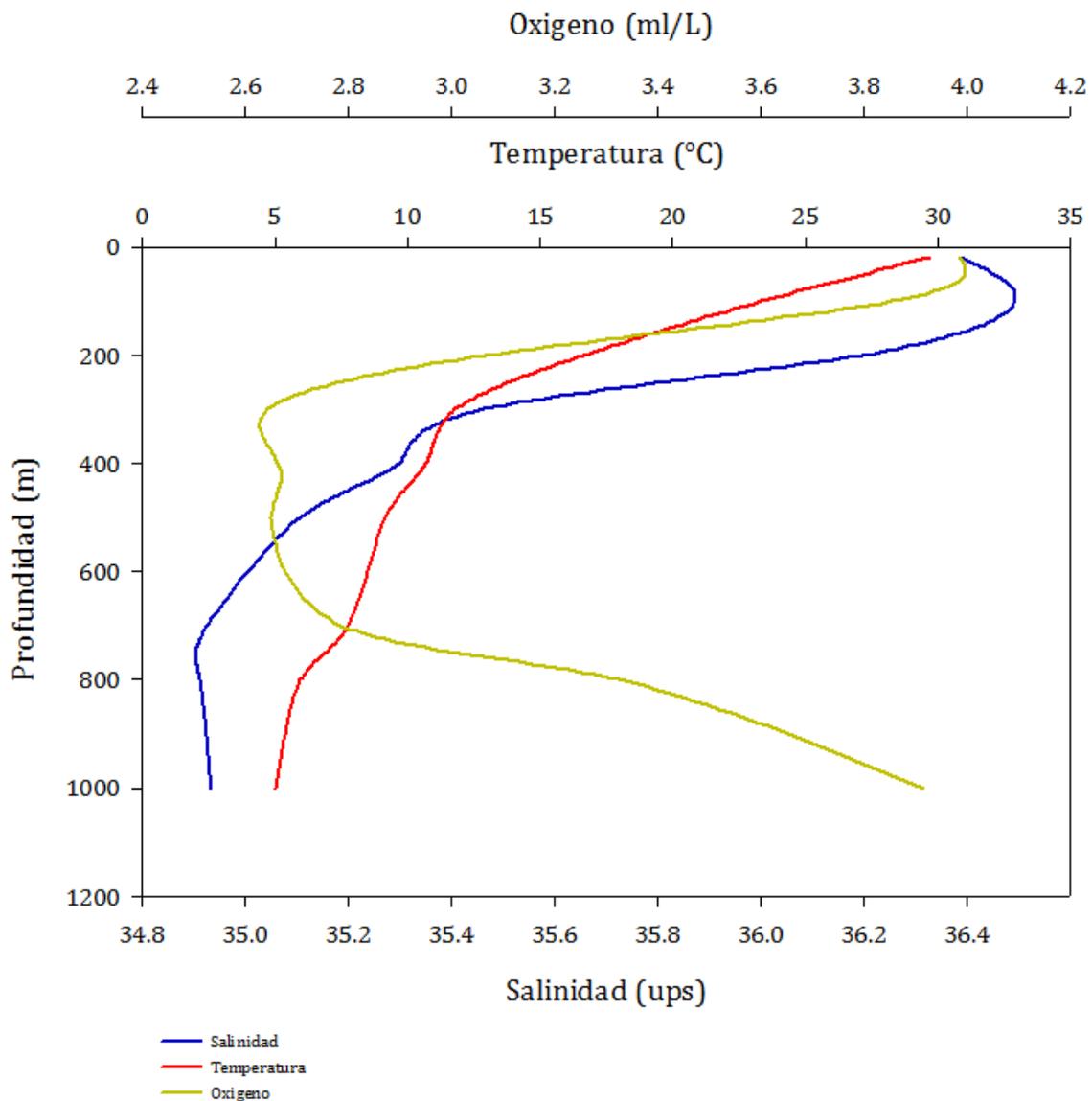


Figura 10.- Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.

8.2 Clorofila Superficial

Los datos que se presentan de clorofila fueron obtenidos mediante percepción remota satelital de la NASA/GSFC/OBPG (Figura 11) para las estaciones muestreadas. Se observa que la cantidad de clorofila en el área de estudio es muy baja, obteniendo un promedio de 0.090 mg/m^3 , comparado con el trabajo de El-Sayed *et al.*, 1972, en el cual se reportan valores promedio de 12.4 mg/m^3 . La distribución de la clorofila en el Golfo de México varía espacialmente y por lo general son valores muy bajos, a reserva que algún fenómeno aumente la concentración. Por ello se mantiene la idea que la mayor producción primaria esta en las zonas costeras, mientras que el océano abierto es considerado oligotrófico (Escribano y Castro, 2013).

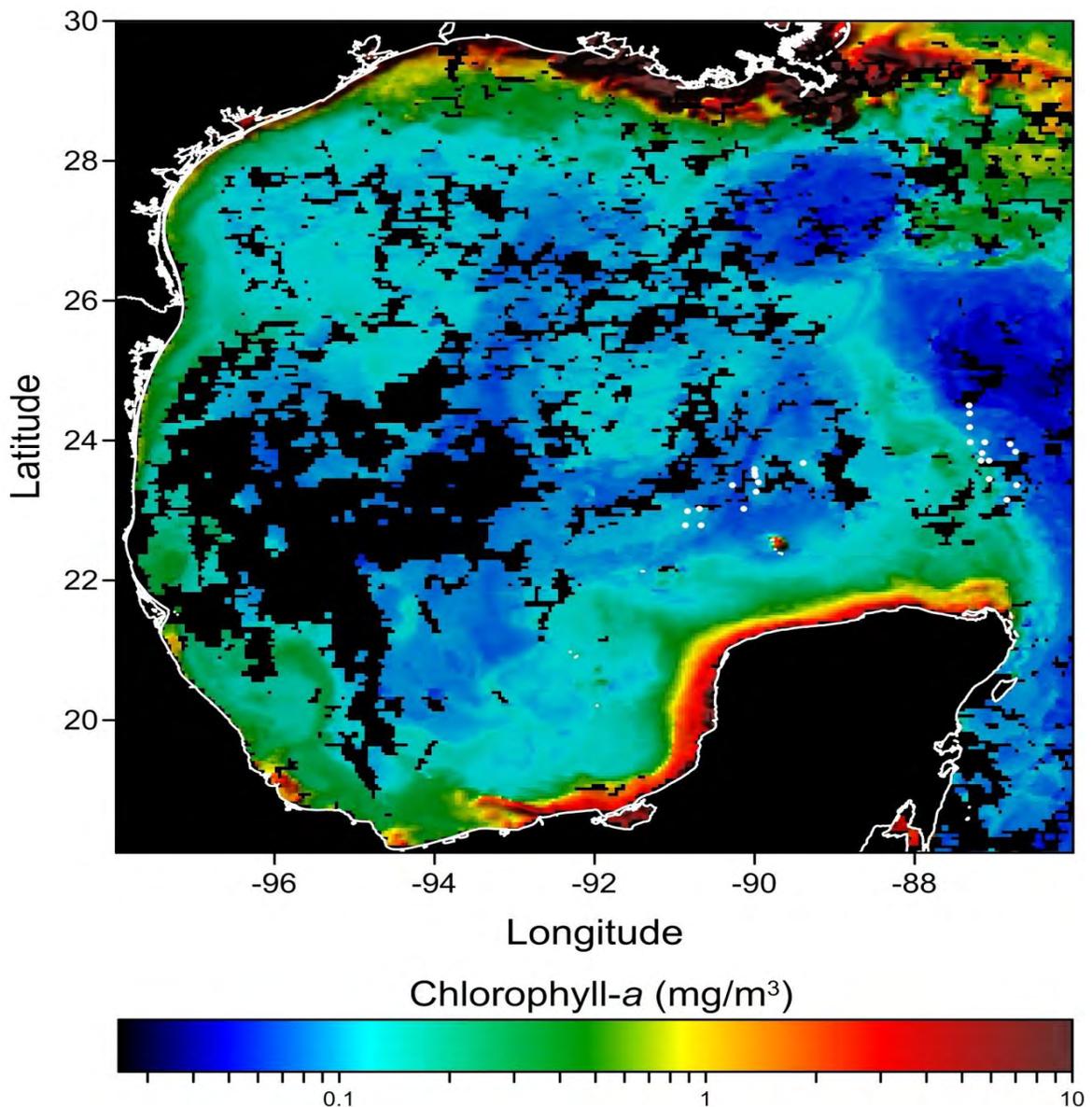


Figura 11.- Clorofila superficial.

El patrón de comportamiento que se observa para la clorofila superficial es muy parecido en todas las estaciones, registrando solo un punto ligeramente más alto, el cual se encuentra en la estación C7 con un valor de 0.197mg/m³.

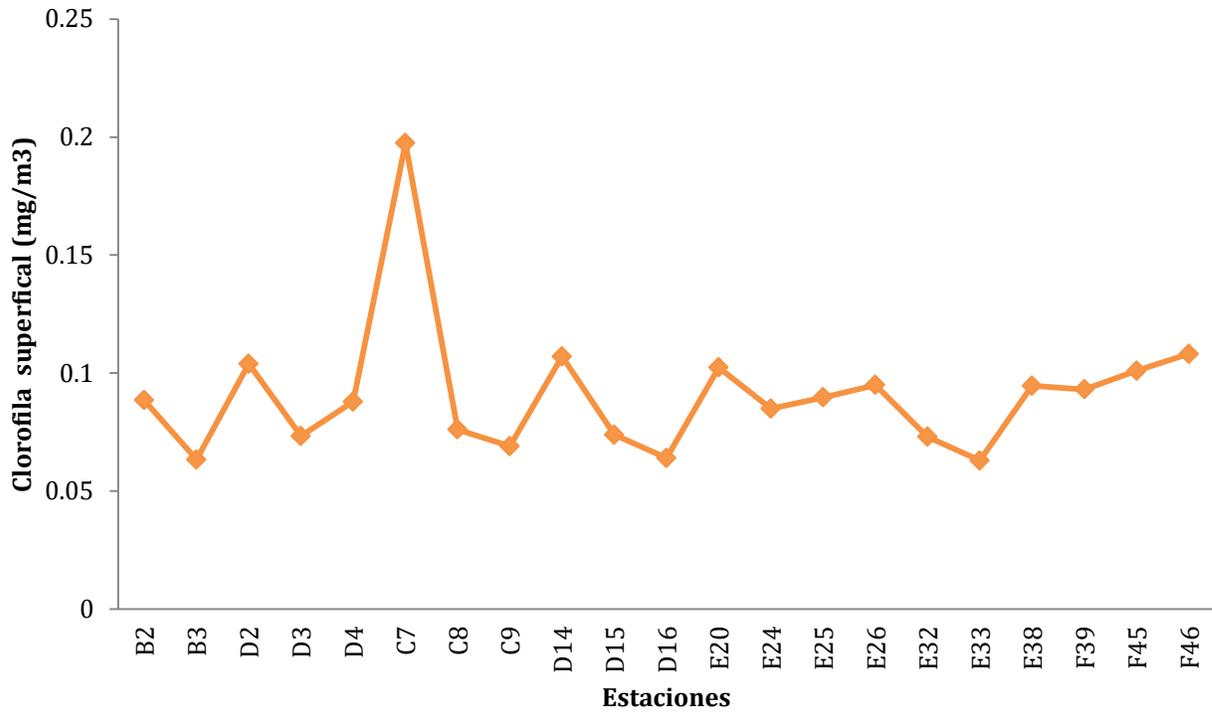


Figura 12.- Comportamiento de la clorofila superficial en cada estación muestreada.

8.3 Composición

La campaña oceanográfica COBERPES 6 cubrió 25 estaciones con 121 muestras a diferentes niveles de profundidad (20, 100, 200, 300, 400, 500, 700, 800 y 1000 m). Se recolectó un total de 6626 organismos, pertenecientes a los géneros *Stylocheiron*, *Euphausia*, *Nematoscelis*, *Thysanopoda*, *Thysanoessa* y *Nematobrachion* (Tablas 1 y 2).

Tabla 1.- Individuos totales por estación y profundidad.

Profundidad	B1	B2	B3	D2	D3	D4	C7	C8	C9	D14	D15	D16
20	2	3	56			15	1	7			2	7
100	30	11	383	25	35	37	135	38	211	72	69	294
200	10	15	164	7	26	15	90	31	2	28		6
300	392			16						307	5	
400		161			171	13		15			81	
500		180	30			37		52	9		142	41
700									10			
800												37
1000												
Total	434	370	633	48	232	117	226	143	232	407	299	385

Tabla 2.- Individuos totales por estación y profundidad (continuación).

Profundidad	D17	E20	E24	E25	E26	E27	E32	E33	E38	F39	F40	F45	F46
20	12	2		1	22				67			1	
100	309	72	20	8	6	30	20	7	130	67	99	227	24
200			181	74		51		127	76	25			35
300		17	152	76	100		41		64		19	68	
400								39		39			43
500	49	20		42	92	43	91	10		29	29	15	30
700													
800	24	8			31	39	20				14	12	
1000	27	12			40		32				20	20	
Total	421	131	353	201	291	163	204	183	337	160	181	343	132

La familia *Euphausiidae* presento la siguiente abundancia, el género *Euphausia* 3,047 organismos (46%) y *Stylocheiron* 3,302 organismos (50%); mientras que el 4% (277 organismos) restantes, se distribuye en los géneros *Thysanopoda*, *Nematoscelis*, *Thysanoessa* y *Nematobrachion* (Figura 13).

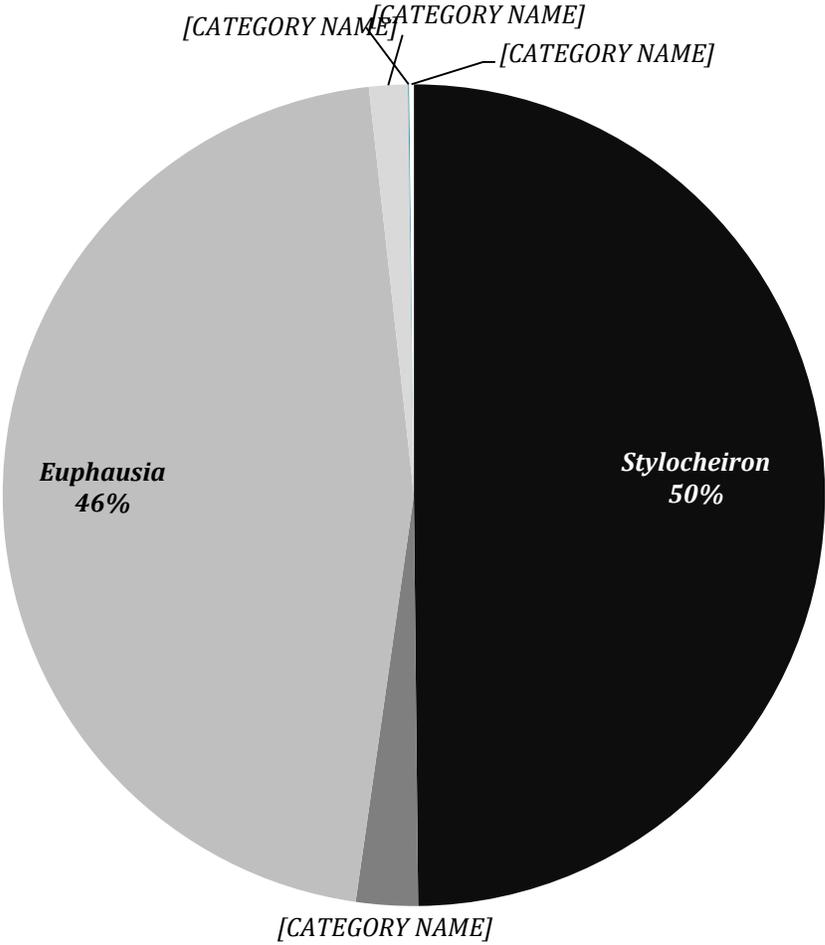


Figura 13. Composición de la familia *Euphausiidae*.

8.4 Abundancia vertical y horizontal

La mayor abundancia se presentó a 100 m de profundidad seguida de los niveles 200, 300, y 500 m (Figura 14), con respecto a las estaciones la mayor abundancia total se registró en la localidad B3 (al Noreste de Yucatán) con 633 individuos (Figura 15).

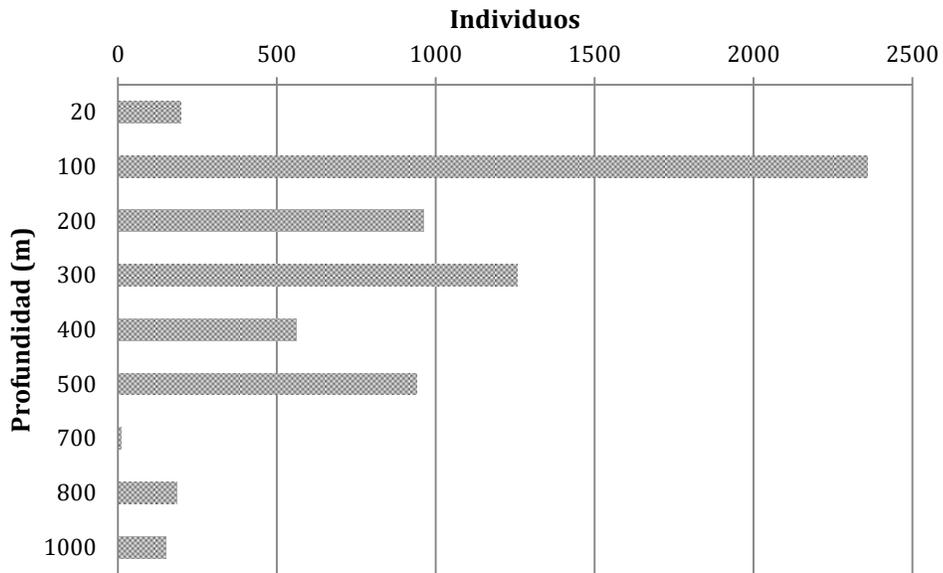


Figura 14.- Abundancia total de organismos en los distintos estratos de profundidad.

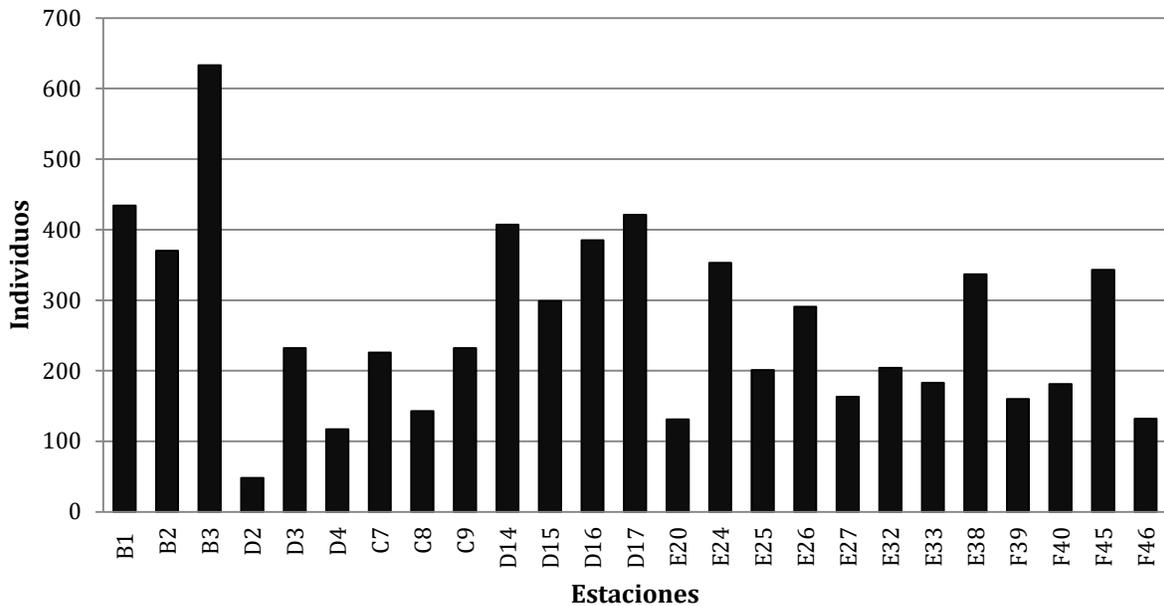


Figura 15.- Abundancia por estaciones.

En cuanto a la abundancia de los géneros, se observa que *Stylocheiron* y *Euphausia* presentan los mayores valores en los niveles de 100 y 300 m respectivamente (Figura 16).

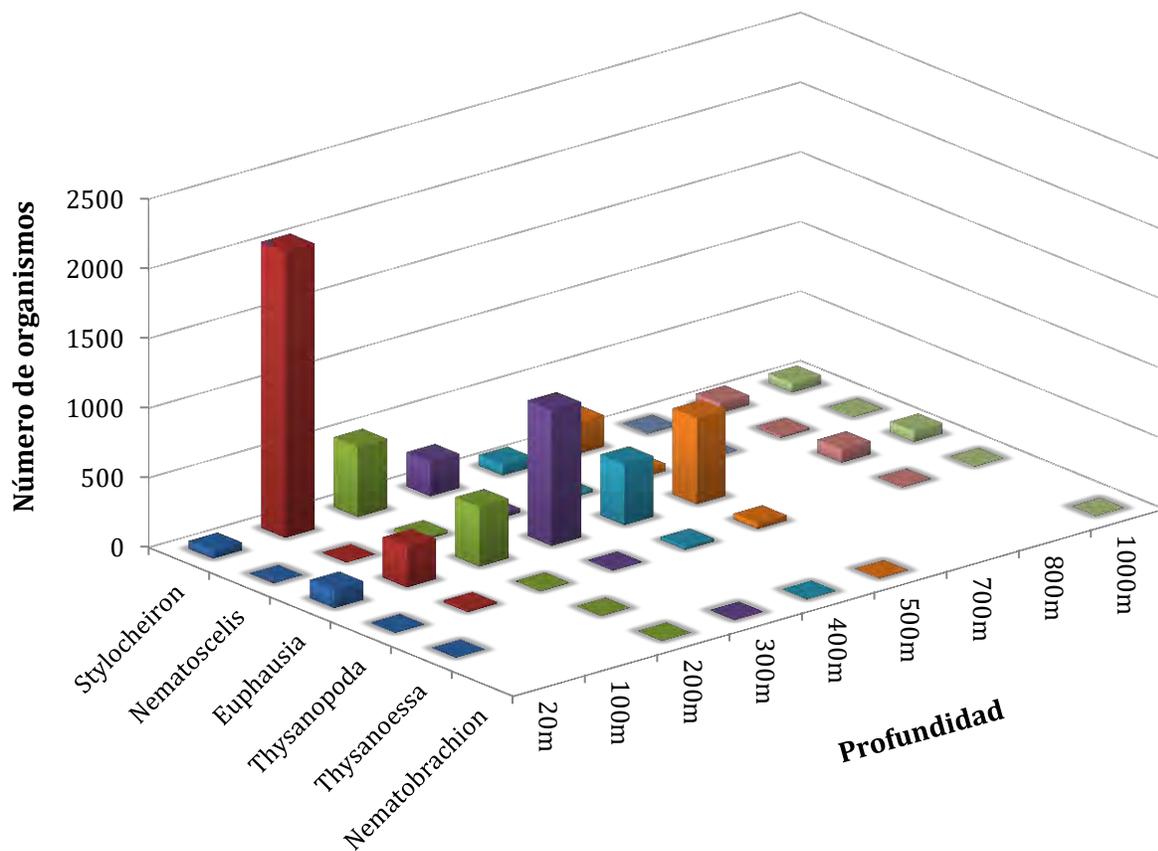


Figura 16.- Abundancia total por géneros.

Los siguientes mapas muestran la abundancia horizontal total (número de individuos) por cada nivel de profundidad muestreado (de 20 a 1000 m); y en donde se puede observar que los niveles 100 y 300 m presentaron las mayores abundancias de la familia *Euphausiidae* (Figuras 17-25).

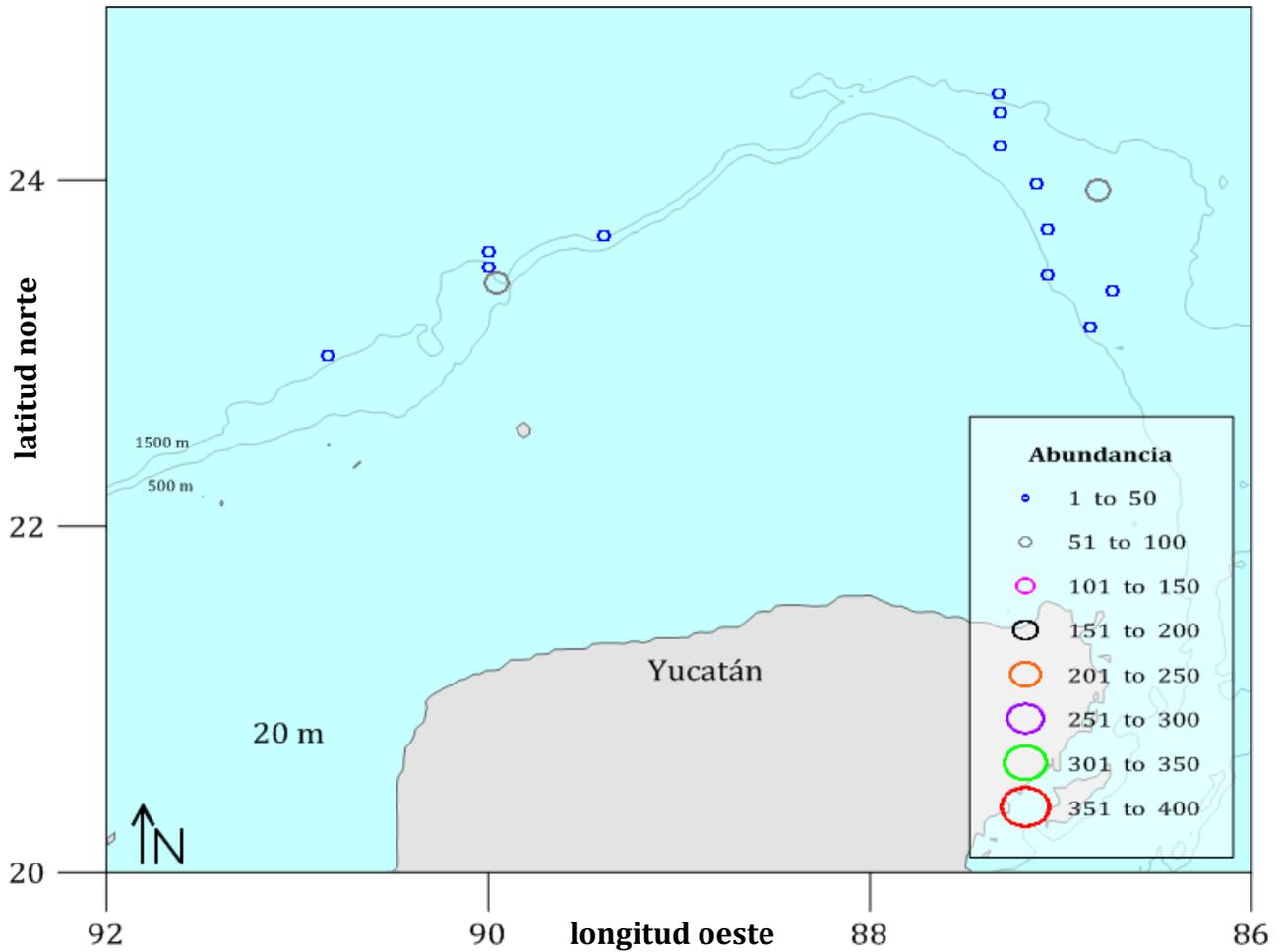


Figura 17.- Abundancia de la familia *Euphausiidae* a una profundidad de 20m.

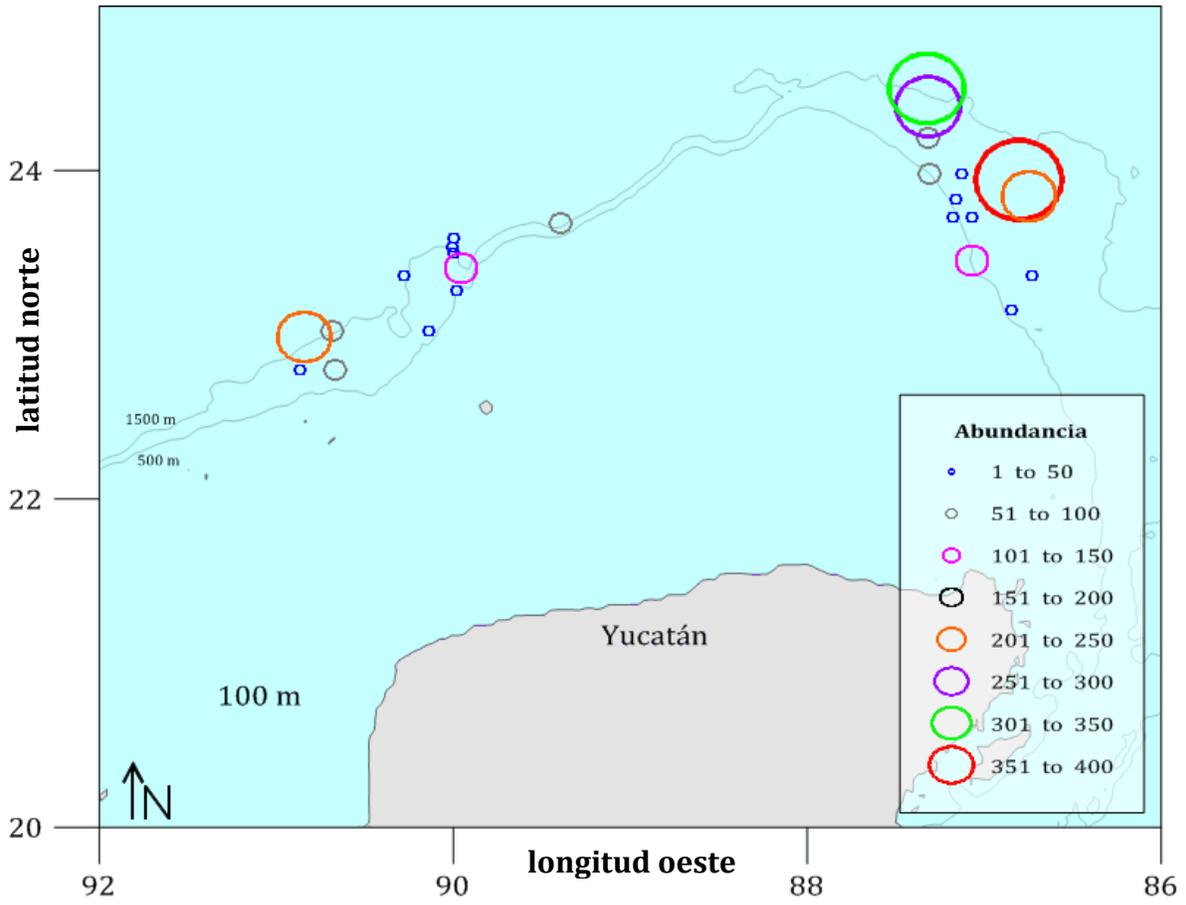


Figura 18.- Abundancia de la familia *Euphausiidae* a una profundidad de 100m.

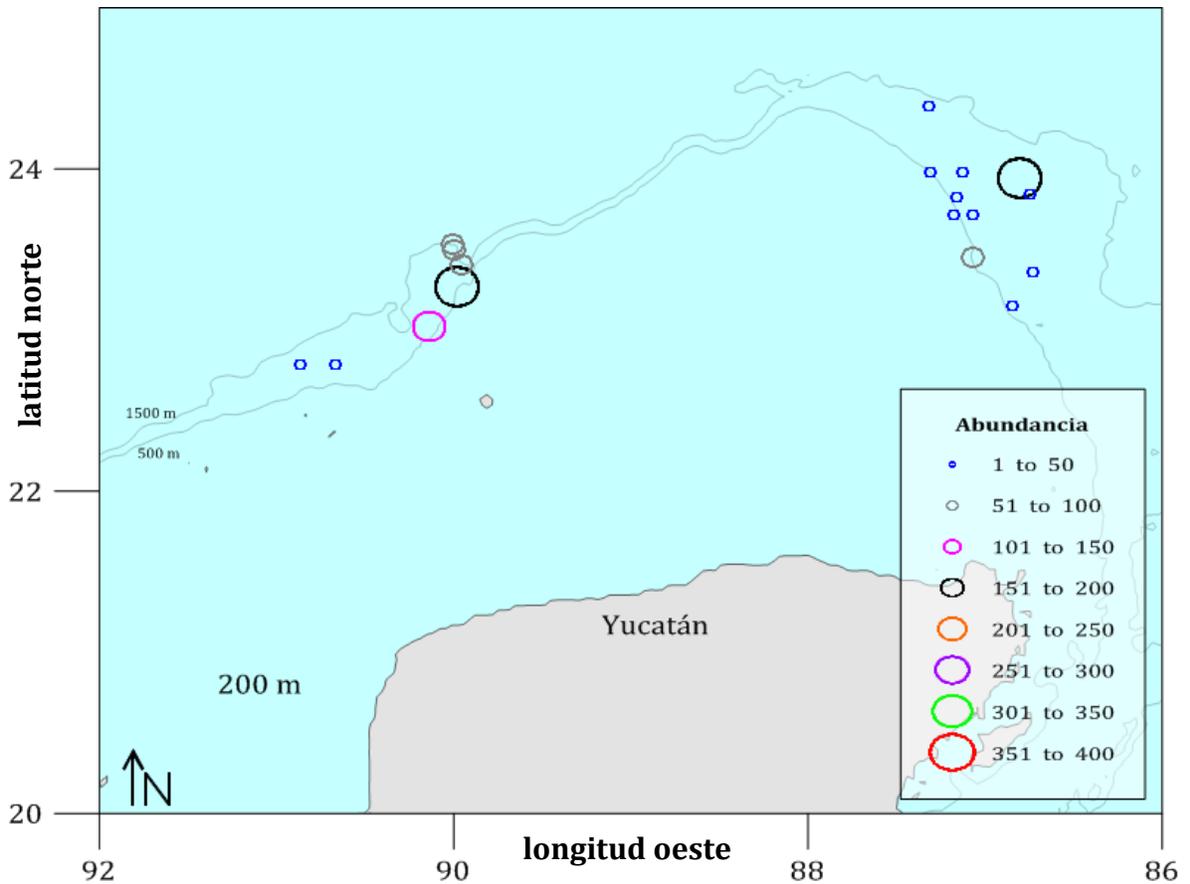


Figura 19.- Abundancia de la familia *Euphausiidae* a una profundidad de 200m.

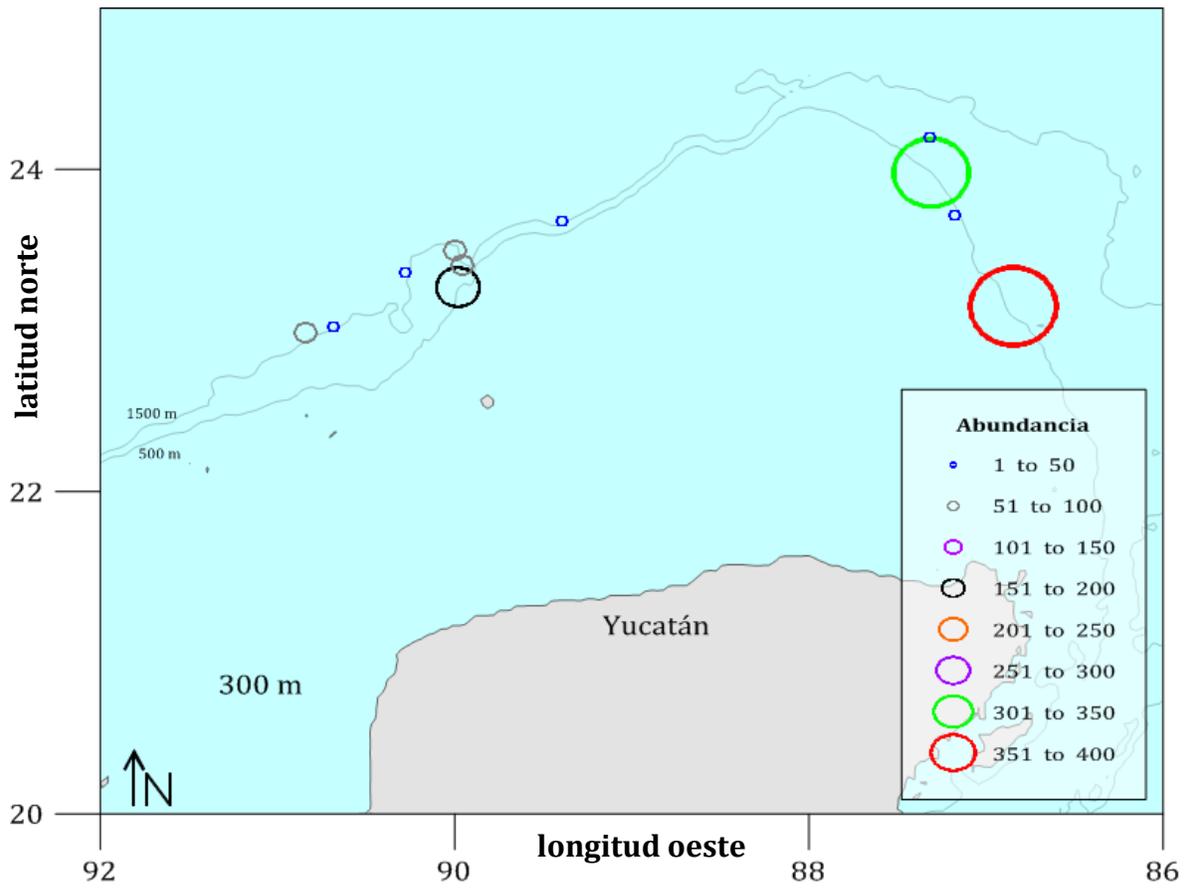


Figura 20.- Abundancia de la familia *Euphausiidae* a una profundidad de 300m.

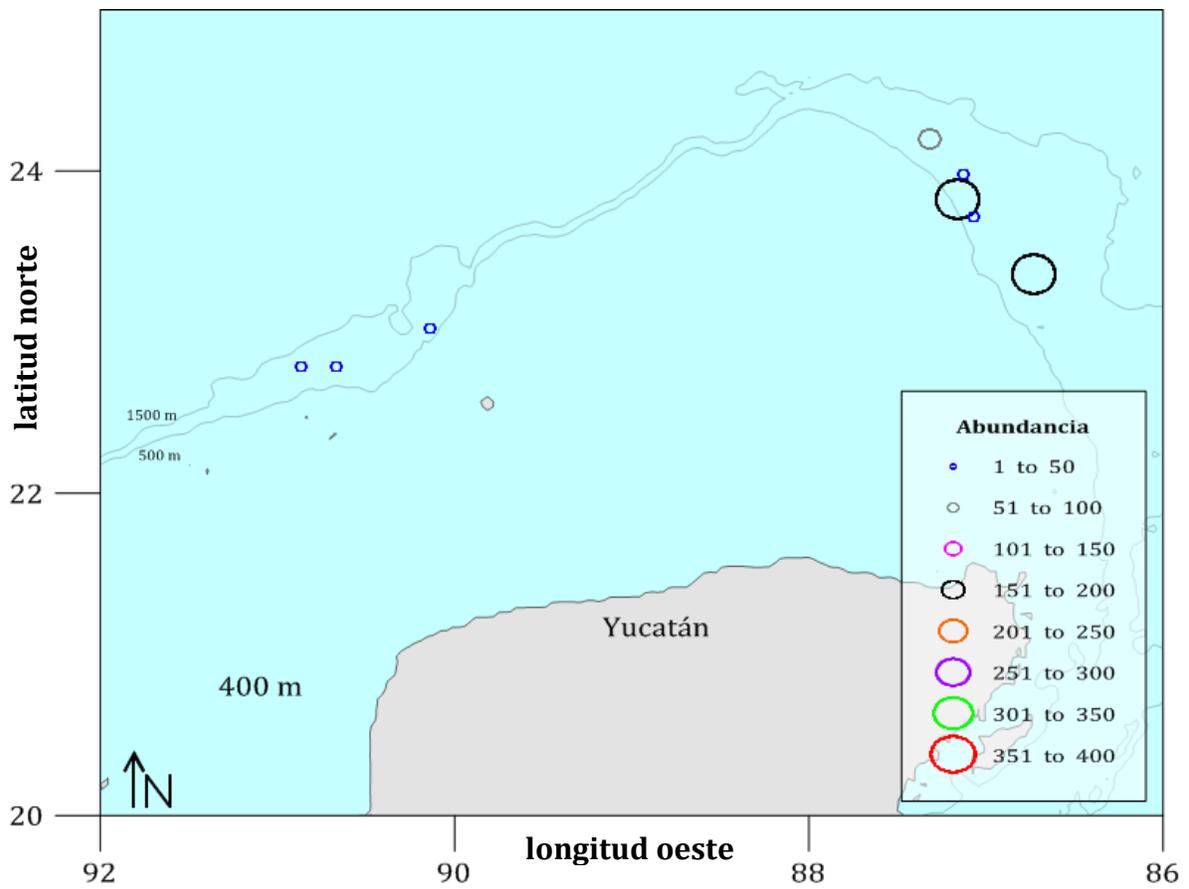


Figura 21.- Abundancia de la familia *Euphausiidae* a una profundidad de 400m.

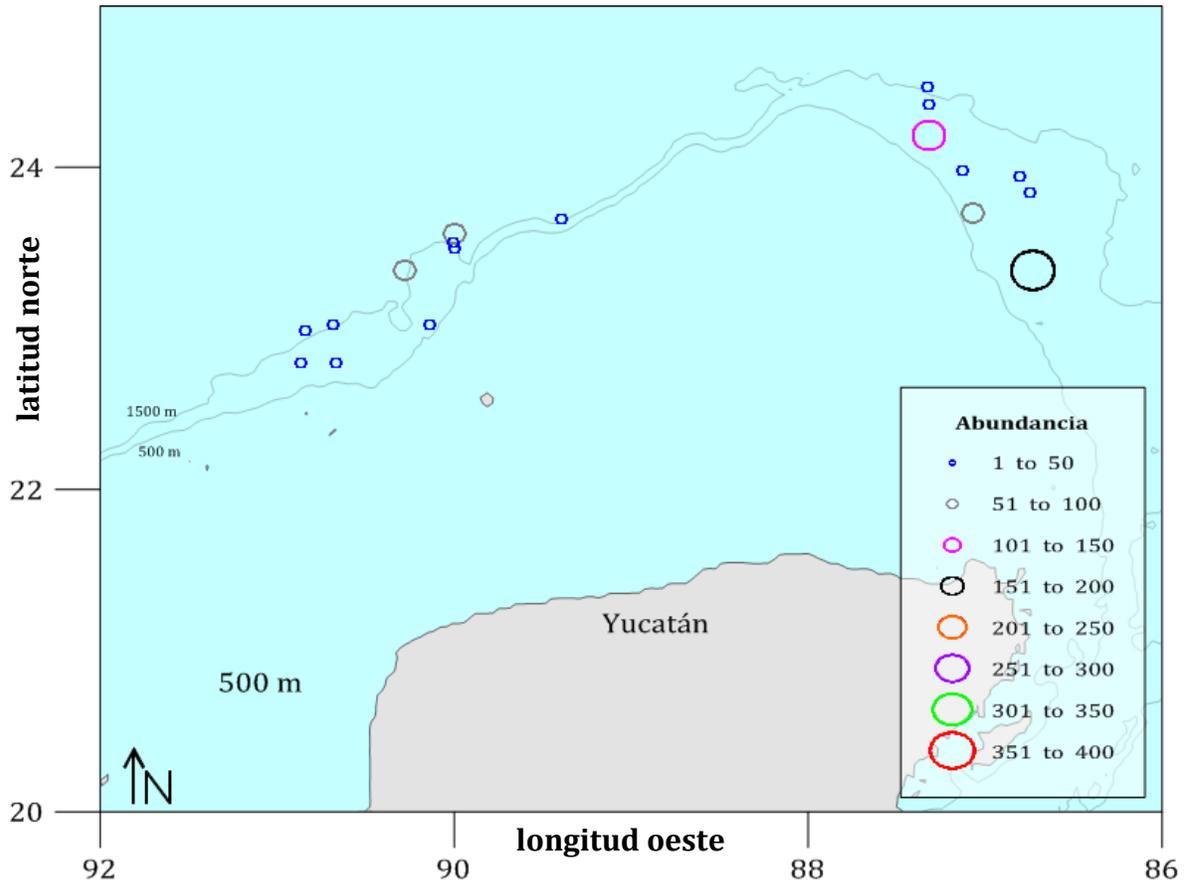


Figura 22.- Abundancia de la familia *Euphausiidae* a una profundidad de 500m.

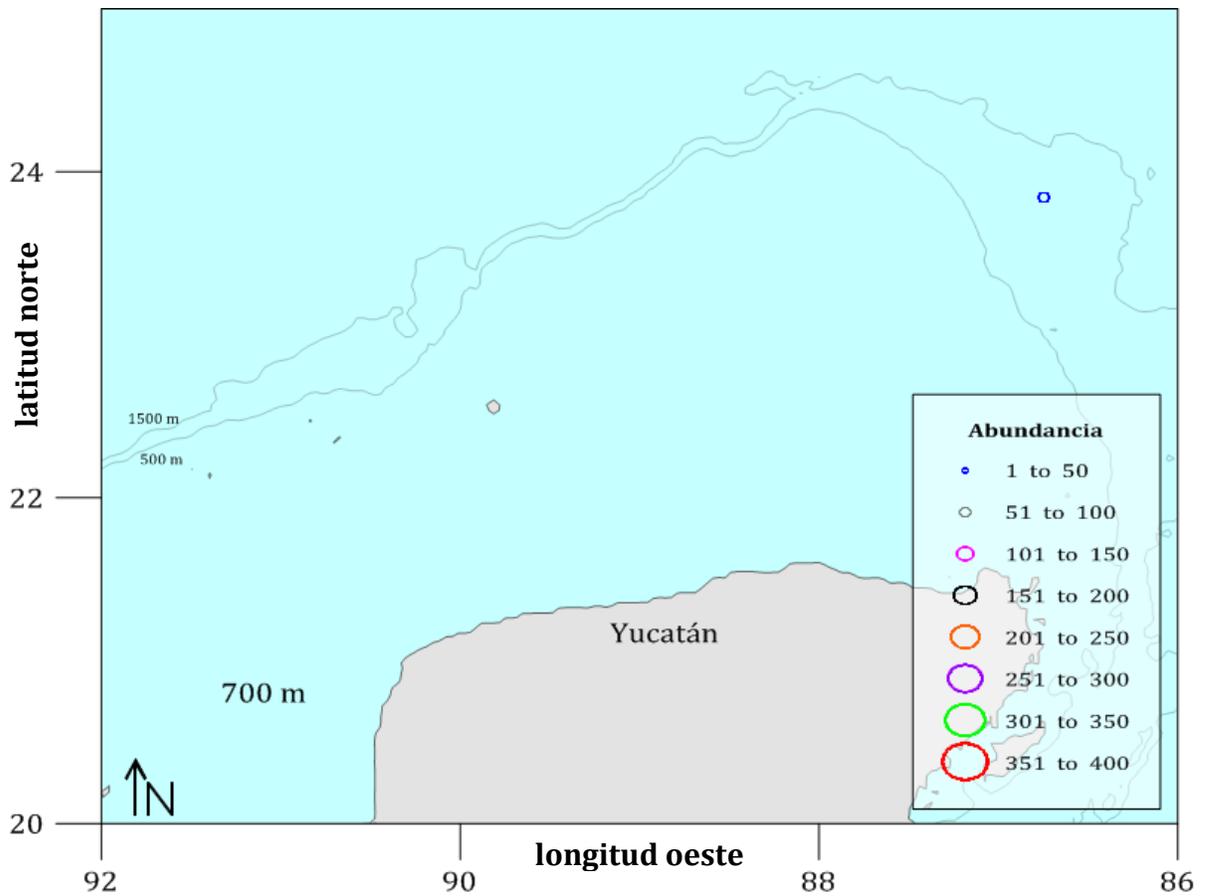


Figura 23.- Abundancia de la familia *Euphausiidae* a una profundidad de 700m.

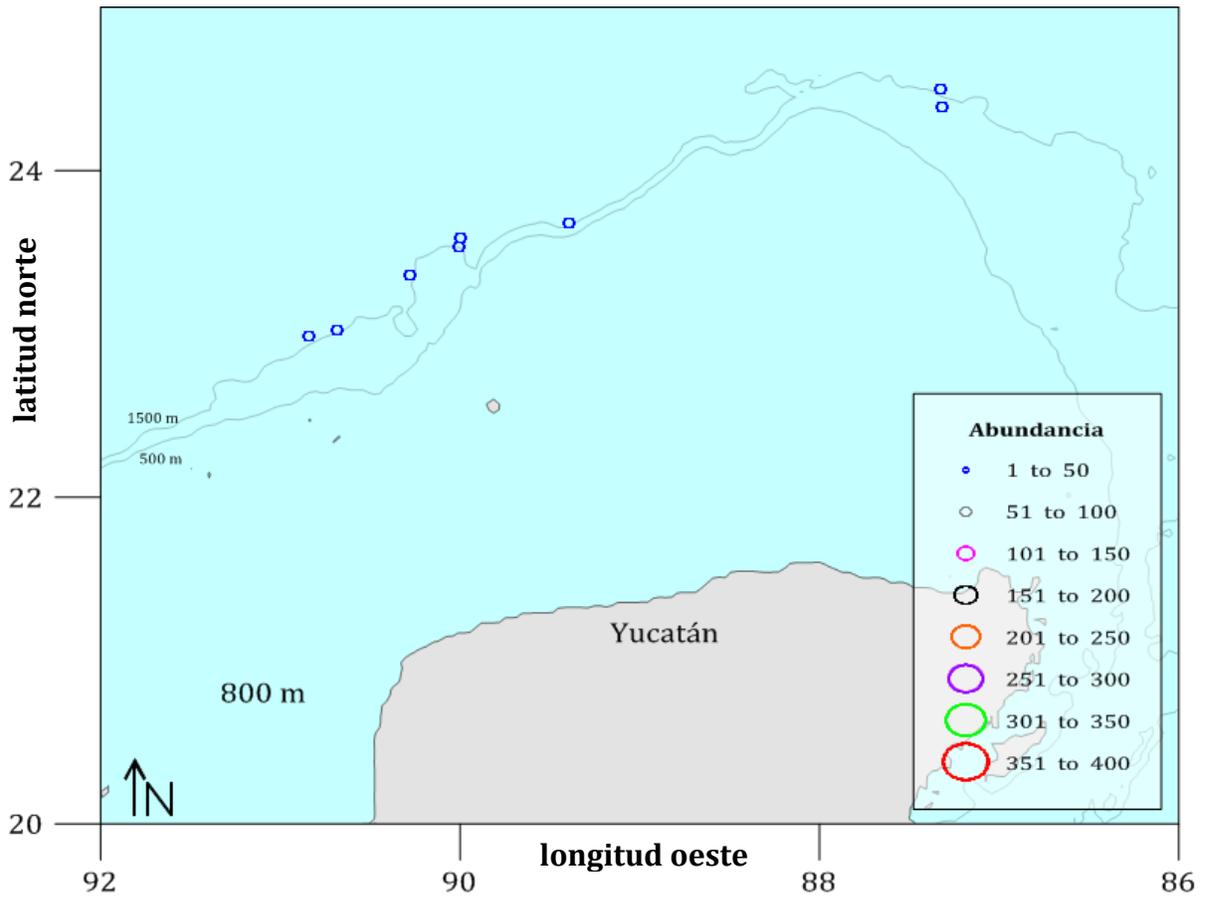


Figura 24.- Abundancia de la familia *Euphausiidae* a una profundidad de 800m.

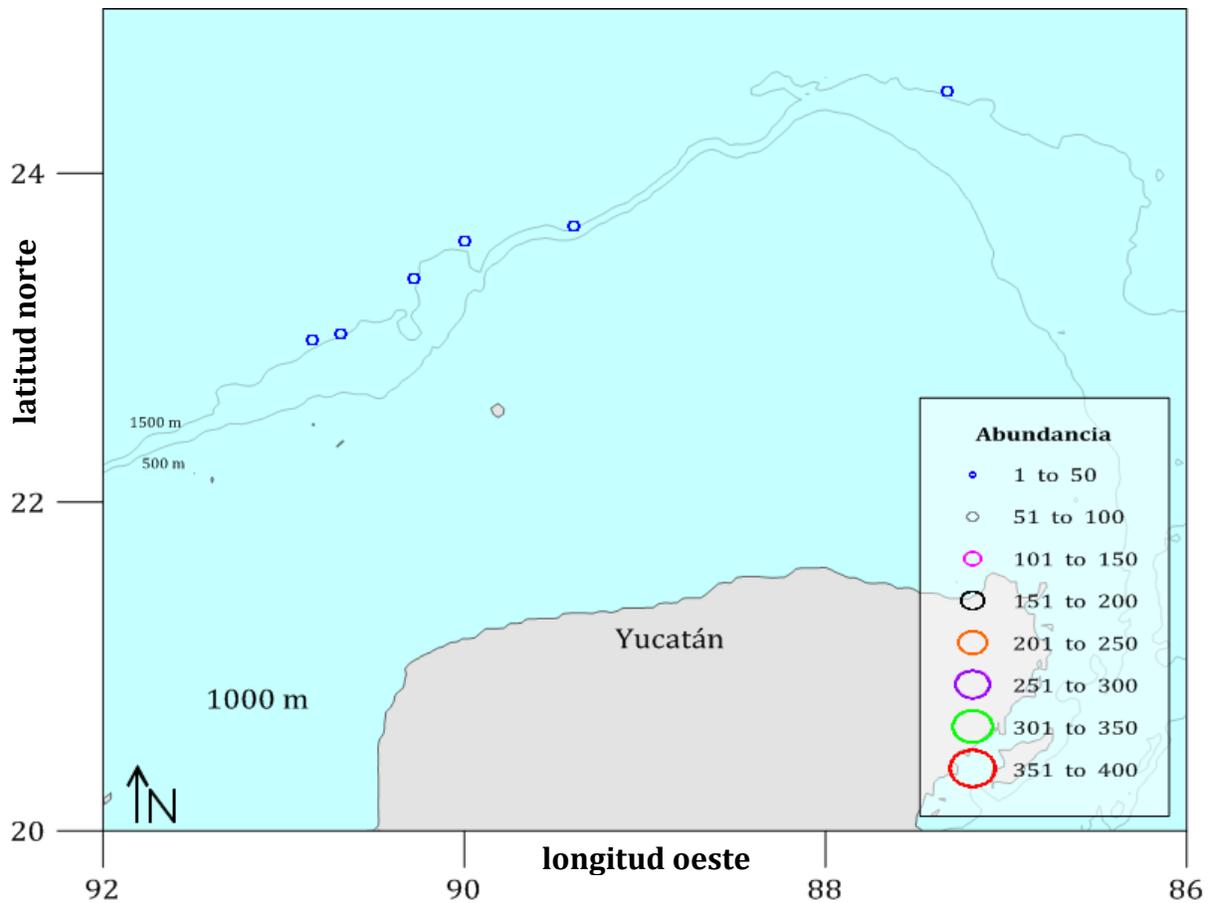


Figura 25.- Abundancia de la familia *Euphausiidae* a una profundidad de 1000m.

8.5 Índice de diversidad, densidad y riqueza general de géneros

En la campaña COBERPES 6, se obtuvo una riqueza total de 6 géneros para los eufáusidos, la densidad general promedio fue de 13.701 ind/100m⁻³ (Figura 26), con una riqueza promedio de 4.04, (Figura 27), y el índice de diversidad promedio fue de 0.734 (Figura 28).

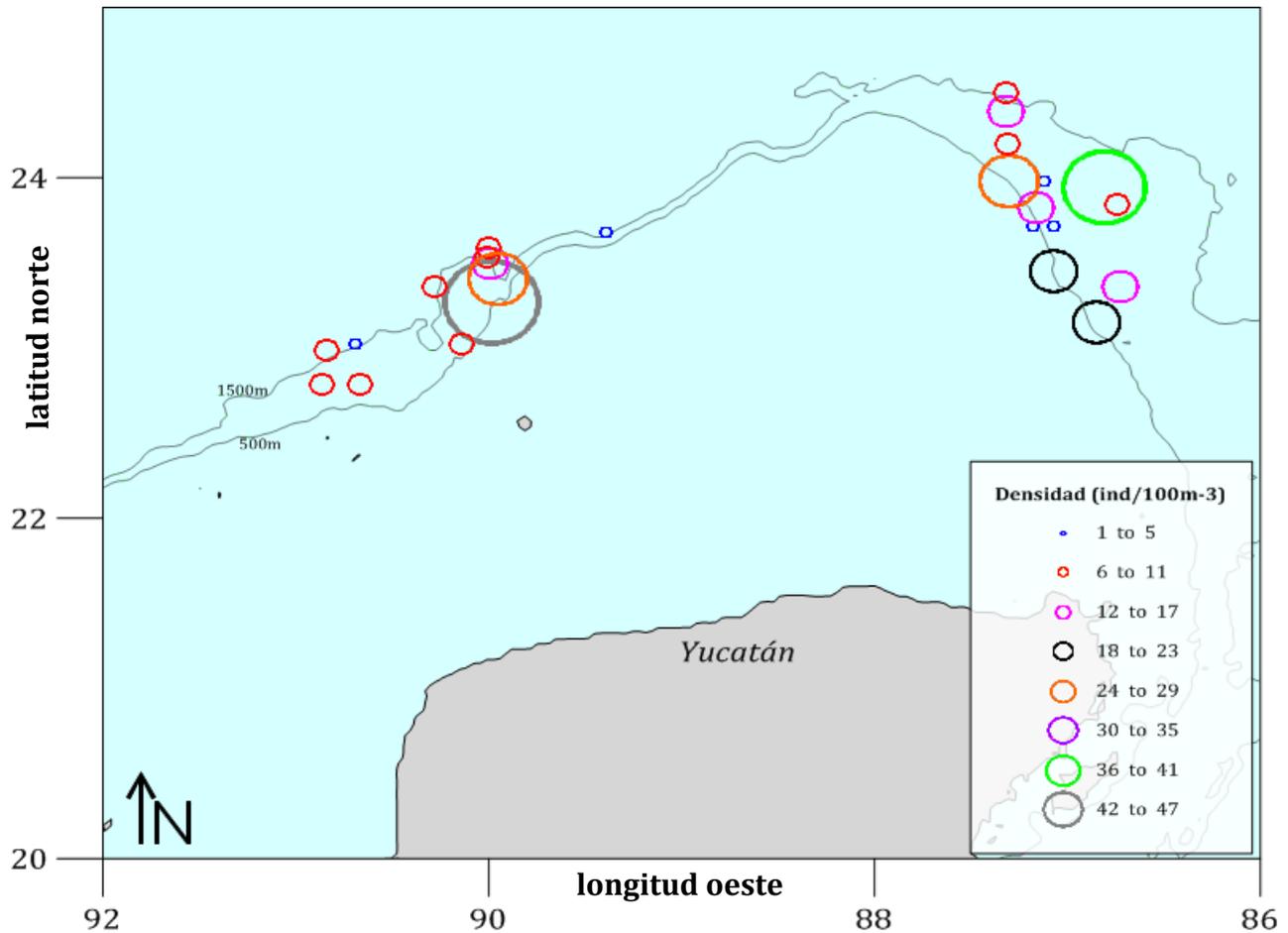


Figura 26.- Mapa de densidad de la familia *Euphausiidae*.

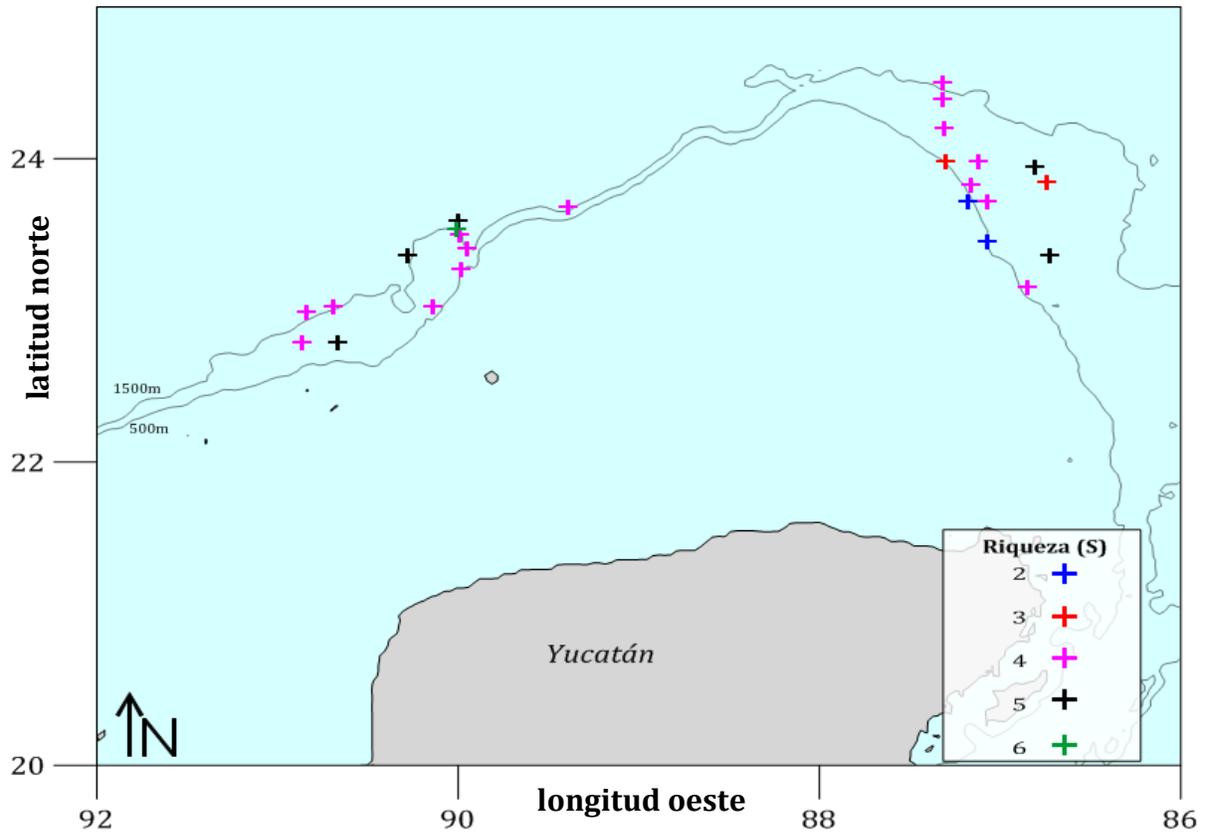


Figura 27.- Mapa de riqueza de la familia *Euphausiidae*.

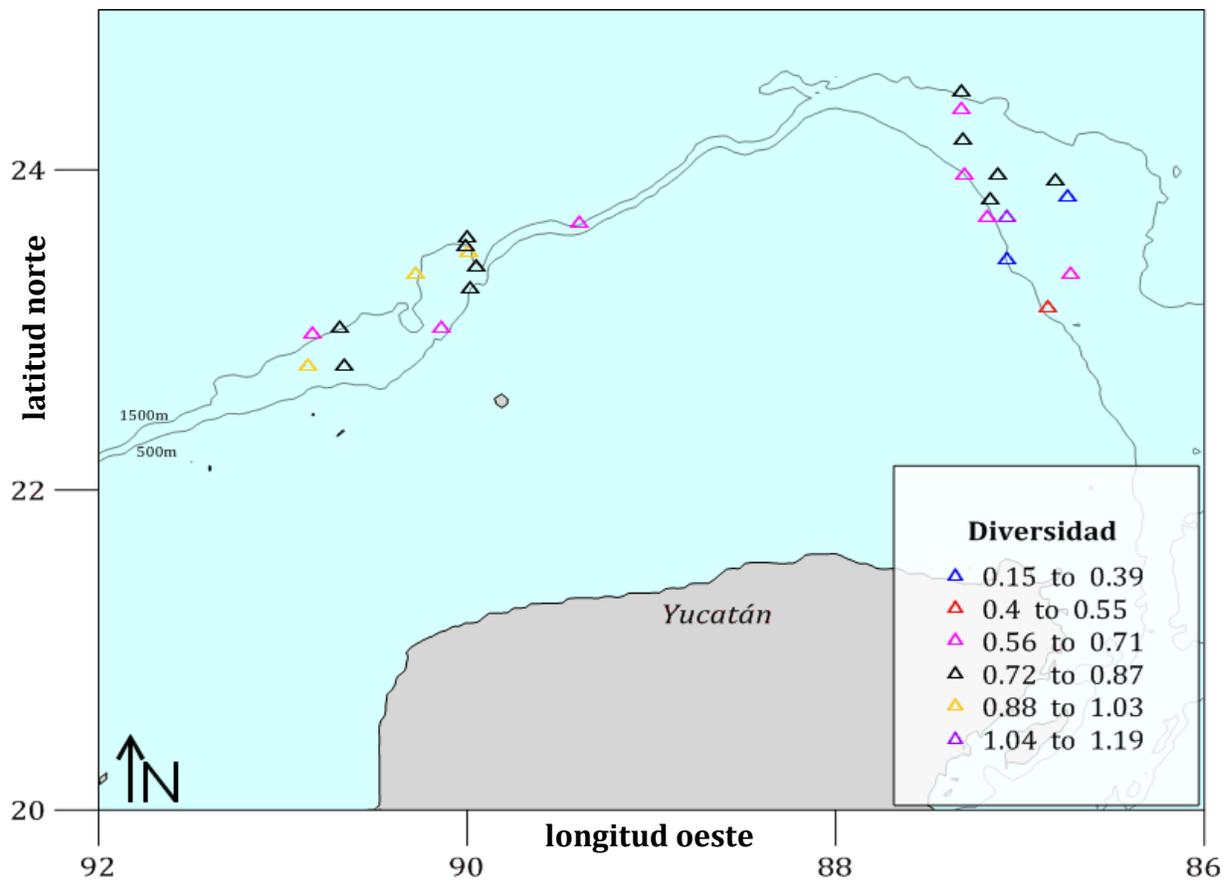


Figura 28.- Mapa de diversidad de la familia *Euphausiidae*.

En dos de las estaciones muestreadas, se registró la mayor densidad (ind/m^{-3}) **E24** = 45.412 y **B3** = 41.377 (Figura 29); seis estaciones con mayor riqueza **E27** = 6, **B2** = 5, **B3** = 5, **E26** = 5, **E32** = 5 y **F39** = 5 (Figura 30) (Ver Anexo I); mientras que el índice de diversidad más alto fue de 1.121 en la estación **C8** (Figura 31).

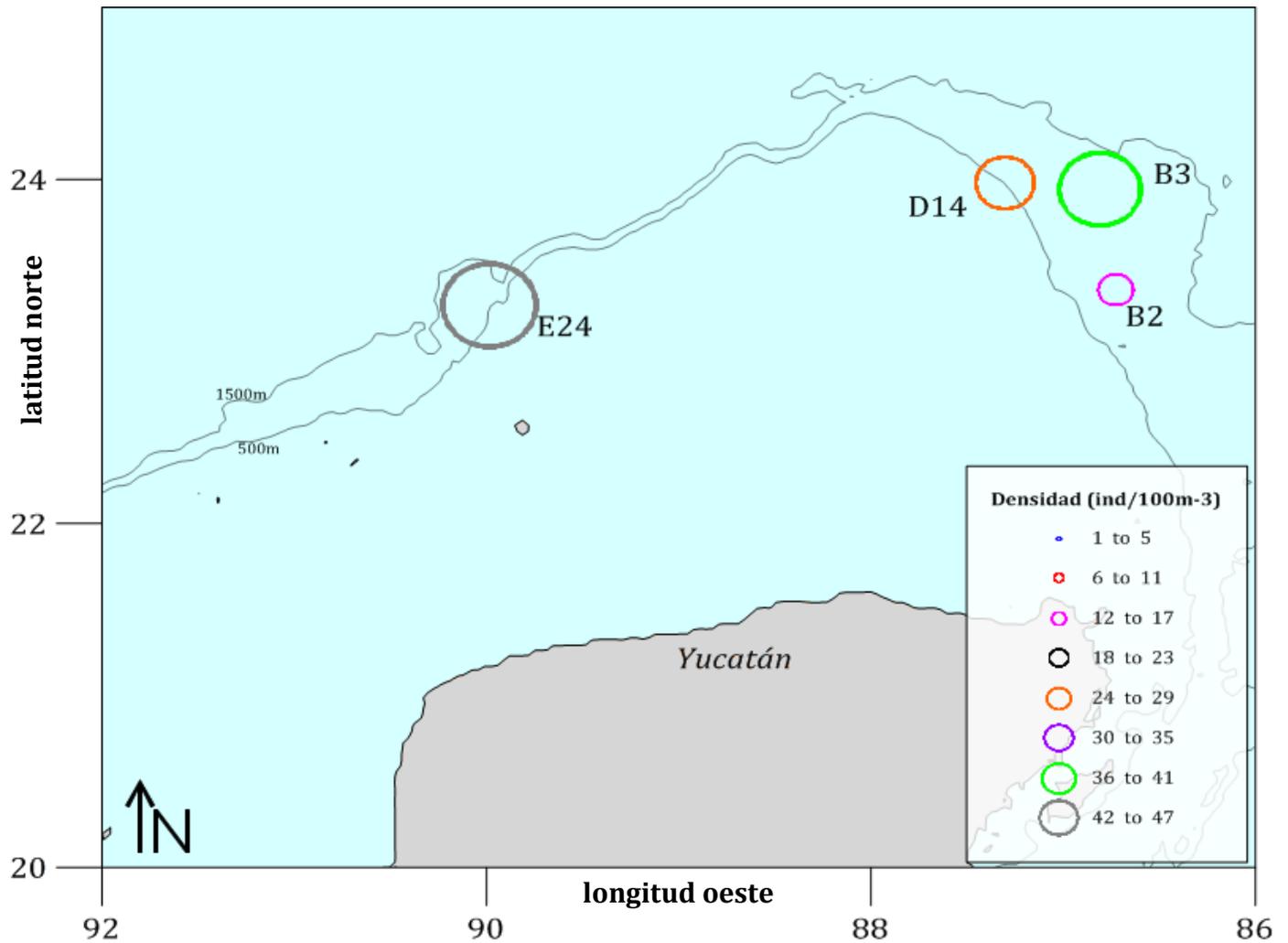


Figura 29.- Estaciones con mayor densidad.

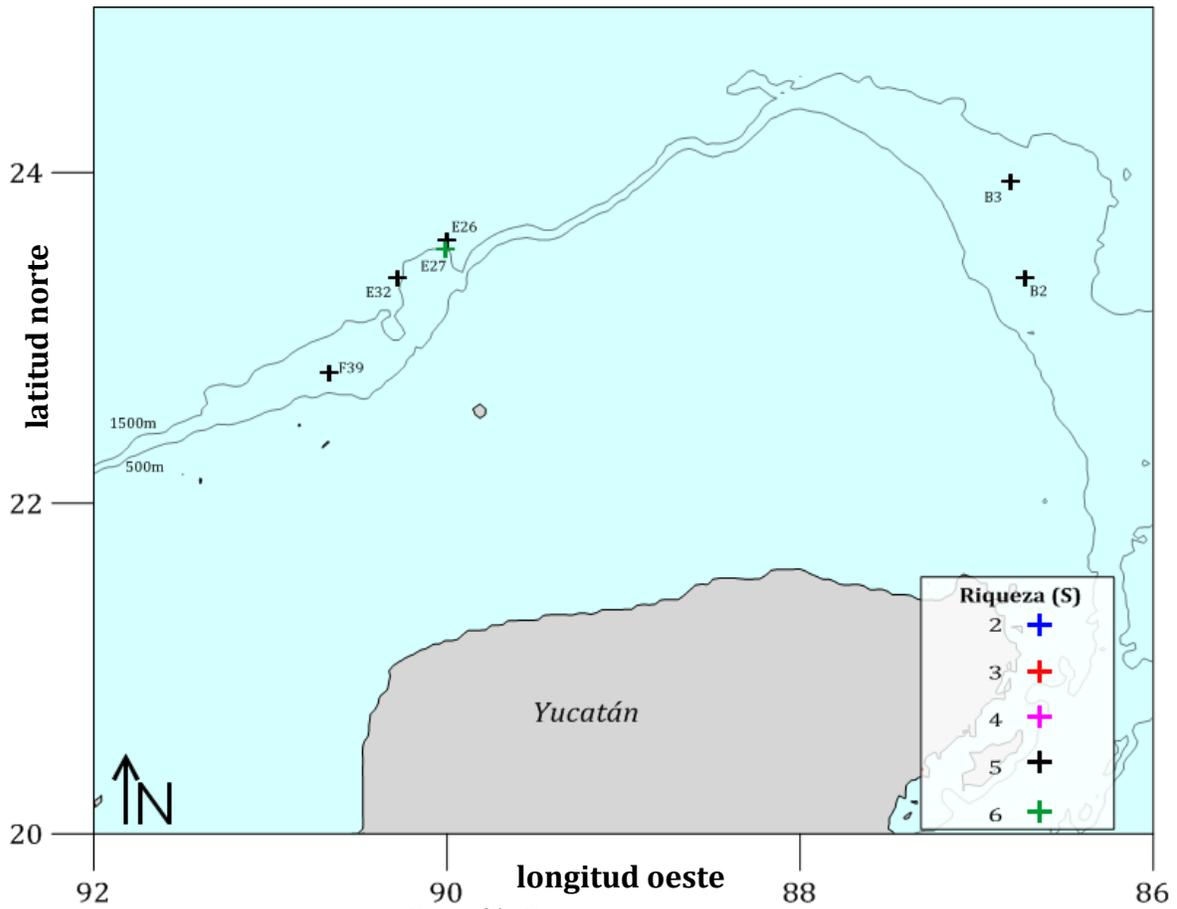


Figura 30.- Estaciones con mayor riqueza.

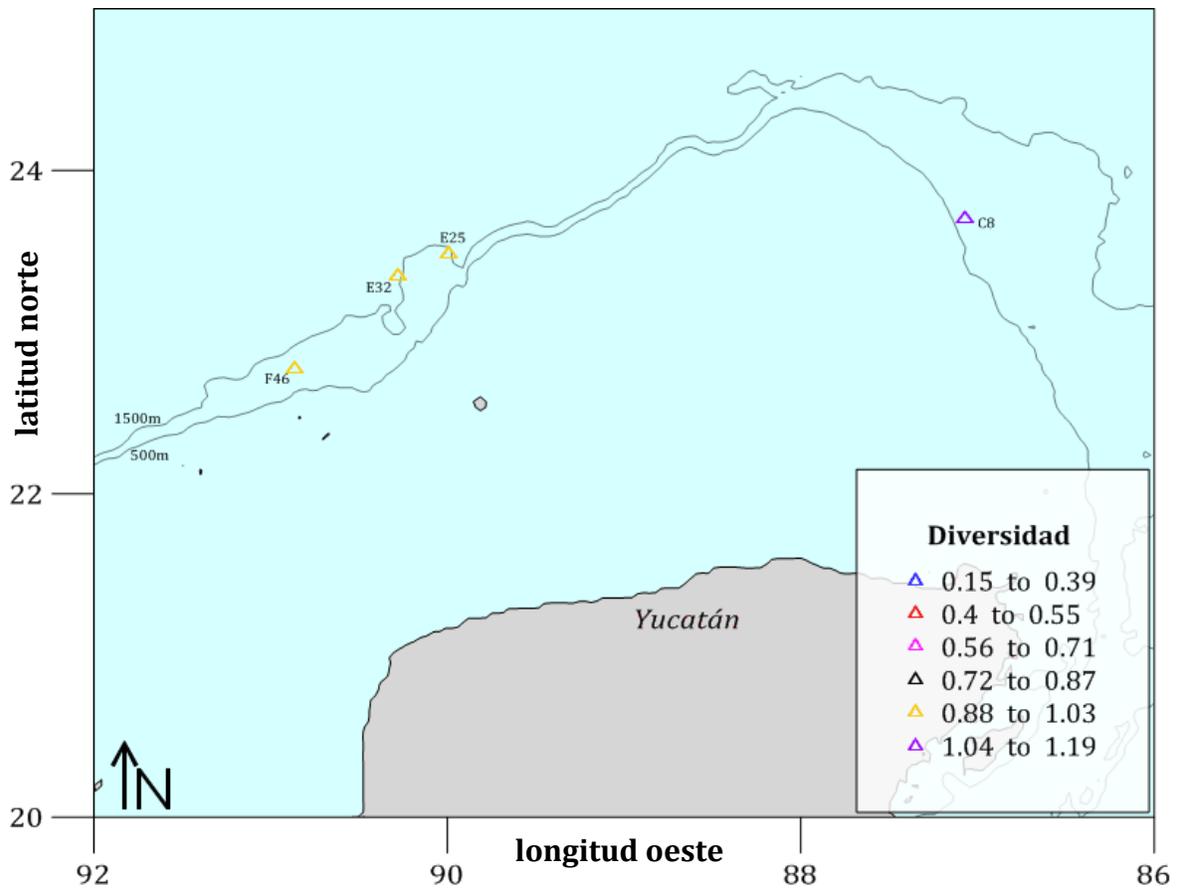


Figura 31.- Estaciones con mayor diversidad.

8.6 Distribución de los géneros en la columna de agua

Los géneros *Stylocheiron*, *Euphausia*, *Nematoscelis*, *Nematobrachion*, *Thysanopoda* y *Thysanoessa* se encontraron en todas las profundidades (20 a 1000m). *Stylocheiron*, *Euphausia* y *Nematoscelis* se encuentran ampliamente distribuidos en toda la columna; sin embargo, las mayores abundancias para estos géneros se localizaron a distintas profundidades (Figura 32), mostrando así un patrón diferencial en su distribución vertical.

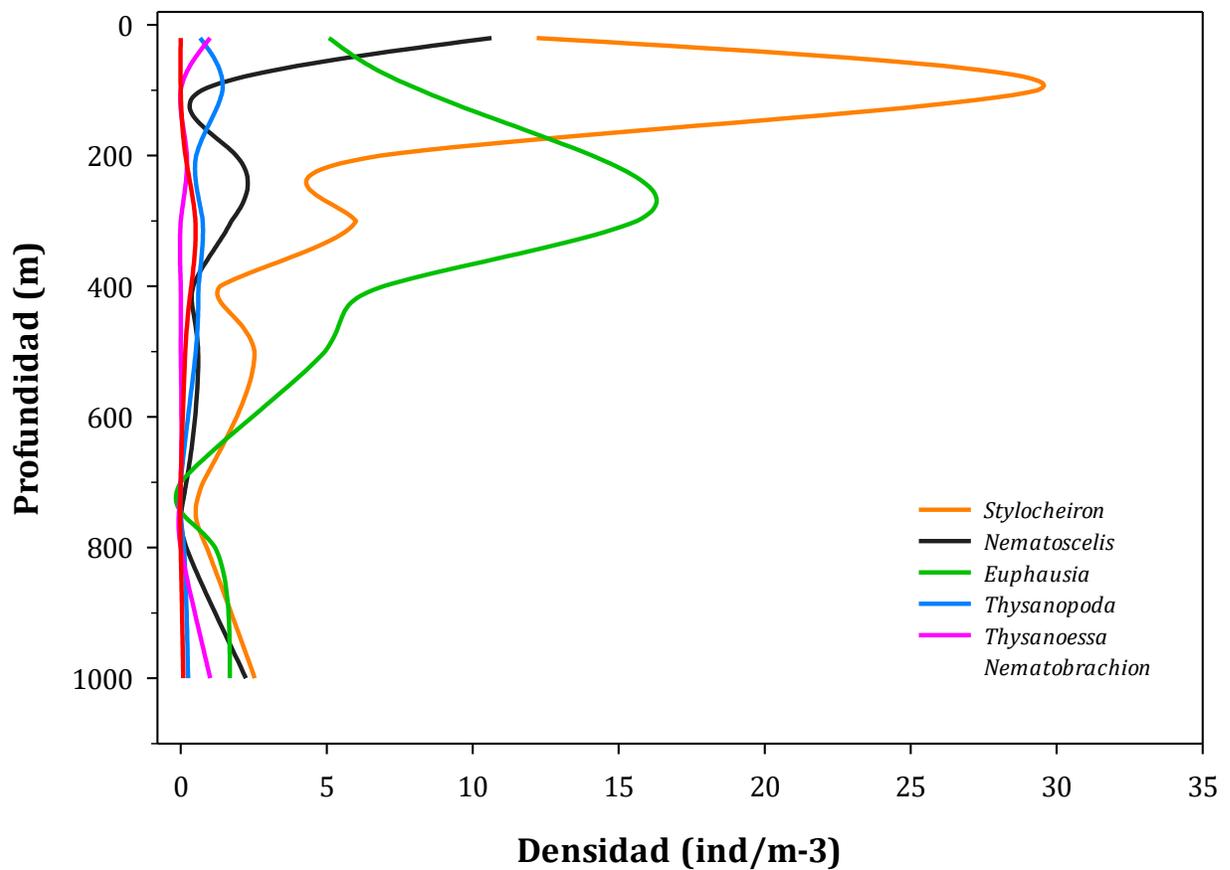
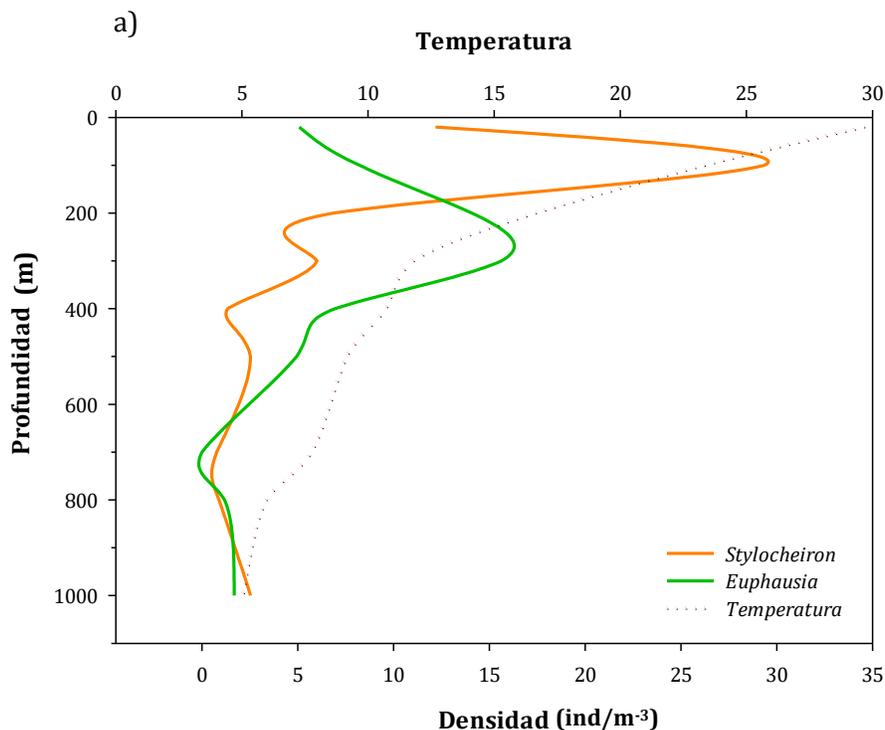


Figura 32.- Distribución de los géneros en la columna de agua.

El análisis de la densidad con respecto a los parámetros fisicoquímicos registrados a lo largo de la columna de agua solo se realizó con *Stylocheiron* y *Euphausia*; los demás géneros no presentan los individuos suficientes para llevar a cabo la comparación.

La distribución vertical de estos géneros muestra una relación clara con la temperatura. *Stylocheiron* presenta su mayor abundancia en niveles de temperatura altos (29 °C), mientras que la mayor abundancia de *Euphausia* se registra a una temperatura menor (11 °C). Con relación a la salinidad, *Stylocheiron* presenta la mayor abundancia en niveles altos de salinidad (36.4 ups), mientras que *Euphausia* registra la mayor abundancia a menor concentración de salinidad (35.8 ups). *Stylocheiron* también muestra una relación con la concentración de oxígeno en la columna de agua, ya que la mayor abundancia se registró a 100 m con una concentración de 3.9ml/l de oxígeno. Por otro lado, *Euphausia* presenta su mayor abundancia en concentraciones bajas de oxígeno (3.2 ml/l). La distribución vertical de estos dos géneros es diferencial, aunque ambos se encuentran en toda la columna de agua. *Stylocheiron* presenta la mayor abundancia en la zona fótica, mientras que en *Euphausia* se localiza en la zona afótica (Figura 33 a, b, c).



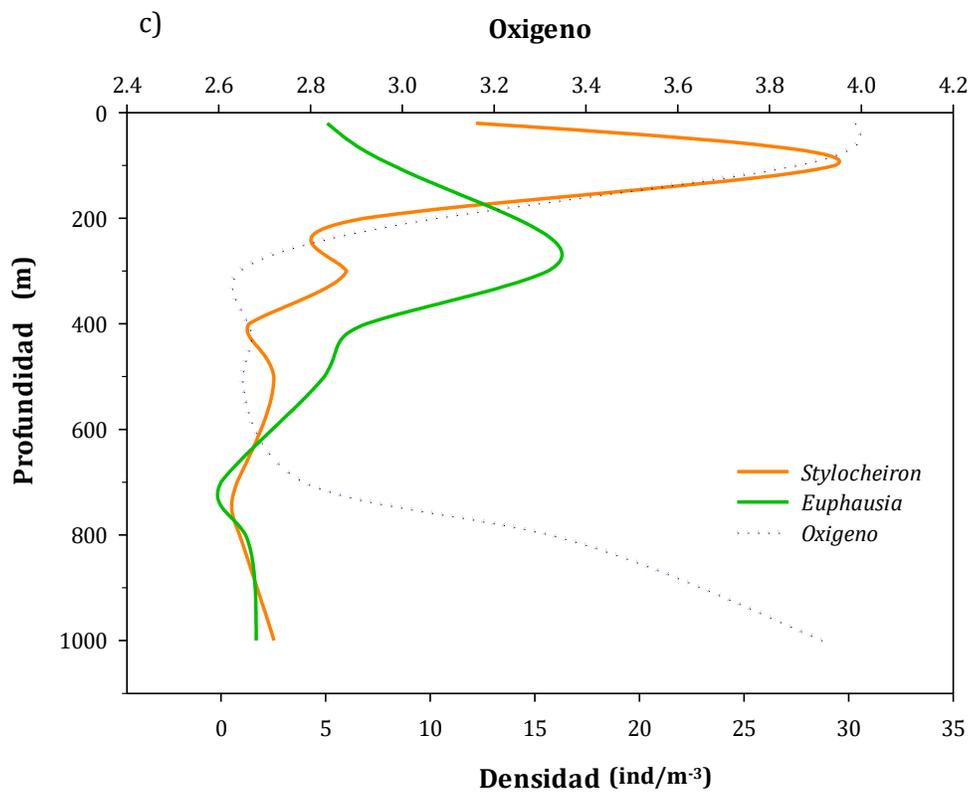
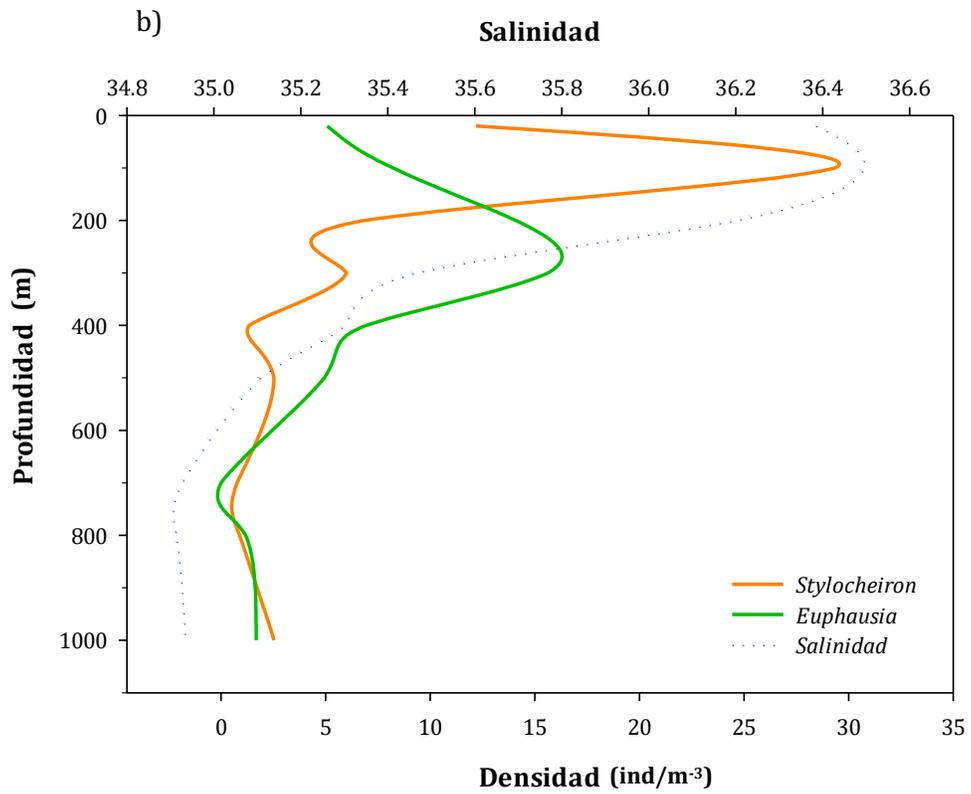


Figura 33.- Distribución de *Stylocheiron* y *Euphausia* con base en los parámetros fisicoquímicos a) temperatura, b) salinidad y c) oxígeno.

8.7 Diagramas de caja y ANOVA

Las pruebas estadísticas se realizaron para los géneros más abundantes, la ANOVA para *Stylocheiron* muestra diferencias significativas en el número de individuos con respecto a los niveles de profundidad, $F(8,97) = 5.0548$, $p = 0.0003$, como se observa en el diagrama de caja (Figura 34) así mismo, se aplicó una prueba de Tukey que corrobora que el nivel de 100 m es distinto a los demás niveles de muestreo (Ver Anexo II); para *Nematoscelis*, *Euphausia* y *Thysanopoda* la prueba de ANOVA no fue significativa. En el caso de *Thysanoessa* y *Nematobranchion* las pruebas de ANOVA no se pudieron realizar por el bajo número de individuos.

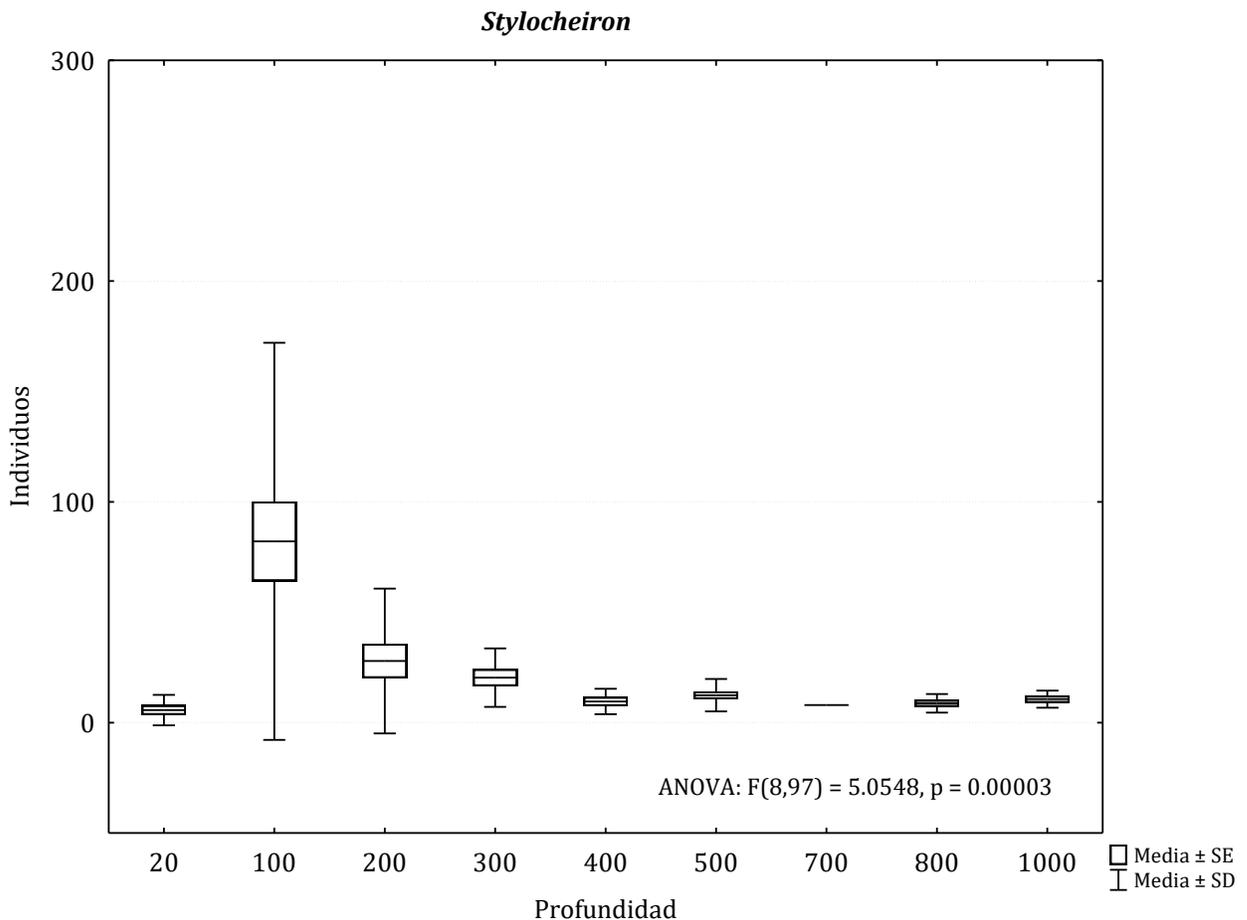


Figura 34.-Diagrama de caja para *Stylocheiron*.

8.8 Regresión Múltiple

La regresión múltiple, se realizó para cada género con respecto a las variables fisicoquímicas registradas durante la campaña oceanográfica. Sólo en tres géneros se mostraron valores significativos con respecto a un parámetro, *Stylocheiron* tiene valores significativos con la temperatura (Tabla 3); el género *Euphausia* mostró valores significativos con el oxígeno (Tabla 4); *Thysanopoda* presenta valores significativos con la salinidad (Tabla 5) es decir, existe una relación entre la densidad de los individuos con respecto a los parámetros. Cada género se ve influenciado mayormente por alguna de las cuatro variables registradas, sin olvidar que las demás siempre afectan en la distribución diferencial y densidad de los individuos dentro de la columna de agua.

Tabla 3.- Regresión múltiple para *Stylocheiron*.

<i>Stylocheiron</i>	Beta in	Partial	Semipart	Tolerance	R-square	t(103)	p-level
S°/°	0.094088	0.044637	0.041176	0.191523	0.191523	0.453465	0.651168
O ₂	0.063364	0.051667	0.047661	0.565764	0.565764	0.525060	0.600670
Profundidad	0.091898	0.096590	0.089102	0.940068	0.940068	0.984891	0.326986
T°	0.386071	0.386071	0.386071	1.000000	0.000000	4.268071	0.000044

Tabla 4.- Regresión múltiple para *Euphausia*.

<i>Euphausia</i>	Beta in	Partial	Semipart	Tolerance	R-square	t(101)	p-level
S°/°	-0.186891	-0.084221	-0.079910	0.182821	0.817179	-0.84943	0.397652
T°	0.208860	0.089110	0.084585	0.164011	0.835989	0.89912	0.370727
O ₂	-0.271142	-0.200993	-0.193986	0.511851	0.488149	-2.06203	0.041772
Profundidad	-0.189343	-0.177783	-0.170804	0.813763	0.186237	-1.81562	0.072396

Tabla 5.- Regresión múltiple para *Thysanopoda*.

<i>Thysanopoda</i>	Beta in	Partial	Semipart	Tolerance	R-square	t(100)	p-level
S°/°	-0.520166	-0.226847	-0.224289	0.185922	0.814078	-2.32920	0.021860
T°	0.437666	0.182092	0.178326	0.166013	0.833987	1.85188	0.066993
O₂	-0.095918	-0.070693	-0.068245	0.506217	0.493783	-0.70871	0.480155
Profundidad	-0.142788	-0.133470	-0.129685	0.824887	0.175113	-1.34675	0.181105

8.9 Regresión Polinomial

Así mismo, se aplicó una regresión polinomial solo a los géneros más abundantes (*Stylocheiron* y *Euphausia*) con respecto a los parámetros fisicoquímicos, con el fin de analizar si se obtenía un patrón de comportamiento mejor definido, la línea de tendencia polinomial se ajustó como máximo al tercer orden. En general el comportamiento de los datos con respecto a la temperatura, salinidad, oxígeno y profundidad presentan un patrón de distribución del tipo normal para ambos géneros, y solo con un ajuste de R mayor a 0.6 para la temperatura y salinidad (Figura 35 y 36).

Stylocheiron presenta la mayor densidad (0.30 ind/m³) con respecto a *Euphausia* (0.14 ind/m³); ambos géneros se distribuyen dentro de los mismos rangos de parámetros con una distribución del tipo normal, aunque se observa que son completamente diferentes, esto es, la mayor densidad de *Stylocheiron* se distribuye en los valores altos de los parámetros medidos 36.5 ups, 25°C, 4 ml/l y 600 m, mientras que *Euphausia* lo hace en 35.5 ups, 12°C, 2.8 ml/l y 600 m.

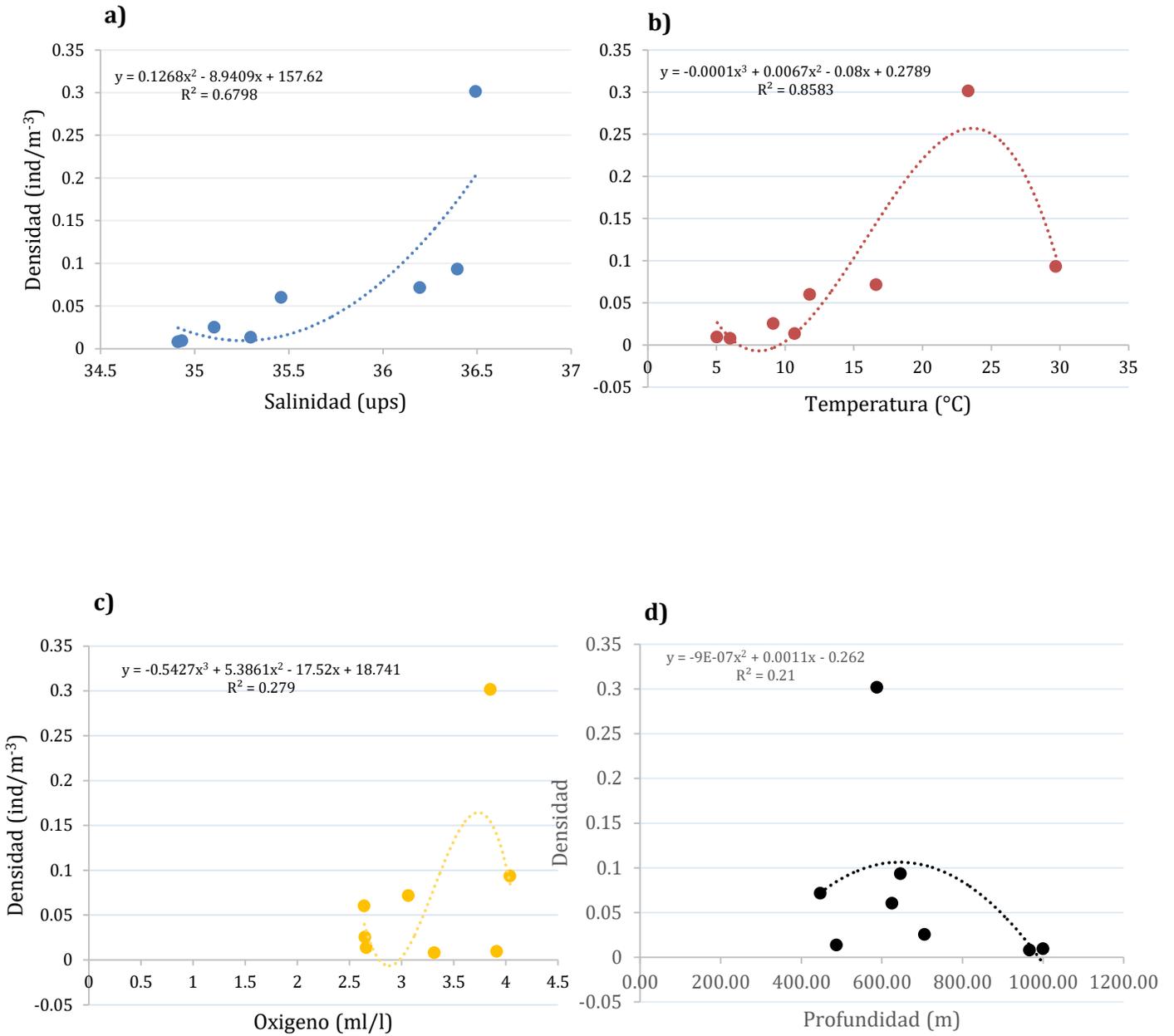


Figura 35.- Regresión polinomial para *Stylocheiron* a) salinidad, b) temperatura, c) oxígeno y d) profundidad.

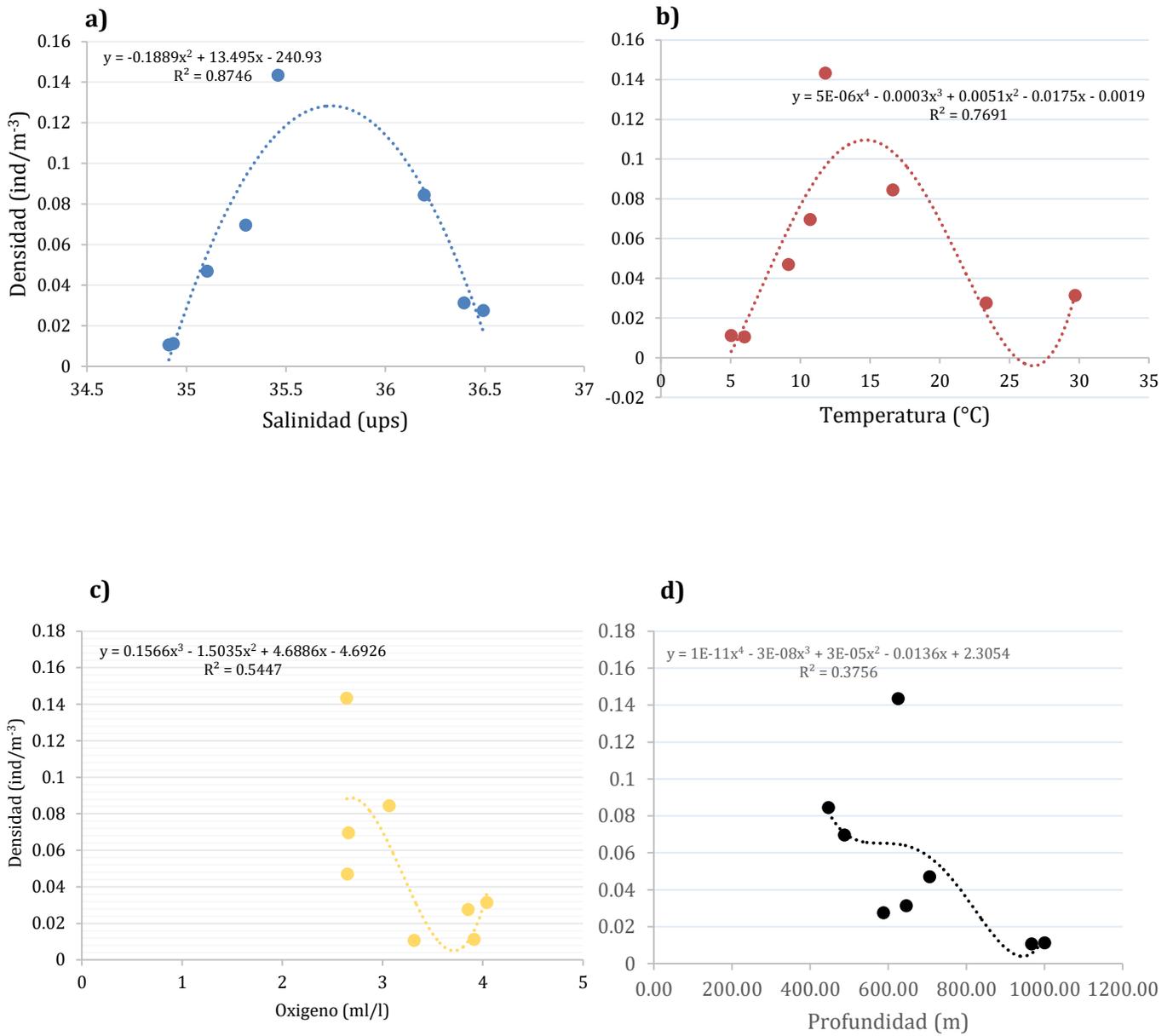


Figura 36.- Regresión polinomial para *Euphausia* a) salinidad, b) temperatura, c) oxígeno y d) profundidad.

8.10 Distribución por zonas

Con el fin de analizar la influencia de masas de agua y las corrientes en la abundancia de los organismos zooplanctónicos en el área de estudio, se agruparon en dos zonas las estaciones.

a) Zona A (parte oeste de la península de Yucatán)

La zona se ve influenciada por dos masas de agua CSUW (Agua subtropical subsuperficial del Caribe Modificada) y CTSW (Agua Tropical Superficial del Caribe Modificada) (Figura 37) con una temperatura de 16.70° , una concentración de oxígeno 3.19ml/L , una salinidad de 35.91ups , y clorofila superficial de $<0.1\text{mg/m}^3$.

La abundancia de esta zona es de 2679 individuos, en la cual están representados los seis géneros que se identificaron. La mayor abundancia se localiza a 100 m (Figura 38). Los géneros que se encuentra mejor representados en esta zona son *Stylocheiron* y *Euphausia* (Figura 39). En los siguientes mapas se observa la diversidad, riqueza y densidad mayor presente en esta zona, encontrando intervalos de 0.88 (H'), 42-49 ($\text{ind}/100\text{m}^{-3}$) y 6 (S) (Figura 40). La riqueza (S) promedio fue de 4.41, el índice de diversidad (H') que se obtuvo fue de 0.79 y una densidad de $12.89\text{ ind}/100\text{m}^{-3}$.

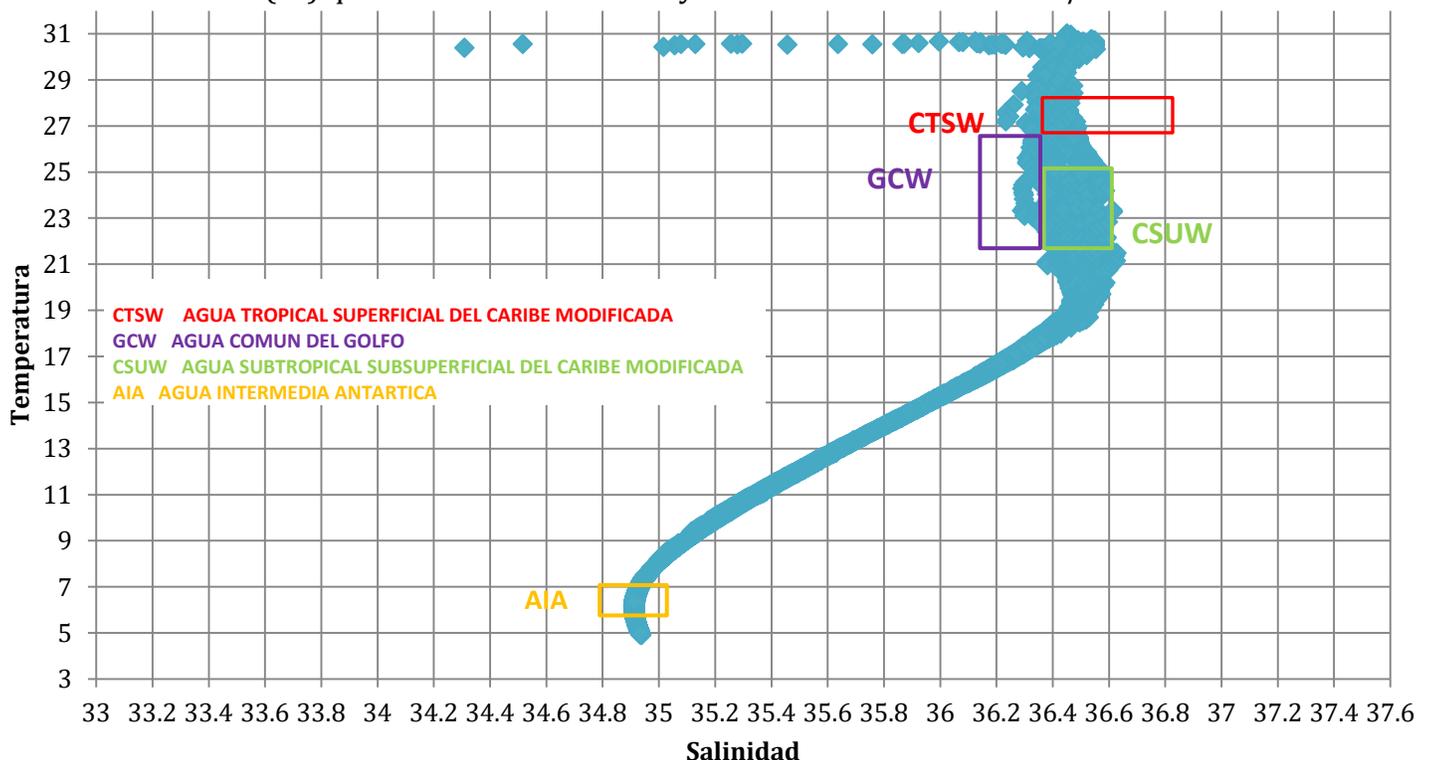


Figura 37.- Masas de agua de la Zona A (oeste).

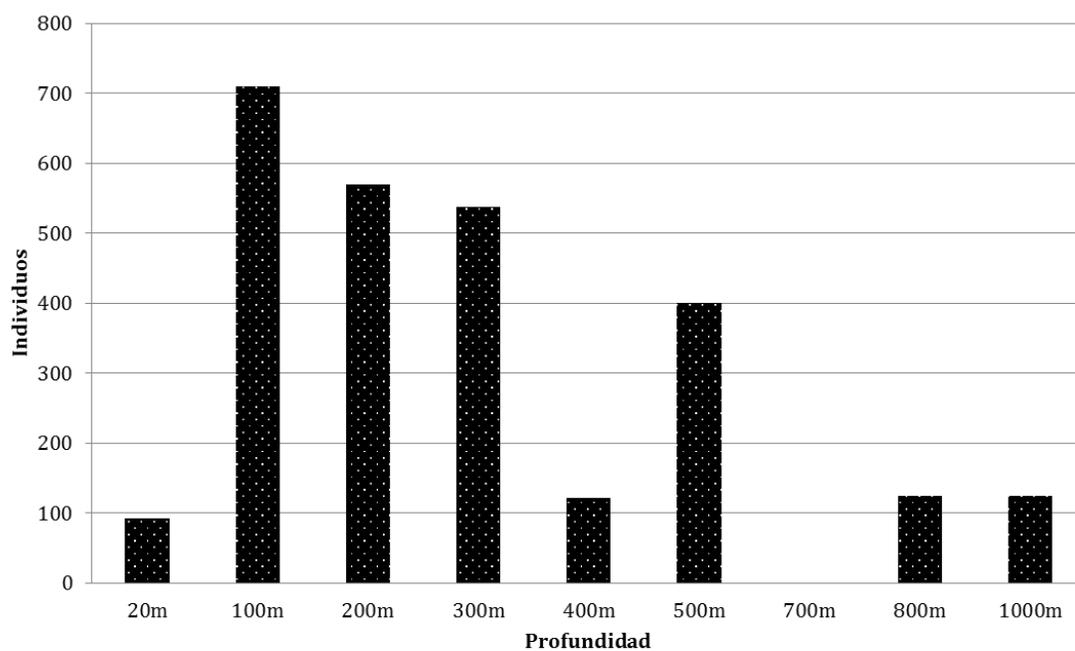


Figura 38.- Abundancia de la zona A (oeste).

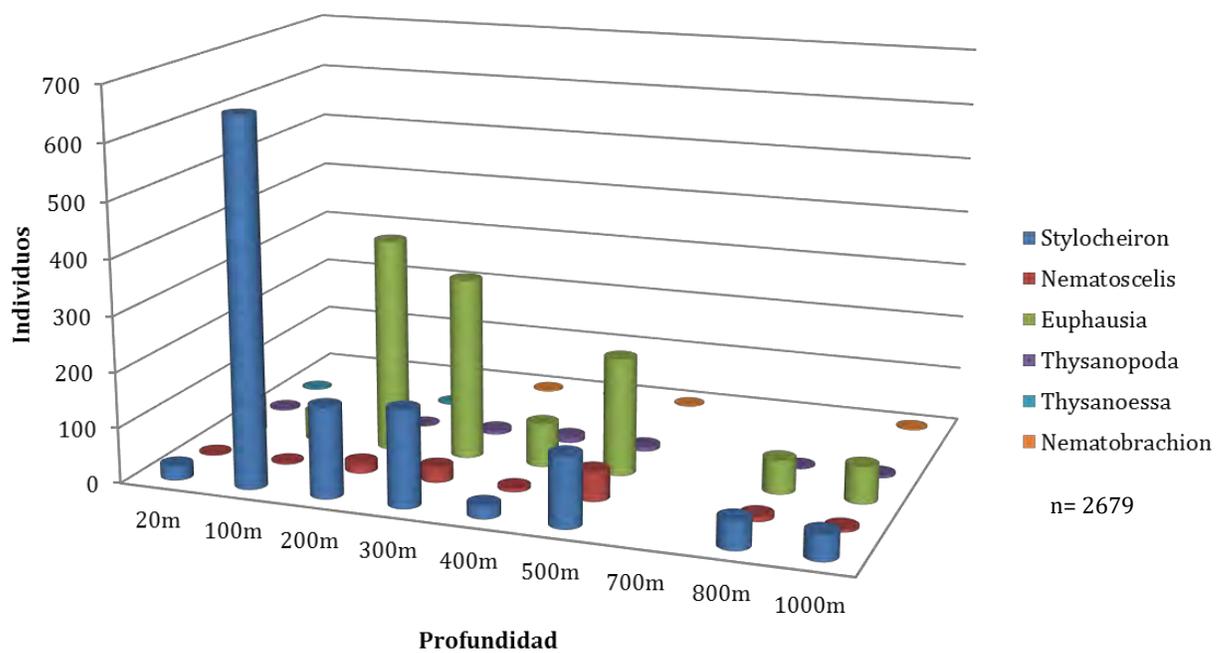


Figura 39.- Abundancia de géneros de la zona A (oeste).

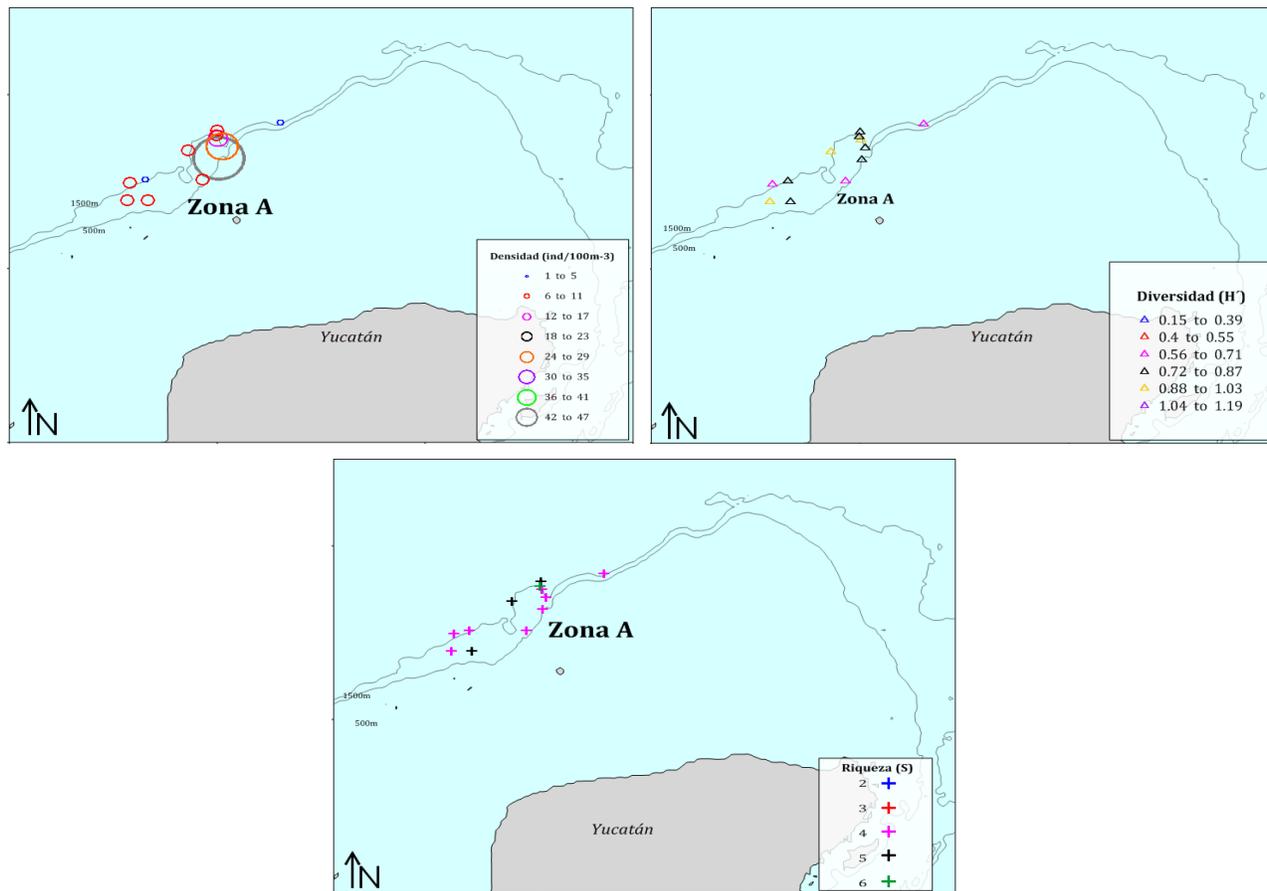


Figura 40.- Mapas de la zona A (oeste).

Se aplicó una prueba de ANOVA para el total de individuos con respecto a la profundidad, y no se encontraron diferencias significativas para ningún nivel.

b) Zona B (parte este de la península de Yucatán)

La zona B se ve influenciada por una masa de agua CTSW (Agua Tropical Superficial del Caribe Modificada) (Figura 41) con una temperatura de 17.36°, una concentración de oxígeno 3.32ml/L, una salinidad de 35.91ups, y clorofila superficial de >0.1mg/m³.

La abundancia para la zona B es de 3947 individuos, así mismo se encuentran los seis géneros que se lograron identificar. La mayor abundancia de individuos se encuentra a 100 y 300 m (Figura 42); *Stylocheiron* y *Euphausia* siguen siendo los géneros más abundantes (Figura 43). En los siguientes mapas se observa cual es la mayor la diversidad, riqueza y densidad que presenta la zona, se encuentran en los intervalos de 1.04-1.19 (H'), 36-41 (ind/100m⁻³) y 5 (S), respectivamente (Figura 44). La riqueza (S) promedio fue de 3.6, el índice de diversidad es de 0.67, y la densidad fue de 14.44 ind/100m⁻³.

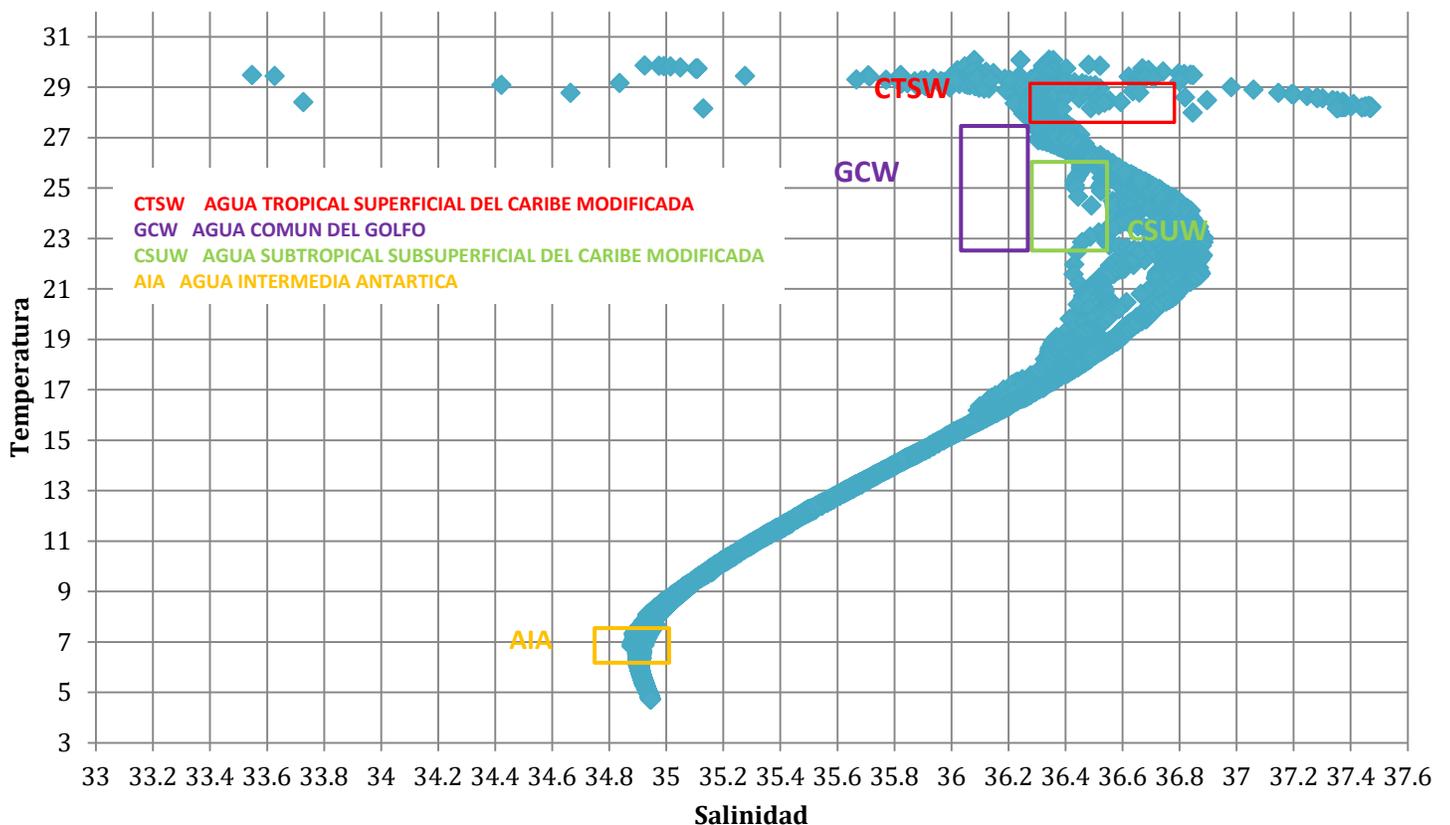


Figura 41.- Masas de agua de la Zona B (este).

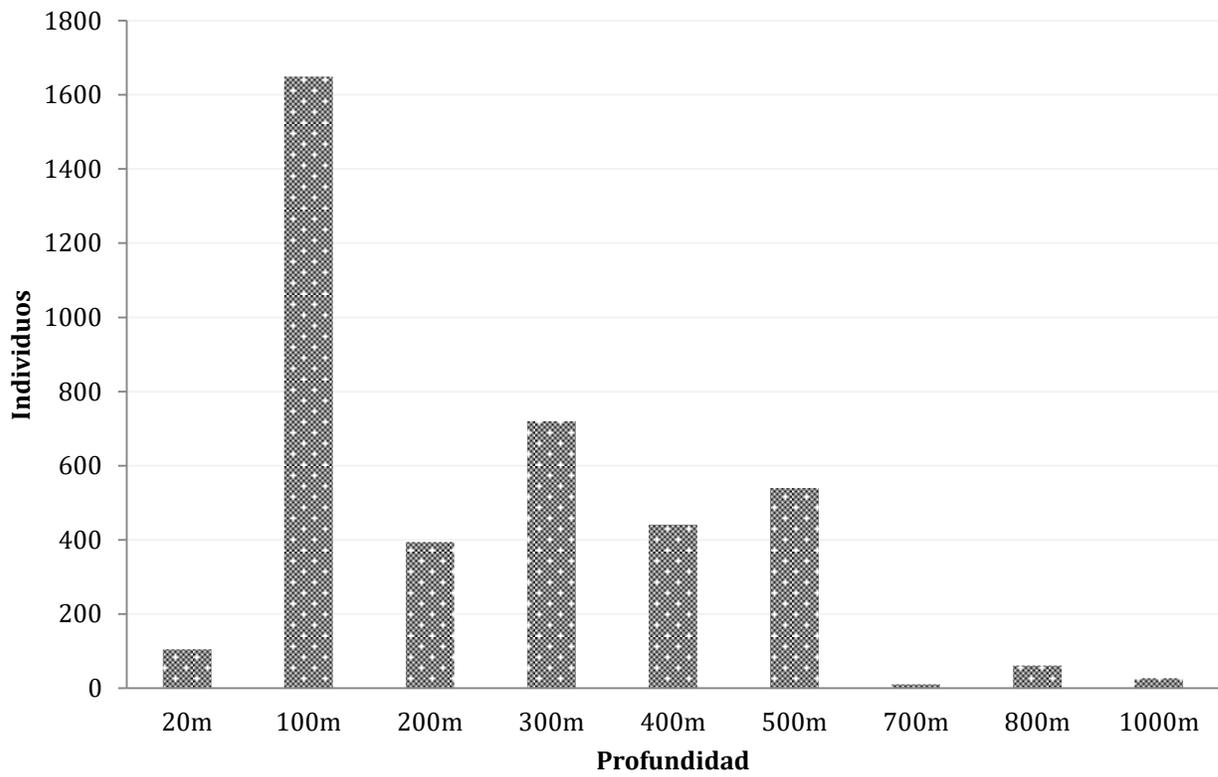


Figura 42.- Abundancia de la zona B (este).

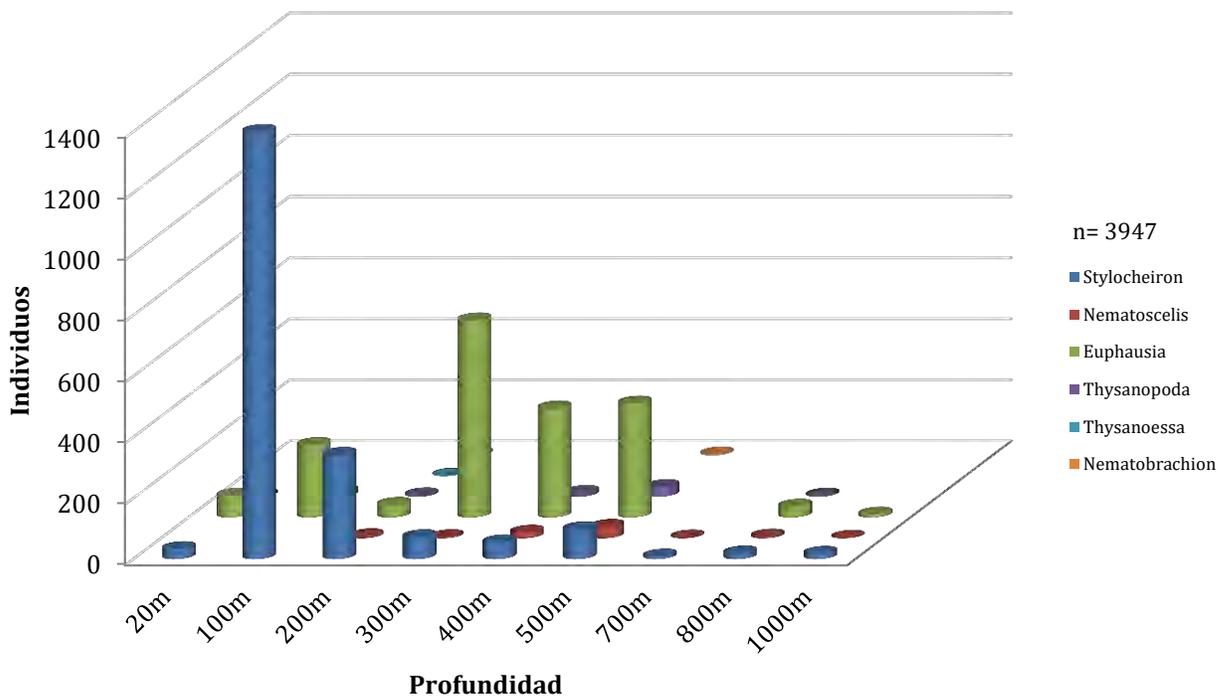


Figura 43.- Abundancia de géneros de la zona B (este).

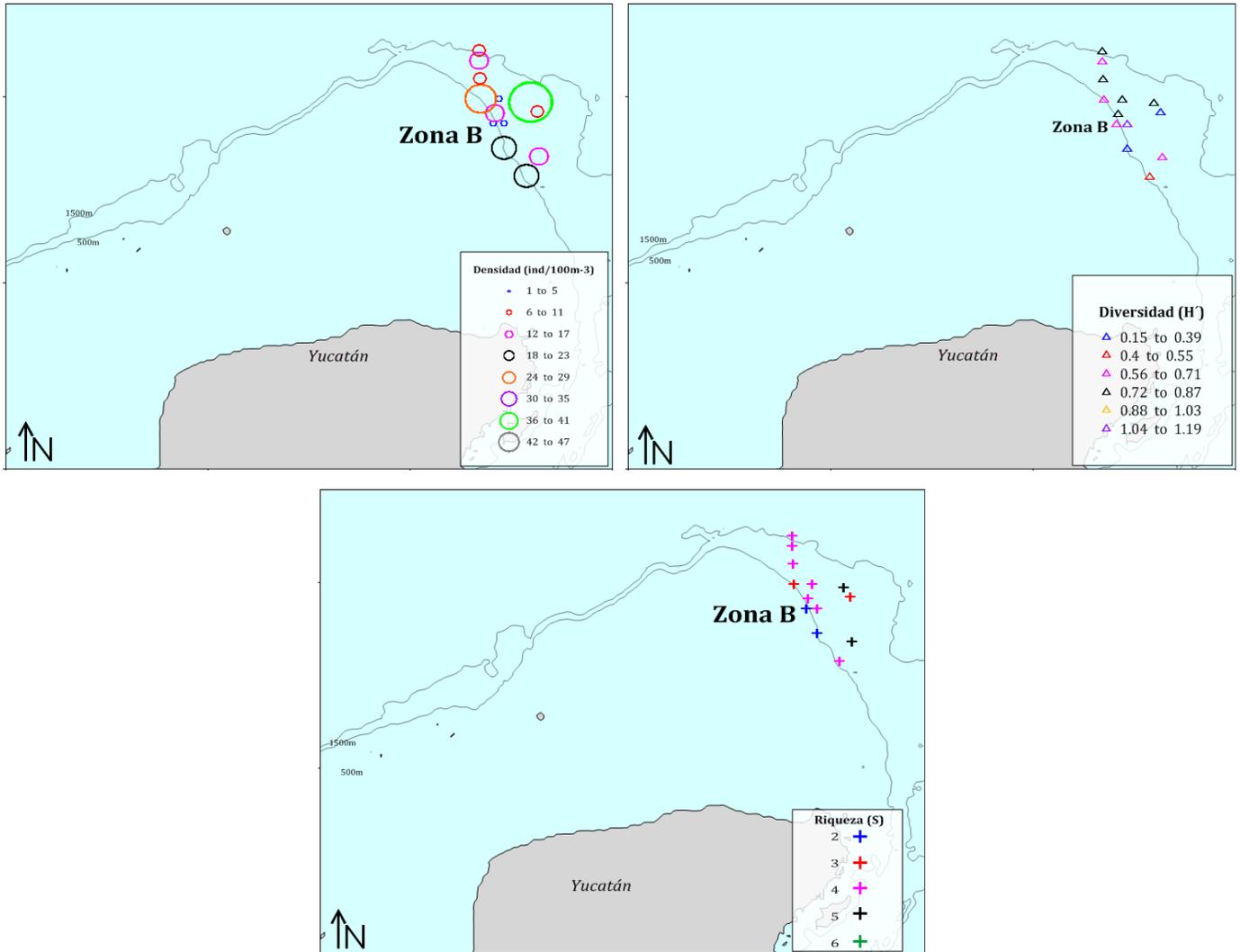


Figura 44.- Mapas de la zona B (este).

Al aplicar el análisis estadístico ANOVA para esta zona (Figura 45), se mostraron diferencias significativas en la densidad de individuos con respecto a la profundidad, $F(8,45) = 2.0649$, $p = 0.05$; aunque al emplear la prueba *post hoc* no se observó diferencia en ningún nivel de profundidad (Ver Anexo III).

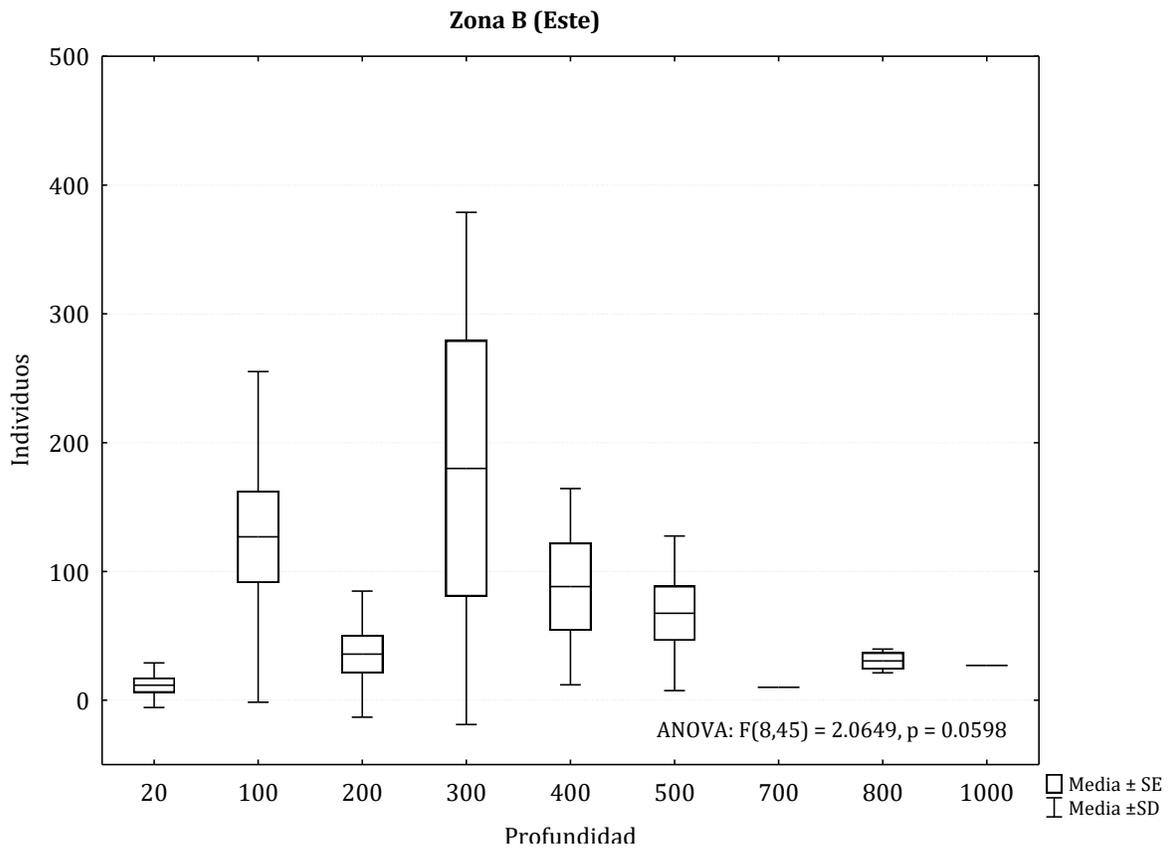


Figura 45.- Prueba de ANOVA para la Zona B.



9. DISCUSIÓN

9.1 Parámetros Físicoquímicos

Los parámetros físicoquímicos (temperatura, salinidad y oxígeno) en el Golfo de México están determinados principalmente por la influencia de las aguas cálidas de la Corriente de Lazo (De Lanza-Espino y Gómez-Rojas, 2004). En las estaciones muestreadas en el área de estudio, se encontró una temperatura máxima de 29.6 °C y mínima de 5.0 °C, una salinidad máxima de 36.38 y una mínima de 34.93 ups y el oxígeno máximo de 3.98 ml/L y un mínimo de 2.64 ml/L. La literatura registra una temperatura superficial de 28° a 29°C durante el verano para el Golfo de México (Nowlin y McLellan, 1967). Las aguas típicas del Golfo de México tienen una salinidad de 36.5 ups, sin embargo, existe una mezcla entre los giros anticiclónicos con la masa de Agua Subtropical Subsuperficial con la cual se ha registrado una salinidad de 36.6 ups a una profundidad de 70 m (Biggs, 1992). En cuanto al contenido de oxígeno, se ha reportado que se encuentra de manera uniforme en la capa superficial de mezcla con un valor de 4.5ml/L (Morrison y Nowlin, 1977), mientras que en la plataforma de Yucatán se ha registrado una sobresaturación del 112% lo que equivale a 6.11ml/L a una profundidad de 20 m, lo cual está condicionado por una alta productividad, que propicia una mayor concentración de oxígeno (Signoret *et al.*, 1998). Los valores de los parámetros físicoquímicos que se registraron para el sureste del Golfo se encuentran en lo descrito por los autores antes mencionados.

9.2 Composición

Los seis géneros pertenecientes a la familia *Euphausiidae* recolectados en el área de estudio, *Stylocheiron*, *Euphausia*, *Nematobrachion*, *Nematoscelis*, *Thysanoessa* y *Thysanopoda*, superan por dos géneros más, a los registrados por Gasca *et al.*, (2001) para el Golfo de México. Por otro lado, Castellanos y Gasca (2002) recolectaron cinco géneros en el Caribe Mexicano; en otros análisis realizados en la parte central de Chile (Pacífico) Mujica y Pavez (2008), también se reportaron los mismos seis géneros que se registraron en el presente estudio en el sur del Golfo de México. Cabe resaltar que en estos estudios se utilizaron diferentes tipos de redes y el muestreo no fue similar; no obstante, la diversidad de géneros en el Golfo de México es comparable a la registrada en el Pacífico Sur.

La composición de eufáusidos en el área de estudio está representada principalmente por dos géneros, *Stylocheiron* y *Euphausia*, los cuales constituyen cerca del 96% de la captura total de organismos; en los trabajos de Castellanos y Gasca (1996, 2002) para el sur del Golfo de México y para el Caribe Mexicano respectivamente, indican que estos géneros (*Stylocheiron* y *Euphausia*) también se encontraron en mayor proporción en la captura, reportando al género *Stylocheiron* como el más abundante para la parte oceánica. Por su parte Gasca *et al.*, (2001) también registran a este género como el más abundante, representando el 28% del total de la muestra para su estudio. Estos resultados coinciden con el presente trabajo, ya que el género *Stylocheiron* tiene el 50% de la abundancia total para la familia *Euphausiidae*, además de encontrarse en todas las profundidades muestreadas (20 a 1000 m).

9.3 Abundancia y distribución

La distribución vertical de los géneros es diferencial, aunque la familia *Euphausiidae* mostró una presencia constante en todos los niveles muestreados en la columna de agua. Las mayores abundancias en el plano vertical para la familia *Euphausiidae* se registraron en los estratos de 100, 200, 300 y 500 m. *Stylocheiron*, *Euphausia* y *Nematoscelis* también se presentaron en todos los niveles de 20 a 1000 m. Los géneros *Stylocheiron* y *Euphausia* presentaron la mayor abundancia a 100 y 300 m, respectivamente, *Nematoscelis* aunque se presentó en todos los niveles muestreados, no registró un máximo claro en su abundancia para ninguna profundidad. Castellanos y Gasca (1996) llevaron a cabo un muestreo con red de tipo Bongo en el estrato de 200 m, y señalan que los géneros *Stylocheiron* y *Euphausia* son los de mayor abundancia en esta zona. Así mismo, Castellanos y Gasca (2002) en su trabajo para el Mar Caribe, señalan que las máximas abundancias son de los géneros *Stylocheiron* y *Euphausia* dentro de la zona epipelágica; Gasca *et al.*, (2001) para la parte oceánica oeste de la Plataforma de Yucatán, coinciden que los géneros con mayor abundancia son *Stylocheiron* y *Euphausia*.

En el Golfo de México, la distribución vertical de la salinidad está en función de las masas de agua que ingresan, así como del efecto de mezcla vertical inducida por los giros (Vidal-Lorandi *et al.*, 1990). Sameoto (1987); González-Chávez y Arenas-Fuentes (2001) en el Pacífico indican que la salinidad es un factor que influye en los movimientos verticales de los euphausíidos, si las concentraciones son muy elevadas o existen cambios bruscos con respecto a la profundidad, la haloclina es una barrera para el movimiento de los individuos. En el área de estudio no se aprecia este comportamiento, debido a que los géneros *Stylocheiron* y *Euphausia* no parecen verse afectados por la salinidad en su movimiento vertical, ya que se encontraron en toda la columna de agua (a partir de 20 m a 1000 m), lo único que si se vio afectado fue la abundancia de los mismos. La regresión múltiple aplicada, sugiere que la salinidad no es un factor limitante para la distribución de los géneros, pero que si están afectados

mayormente por la temperatura y oxígeno, mientras que *Thysanopoda* es más vulnerable al efecto de la salinidad a lo largo de la columna de agua.

En la literatura también se ha señalado que la abundancia y biodiversidad de eufáusidos en los primeros 200 m está determinada por los ritmos de migración vertical durante el día y la noche, aunque se ha resaltado que en el día estas diferencias sugieren que los patrones de migración podrían ser modificados por condiciones ambientales locales (Mauchline, 1980). La mayor abundancia encontrada en los eufáusidos para el área de estudio se localiza dentro de este estrato y se extiende hasta los 300 m; aunque no se puede asegurar que la abundancia de los individuos solo esté determinada por la migración vertical, ya que se puede ver afectada por más variables como lo son temperatura, salinidad, oxígeno, nutrientes, cantidad de luz, disponibilidad de alimento, reproducción, depredación, etc., (Flores, 1999; Santamaría, 2007; Figueroa, 2010), además en algunos decápodos se ha observado que hay una relación entre la abundancia de larvas y la temporada de reproducción (Day *et al.*, 2004). En el Noreste de Japón Taki (2008), observó que la migración vertical de los eufáusidos se ve afectada por la temperatura del agua, aunque los efectos de la misma difieren entre especies. Debe recordarse que la distribución vertical de la temperatura está en función de las masas de agua, características locales de la circulación, dinámica de las corrientes y la estacionalidad (Vidal-Lorandi *et al.*, 1994).

En el Pacífico Oeste los patrones de abundancia espacial que tiene del zooplancton, están relacionados con las características hidrográficas y tipo de circulación presentes; mientras que los altos valores de biomasa pueden estar relacionados con las masas de agua (Fernández-Álamo y Färber-Lorda, 2006). En el Golfo se presenta la corriente de Yucatán, se caracteriza por ser cálida y salina, y se considera como un mecanismo de dispersión de organismos a gran escala, ya sea en estados larvales o adultos (De lanza-Espino, 2004). En el Sur del Golfo de México se señala que la abundancia y distribución de la biomasa total del zooplancton varía por la influencia de factores físico-químicos puede afectar la migración vertical, como lo son la temperatura y la luz; y también por factores físico-químicos como concentración de

oxígeno disuelto y salinidad (Brinton, 1967; Sameoto, 1983; González-Chávez y Arenas-Fuentes, 2001; Letessier *et al.*, 2009; Santamaría, 2007; Figueroa, 2010).

9.4 Comparación de densidad, riqueza e índice de diversidad general

La densidad promedio de los *Euphausiidae* que se observó en el Sureste del Golfo de México fue de 13.70 ind/100 m⁻³, la mayor densidad estuvo en la estación E24 con 45.41 ind/100m⁻³, aunque en comparación con otros trabajos la zona presenta una densidad menor (Tabla 6).

Tabla 6.- Densidad de *Euphausiidae* (ind/m⁻³) en diferentes zonas.

Autor	Tipo de red	Densidad	Zona de muestreo
Färber-Lorda <i>et al.</i> , 1994	Bongo 333 µm	27,984 ind/m ⁻³	Pacífico, Golfo de Tehuantepec
Castellanos y Gasca, 2002	Bongo 500 µm	115 ind/m ⁻³	Mar Caribe, Banco Chinchorro
Mujica y Pavez, 2008	Bongo 300 µm	6.238 ind/m ⁻³	Pacífico, archipiélago Juan Fernández (Chile)
Färber-Lorda <i>et al.</i> , 2010	Bongo 330 µm	401.8 ind/ m ⁻³	Pacífico, Mar de Cortés.
Presente estudio	Apertura-cierre 500 µm	13.70 ind/m ⁻³	Sureste del Golfo de México

En cuanto a la riqueza (S) de la familia *Euphausiidae*, Castellanos y Gasca (2002) reportan un valor de 10, mientras que para este estudio el máximo fue de 6, y con un promedio en las estaciones de 4; por otro lado la diversidad (H') encontrada fue de 0.874, muy similar a la registrada por Färber-Lorda *et al.*, (2010), de 0.66 para el Mar de Cortés. Debe tomarse en cuenta, que la riqueza y diversidad de los eufáusidos epipelagicos no es la misma que en aguas profundas (Gasca *et al.*, 2001).

9.5 Distribución por zonas

Se diferenciaron dos zonas para el área estudiada en el sureste del Golfo de México. La zona B (zona este) se ve afectada por la masa de agua CTSW (Agua Tropical Superficial del Caribe modificada), la zona presenta una temperatura ligeramente mayor (17.36°), con respecto a la zona A y una salinidad de 35.91 ups para ambos casos; la zona A (zona oeste) presenta una temperatura menor (16.70°), esta zona está influenciada por la masa de agua CSUW (Agua subtropical subsuperficial del Caribe Modificada). La península de Yucatán es afectada principalmente por la corriente de Lazo, la cual es un factor para que haya un incremento en la temperatura y salinidad, debido a que es la principal fuerza de entrada de agua para el Golfo de México, teniendo su máxima intrusión en verano (Hurlburt y Thompson, 1980; Sturges y Evans, 1983; Monreal *et al.*, 2004), esto podría explicar la diferencia de temperatura presente en ambas zonas, aunque no se observó la presencia de la corriente.

Aunque se presentó una pequeña diferencia en la abundancia total para ambas zonas, siempre se mantuvo la misma proporción de los géneros más abundantes (*Stylocheiron* y *Euphausia*) así como su distribución vertical, lo cual sugiere que la composición y distribución vertical de la familia *Euphausiidae* en el sureste del Golfo es similar en ambas masas de agua registradas. Färber-Lorda *et al.*, (2010) mencionan que para el Mar de Cortés las características hidrográficas y las condiciones topográficas son factores que pueden explicar el origen de las altas concentraciones de los eufáusidos, pero no la composición de los géneros que se encuentren en la zona de estudio; por lo que es pertinente tomar en cuenta la topografía e hidrografía en el sureste del Golfo de México lo cual podría ser de gran ayuda para explicar y entender la distribución de los eufáusidos.



10. CONCLUSIONES

- Se registraron seis géneros de eupáusidos de un total de 6626 individuos.
- Los géneros más abundantes para la Plataforma de Yucatán fueron *Stylocheiron* y *Euphausia*.
- Se registró una riqueza promedio de géneros de 4, una densidad de 13.70 ind/m⁻³ y una diversidad de 0.874 en toda el área de estudio.
- La familia *Euphausiidae* se distribuyó verticalmente desde 20 m hasta 1000 m, con la mayor abundancia en el nivel de 100m.
- Existe una distribución vertical diferencial de los géneros *Euphausia* y *Stylocheiron*, con máximos de abundancia en 300 y 100 m, respectivamente.
- Las dos masas de agua reconocidas para la zona de estudio (CSUW: Agua subtropical subsuperficial del Caribe Modificada y CTSW: Agua Tropical Superficial del Caribe Modificada) no presentaron diferencias en la composición de géneros, solo se observó una diferencia en la abundancia de los organismos.



11. LITERATURA CITADA

- Antezana, T., Aguirre, N. y Bustamante, R. 1976. Clave ilustrada y distribución latitudinal de los Eufáusidos del Océano Antártico (Crustacea, Zooplancton). *Serie Científica-Instituto Antártico Chileno*. 4(1): 53-68.
- Antezana, T. 1978. *Distribution of euphausiids in the Chile-Perú Current with particular reference to the endemic Euphausia mucronata and the Oxygen Minimum Layer*. Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego, 465 pp.
- Baker, C., Boden, B. y Brinton, E. 1990. *A practical guide to the euphausiids of the world*. Natural History Museum Publications. London. 96pp.
- Barnes, R. 1988. *Zoología de los invertebrados*. Nueva Editorial Interamericana. México, D.F. 1157pp.
- Biggs, D.C. 1992. Nutrients, plankton, and productivity in a warm-core ring in the western Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*. 97 (2): 143 - 154.
- Brandini, F.P., Lopes, R.M., Gutseit, K.S., Spach, H.L. y Sassi, R. 1997. *Planctonologia na plata-forma continental do Brasil: diagnose e revisão bibliográfica*. MMA, CIRM, FEMAR. 196 pp.
- Brinton, E. 1967. Vertical migration and avoidance capability of Euphausiids in the California Current. *Limnology and oceanography*. 12(3): 451-483.
- Brinton, E. 1975. Euphausiids of southernst Asian Waters. Scientific Results of Marine Investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand. *Naga report*. 4(5): 1-287.
- Brinton, E. 1996. *Euphausiacea*. In: Gasca, R y Suárez, E. *Introducción al estudio del zooplancton marino*. El colegio de la frontera sur (ECOSUR)/CONACYT. México. 711 pp.
- Brinton, E., Ohman, M., Townsend, A., Knight, M. y Bridgeman. 1999. *Euphausiids of the world*. World Biodiversity Database.
- Britton, J. y Morton, B. 1989. *Shore ecology of the Gulf of Mexico*. University of Texas Press, U.S.A. 386pp.

- Boden, B.P., Johnson, M. W. y Brinton, E. 1955. The Euphausiacea (Crustacea) of the North Pacific. *Bulletin Scripps Institution Oceanography Technical Series*. 6: 267-400.
- Castañeda, P. 1998. Los Eufáusidos en el Pacífico Sudeste (03°16'S-31°23'S) durante el evento "El niño", Diciembre de 1997. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. 9 (1): 153-159.
- Castellanos, I. y Gasca, R. 1996. Eufáusidos (Crustacea: Euphausiacea) de aguas superficiales del sur del Golfo de México. *Caribbean Journal of Science*. 32: 187-194.
- Castellanos, I. y Gasca, R. 1999. Epipelagic euphausiids (Euphausiacea) and spring mesoscale features in the Gulf of Mexico. *Crustaceana*. 79: 391-404.
- Castellanos, I. y Gasca, R. 2002. Eufáusidos (Crustacea: Malacostraca) del centro y sur del Mar Caribe Mexicano. *Revista de Biología Tropical*. 50 (1): 77-85.
- Castellanos, I. y Suárez-Morales, E. 2009. Euphausiacea (Crustacea) of the Gulf of Mexico. In: Felder, D. L. y Camp, D.K. 2009. *Gulf of Mexico. Origin, waters and biota*. Vol. I. Biodiversity. Texas A&M University Press, College Station, Texas. 1393pp.
- Caso, M., Pisanty, I., y Ezcurra, E. 2004. *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. Vol. I, 626 pp
- Daly K.L. y Smith, W.O., Jr. 1993. Physical-biological interactions influencing marine plankton production. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 24: 555-585.
- Day, J. W., Díaz de León, A., González, G.S. y Moreno-Casasola, P. 2004. Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Resumen Ejecutivo. In: Caso, M., Pisanty, I y Ezcurra, E (Eds.) *Diagnostico Ambiental del Golfo de México*. Instituto Nacional de Ecología, México. 15-46 pp.
- De Lanza-Espino, G. 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editores. México. 569 pp.
- De Lanza-Espino, G. 2004. Los mares de México. *Ciencias*. 76: 24-33.

- De Lanza-Espino, G. y Gómez-Rojas, J.C. 2004. Características físicas y químicas del Golfo de México. In: Caso, M., Pisanty, I y Ezcurra, E. *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*. Vol. I. INE-SEMARNAT. 103-132 pp.
- El-Sayed, S., Sacket, W., Jeffrey, A., Fredericks, R., Saunders, P., Conger, G., Fryxell, K., Steidinger, K. y Earle, S. 1972. *Chemistry, Primary Productivity and Benthic Algae of the Gulf of Mexico*. In: (V. Bushell) Serial Atlas of Marine Environment Folio 22. American Geographical Society, Nueva York. 29pp.
- Escribano, R. y Castro, L. 2013. *Plancton y productividad*. In: Biología marina y Oceanografía: Conceptos y procesos. Capítulo 14. 287-312.
- Färber-Lorda, J., Lavin, M. F., Zapatero, M. A. y Robles; J. M. 1994. Distribution and abundance of euphausiids in the Gulf of Tehuantepec during wind forcing. *Deep-Sea Research I*. 41(2): 359-367.
- Färber-Lorda, J., Trasviña, A., y Cortés-Verdín, P. 2010. Summer distribution of euphausiids in the entrance of the Sea of Cortés in relation to hydrography. *Deep-Sea Research II*. 57: 631-641.
- Fernández, A.E., Gallegos, A.G. y Zavala, J.H. 1992. Oceanografía física de México. *Ciencia y Desarrollo*. 18 (108): 24-35.
- Fernández-Álamo, M.A y Färber-Lorda, J. 2006. Zooplankton and the oceanography of the Eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*. 69: 318-359.
- Flores, F. 1999. *Variación de la composición y la abundancia de la distribución vertical del ictioplancton, durante ciclos de 24 horas, en diferentes periodos climáticos, en la Sonda de Campeche*. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F 91 pp.
- Figueroa, M. L. 2010. *Aplicación de un modelo inverso para estimar la biomasa zooplanctónica en la Bahía de Campeche*. Tesis de maestría, Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 109 pp.

- Gasca, R., y Suárez-Morales, E. (1996). Introducción al estudio del zooplancton marino. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)/CONACYT. Chetumal, Quintana Roo. 711 pp.
- Gasca, R., Castellanos, I. y Biggs, DC. 2001. Euphausiids (Crustacea, Euphausiacea) and summer mesoscale features in the Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*. 683: 397 - 408.
- Gibbons, M.J., Spiridinov, V. y Tarling, G. 1999. Euphausiacea. In: D. Boltovskoy (Ed.). *South Atlantic Zooplankton*. Backhyus Publishers, Leiden. 1241-1279 pp.
- González-Chávez, G. y Arenas-Fuentes, V. 2001. El grupo de los Eufáusidos y su estudio. *Ciencia y Mar*. 5 (13): 21-29.
- Gonzalez, S. R., 2005. *Modelación de la circulación de corrientes para el Golfo de Mexico. Generación de escenarios hidrodinámicos*. Tesis de Maestría. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Zacatenco. Instituto Politécnico Nacional. 191pp.
- Guglielmo, L., Granate, A. y Guglielmo, R. 2015. Clase Malacostraca. Orden Euphausiacea. *Ibero Diversidad Entomologica*. 86: 1-20.
- Hansen, H. J. 1915. The Crustacea Euphausiacea of the U.S. National Museum. *Proceedings of the United States National Museum*. 48: 59-114.
- Hurlburt, H. E. y Thompson, J. D. 1980. A numerical study of Loop Current intrusions and eddy shedding. *Journal Physical Oceanography*. 10: 1611-1651.
- James, B. M. 1970. Euphausiacean Crustacea: In Pequegnat, W.E. y Chace Jr, F. A., (Eds). *Contributions on the Biology of the Gulf of Mexico*. Texas A & M University Oceanographic Studies. Gulf Publishing, Houston. 205-229 pp.
- Lenz, J. 2000. Introduction. In: R.P. Harris, P.H. Wiebe, J. Lenz, H.R. Skjoldal & M. Huntley (Eds.). *Zooplankton methodology manual*. Academic Press, London. 1 - 32 pp.
- Letessier, T. B., Cox, M. J y Brierley, A. S. 2009. Drivers of euphausiid species abundance and numerical abundance in the Atlantic Ocean. *Marine Biology*. 156: 2539-2553.

- Lindquist, A. 1961. *Manual de planctología tropical*. Instituto de Oceanografía de la Academia de Cuba, La Habana.
- Martínez, L. y Parés, S. 1998. Circulación del Golfo de México inducida por mareas, viento y la corriente de Yucatán. *Ciencias Marinas*, 1(24):65-93.
- Mauchline, J. y Fisher, R. 1969. The biology of euphausiids. *Advances in Marine Biology*. 7: 1-454.
- Mauchline, J. 1980. The Biology of Euphausiids. *Advances in Marine Biology*. 18: 373-623.
- Mclaughlin, P. 1980. *Comparative Morphology of Recent Crustacea*. Freeman W. H. and compilers. U.S.A. 177pp.
- Merino, M. 1992. *Afloramiento en la plataforma de Yucatán: estructura y fertilización*. Tesis doctoral. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. 236pp.
- Monreal-Gómez, M. A., Salas de León, D. A., y Gracia, A. 2004. Los mares de México. *Ciencias*. 76: 24-33.
- Moore, H. B. 1952. Physical factors affecting the distribution of euphausiids in the North Atlantic. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean*. 1: 278-305.
- Morrison, J. M. y Nowlin, W. D. Jr. 1977. Repeated nutrient, oxygen, and density sections through the Loop Current. *Journal of Marine Research*. 35(1): 105-128.
- Mujica, A. y Pavez, C. 2008. Eufáusidos de la zona central de Chile, archipiélago Juan Fernández e islas Des venturadas. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 36(2): 238-300.
- Nowlin, W.D. y McLellan, H.J. 1967. A characterization of Gulf of Mexico waters in winter. *Journal Marine Research*. 25(1): 29-59.
- Omori, M. e Ikeda, T. 1984. *Methods in marine zooplankton ecology*. John Wiley & Sons. Inc. New York. 684 pp.
- Ramírez, F. M. 1988. *Contribución al conocimiento de la distribución y abundancia de larvas de crustáceos decápodos (Orden: Decapoda) en el Golfo de*

México. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 95 pp.

- Riley, G.A. 1946. "Factors controlling phytoplankton populations on Georges Bank". *Journal of Marine Research*. 6: 54-73.
- Salmerón, G. O., y Aguirre, G. R. 2003. Estudio espacio-temporal de la Surgencia de Yucatán y Banco de Campeche México; a través de imágenes Seawifs, 1999-2000. *GEOS*. 23 (2).
- Sameoto, D. D. 1983. Euphausiids distributions in Acoustic scattering layer and its significance to Surface swarms. *Journal of Plankton Research*. 5(2): 129-143.
- Sameoto, D.D., Guglielmo, L. y Lewis, M.K. 1987. Day/ night vertical distribution of Euphausiids in the Eastern Tropical Pacific. *Marine Biology*. 96: 235-245.
- Santamaría, F. J. 2007. *Determinación de biomasa zooplanctónica mediante ADCP en la Bahía de Campeche, México, en verano de 1996*. Tesis de maestría, Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 146pp.
- Signoret, M., Bulit, C. y Pérez, R. 1998. Patrones de distribución de la Clorofila a y producción primaria en aguas del Golfo de México y del Mar Caribe. *Hidrobiológica*. 8(2): 81-88.
- Sturges, W. y Evans, J.C. 1983. On the variability of the Loop Current in the Gulf of Mexico. *Journal Marine Research*. 41: 639-653.
- Taki, K. 2008. Vertical distribution and diel migration of euphausiids from Oyashio Current to Kuroshio area off northeastern Japan. *Plankton & Benthos Research*. 3(1): 27-35.
- Vidal-Lorandi, V.M., Vidal, F.V. y Hernández, O.A. 1990. *Atlas Oceanográfico del Golfo de Mexico*. Volumen III. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México.
- Vidal-Lorandi, V. M., Vidal-Lorandi, F. V. y Pérez-Moreno, J. M. 1988. *Atlas Oceanográfico del Golfo de México: Vol. I*; Instituto de Investigaciones Eléctricas. Grupo de Estudios Oceanográficos. Cuernavaca, Morelos. México, 415 pp.

- Vidal-Lorandi, V.M., Vidal-Lorandi, F.V., Hernández, A.F., Meza, E. y Zambrano, L. 1994. Winter water mass distributions in the western Gulf of Mexico affected by a colliding anticyclonic ring. *Journal of Oceanographic*. 50: 55.
- Yoneda, N.T. 1999. *Área Temática: Plâncton*. Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná. 53 pp.



ANEXOS

Anexo I.- Valores del índice de diversidad por profundidad y por estación.

Profundidad (m)	Shannon
20	0.791
100	0.415
200	0.833
300	0.645
400	0.767
500	0.937
700	0.500
800	1.001
1000	0.993

Estación	Shannon
B1	0.502
B2	0.654
B3	0.800
D2	0.603
D3	0.776
D4	0.875
C7	0.328
C8	1.121
C9	0.169
D14	0.641
D15	0.855
D16	0.563
D17	0.877
E20	0.681
E24	0.762
E25	0.914
E26	0.869
E27	0.865
E32	0.953
E33	0.609
E38	0.872
F39	0.766
F40	0.729
F45	0.580
F46	0.985

Anexo II.- Prueba de Tukey para *Stylocheiron*.

Tukey HSD test; variable A-Stylo (<i>Stylocheiron</i>)									
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests									
Error: Between MS = 2227.2, df = 97.000									
Profundidad	20	100	200	300	400	500	700	800	1000
1	20	0.001279	0.955780	0.998311	1.000000	0.999991	1.000000	1.000000	1.000000
2	100	0.001279	0.009980	0.009686	0.008008	0.000325	0.833724	0.006891	0.032158
3	200	0.955780	0.009980	0.999969	0.991754	0.986461	0.999977	0.988778	0.997312
4	300	0.998311	0.009686	0.999969	0.999898	0.999952	0.999999	0.999816	0.999976
5	400	1.000000	0.008008	0.991754	0.999898	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
6	500	0.999991	0.000325	0.986461	0.999952	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
7	700	1.000000	0.833724	0.999977	0.999999	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
8	800	1.000000	0.006891	0.988778	0.999816	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
9	1000	1.000000	0.032158	0.997312	0.999976	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000

Anexo III.- Prueba de Tukey para Zona B.

Tukey HSD test; variable Individuos (Zona B)									
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests									
Error: Between MS = 8695.6, df = 45.000									
Profundidad	20	100	200	300	400	500	700	800	1000
1	20	0.129845	0.999665	0.091804	0.862586	0.944796	1.000000	0.999999	1.000000
2	100	0.129845	0.318026	0.984323	0.996737	0.885651	0.950708	0.906555	0.980573
3	200	0.999665	0.318026	0.196193	0.979418	0.998076	0.999999	1.000000	1.000000
4	300	0.091804	0.984323	0.196193	0.864302	0.571128	0.783146	0.649055	0.864302
5	400	0.862586	0.996737	0.979418	0.864302	0.999983	0.997317	0.997915	0.999554
6	500	0.944796	0.885651	0.998076	0.571128	0.999983	0.999642	0.999880	0.999975
7	700	1.000000	0.950708	0.999999	0.783146	0.997317	0.999642	1.000000	1.000000
8	800	0.999999	0.906555	1.000000	0.649055	0.997915	0.999880	1.000000	1.000000
9	1000	1.000000	0.980573	1.000000	0.864302	0.999554	0.999975	1.000000	1.000000