



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

Evaluación de la estructura vertical del zooplancton y su relación con la hidrografía en la Bahía de La Paz, en otoño (noviembre) de 2016.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

(OCEANOGRAFÍA FÍSICA)

PRESENTA:

María Nazaria Monserrat Vázquez Contreras

TUTORES PRINCIPALES:

Dra. María Adela Monreal Gómez

(Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM)

Dr. Erik Coria-Monter

(Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM)

COMITÉ TUTOR:

Dr. Javier Aldeco Ramírez

(Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco)

Dr. Sergio Cházaro Olvera

(Facultad de Estudios Superiores, Iztacala, UNAM)

Dr. Diego de Jesús Chaparro Herrera

(Facultad de Estudios Superiores, Iztacala, UNAM)

MÉXICO, CD. MX, SEPTIEMBRE, 2023.



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.

Evaluación de la estructura vertical del zooplancton y su relación con la hidrografía en la Bahía de La Paz, en otoño (noviembre) de 2016.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS (OCEANOGRAFÍA FÍSICA)

PRESENTA: **María Nazaria Monserrat Vázquez Contreras**

TUTORES PRINCIPALES:

Dra. María Adela Monreal Gómez

(Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM)

Dr. Erik Coria-Monter

(Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM)

COMITÉ TUTOR:

Dr. Javier Aldeco Ramírez

(Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco)

Dr. Sergio Cházaro Olvera

(Facultad de Estudios Superiores, Iztacala, UNAM)

Dr. Diego de Jesús Chaparro Herrera

(Facultad de Estudios Superiores, Iztacala, UNAM)

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser eje fundamental en mi formación académica.

Al Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología, por brindarme la oportunidad de continuar con mi preparación profesional.

Al programa de becas CONACYT por su apoyo económico del periodo 2021-2023. CVU: 1107122

Al proyecto DGAPA-PAPIIT IG100421 ICML-II-FI "Análisis de las interacciones entre aguas continentales y marinas en el Golfo de California bajo el enfoque de la fuente al mar como base para su gestión sustentable", que financio parcialmente esta tesis.

Al financiamiento de los proyectos institucionales ICML #144, 145 y 627.

El muestreo y obtención de datos utilizados en el presente trabajo, proviene de la campaña PALEOMAR II realizada a bordo del B/O El Puma de la UNAM. El financiamiento para el tiempo de buque fue cubierto por la Coordinación de Plataformas Oceánicas, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Mi profundo agradecimiento al Dr. David A. Salas de León porque a partir de la entrevista que amablemente me realizo, fue mi inspiración para adentrarme y desear tener una preparación en la Oceanografía Física.

A mi tutora, la Dra. María Adela Monreal Gómez gracias por recibirme como alumna, por su apoyo incondicional y enseñanzas en cada una de las pláticas, que me hicieron motivarme para seguir preparándome en el mundo oceanográfico.

A mi cotutor, el Dr. Erik Coria Monter que siempre estuvo dispuesto a escucharme y que, con su experiencia y tiempo, fueron disipadas cada una de las dudas que tuve durante este proceso.

A los miembros del comité tutor: Dr. Javier Aldeco Ramírez, Dr. Sergio Cházaro Olvera y al Dr. Diego de Jesús Chaparro Herrera, que en cada tutorial me enriquecieron con sus comentarios y observaciones para llevar a cabo este proyecto.

A la Dr. Elizabeth J. Dúran Campos, por brindarme su apoyo en la parte biológica de esta investigación.

A Sergio Castillo Sandoval por su apoyo en la logística del crucero oceanográfico; al Dr. Pablo Hernández Alcántara, por su asesoría con la herramienta PRIMER y a Jorge Castro, por la enseñanza y apoyo con las imágenes procesadas en Surfer presentes en este trabajo.

DEDICATORIA

Este grado académico está dedicado a mis abuelos, Juanita† y Felipe†. Nunca morirán en mi corazón. Descansen en paz.

A mi mamá, por estar a mi lado en cada sueño, por ser tan fuerte, por ser la más valiente, por tu paciencia infinita y por tu amor incondicional. Gracias a Dios por permitirme ser tu hija.

A mi hermana por ser y estar incondicionalmente en mi vida. Una al lado de la otra, o, a kilómetros de distancia. Siempre unidas por el corazón.

A Rodolfo por ser el mi fiel compañero.

Y a cada ser que cruzo mi camino. Gracias, por haber hecho de mi la persona que soy.

Cuanto más cosas veía, aprendiéndome tanto sus nombres como aquello para lo que servían,
más dichosa me sentía y más confianza tenía en mi sintonía con el mundo.

HELLEN KELL

Contenido

| | |
|--|----|
| Contenido | 1 |
| Índice de figuras | 3 |
| RESUMEN..... | 6 |
| SUMMARY | 7 |
| CAPITULO I. INTRODUCCIÓN | 8 |
| 1.1 ANTECEDENTES..... | 10 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 14 |
| 1.2.1 <i>Objetivo general</i> | 14 |
| 1.2.2 <i>Objetivos particulares</i> | 14 |
| 1.3 HIPÓTESIS | 14 |
| 1.4 ÁREA DE ESTUDIO..... | 15 |
| CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 17 |
| 2.1 TRABAJO DE CAMPO..... | 17 |
| 2.1.1 <i>Datos hidrográficos y muestras de zooplancton (mecanismo de apertura-cierre)</i> , | 17 |
| 2.2 TRABAJO DE LABORATORIO..... | 18 |
| 2.2.1 <i>Estimación de biomasa zooplanctónica</i> | 18 |
| 2.2.2 <i>Estimación de abundancia total</i> | 20 |
| 2.2.3 <i>Identificación taxonómica de la composición zooplanctónica</i> | 20 |
| 2.3 PROCESAMIENTO DE DATOS | 21 |
| 2.3.1 <i>Datos hidrográficos</i> | 21 |
| 2.3.2 <i>Cálculo de la velocidad geostrófica</i> | 21 |
| 2.3.3 <i>Análisis estadístico</i> | 22 |
| CAPITULO III. RESULTADOS..... | 23 |
| 3.1 ESTRUCTURAS HIDROGRÁFICAS | 23 |
| 3.1.1 <i>Distribución horizontal de temperatura, salinidad, densidad (σ_t) y clorofila-a</i> | 23 |
| 3.1.2 <i>Secciones verticales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (g kg^{-1}), densidad (σ_t, kg m^{-3}) y clorofila-a (mg m^{-3})</i> | 31 |
| 3.2 VELOCIDADES GEOSTRÓFICAS..... | 38 |
| 3.3 PATRÓN DE CIRCULACIÓN GEOSTRÓFICA | 39 |
| 3.4 IMÁGENES SATELITALES | 41 |

| | |
|---|-----|
| 3.5 MASAS DE AGUA (DIAGRAMA T-S)..... | 43 |
| 3.6 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS | 45 |
| 3.7 BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA | 48 |
| 3.8 DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA EN FUNCIÓN DE LA HORA DE MUESTREO | 51 |
| 3.9 ABUNDANCIA ZOOPLANCTÓNICA | 56 |
| 3.10 COMPOSICIÓN TAXONÓMICA | 59 |
| 3.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... | 73 |
| 3.11.1 Gráfico de sombra (Shade Plot)..... | 73 |
| 3.11.2 nMDS | 75 |
| 3.11.3 Dendograma de similitud Bray-Curtis | 77 |
| 3.11.4 Análisis de componentes principales (PCA) | 82 |
| CAPITULO IV. DISCUSION..... | 84 |
| 5.1 HIDROGRAFÍA | 84 |
| 5.2 CORIENTES GEOSTRÓFICAS | 88 |
| 5.3 DISTRIBUCION VERTICAL DE LA BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA | 89 |
| 5.4 INFLUENCIA DE LOS PROCESOS FISICOS SOBRE LA DISRIBUCION VERTICAL DEL ZOOPLANCTON | 93 |
| CAPITULO V. CONCLUSIONES | 95 |
| REFERENCIAS | 97 |
| ANEXO 1. LISTADO TAXONÓMICO..... | 107 |
| ANEXO 2. TABLA DE TAXA | 117 |
| ANEXO 3. REGISTRO FOTOGRAFICO DEL ZOOPLANCTON PRESENTE EN LA BAHIA DE LA PAZ, OTOÑO 2016..... | 119 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 . Área de estudio. a) Golfo de California, b) Bahía de La Paz, batimetría en m. (+) Estaciones hidrográficas; (o) muestreo de zooplancton con redes de apertura/cierre | 16 |
| Figura 2. Distribución horizontal a 5 m de profundidad de: a) temperatura (°C), b) salinidad (g kg^{-1}), c) densidad (σ_t , kg m^{-3}) y d) clorofila-a (mg m^{-3}) y (●) biomasa ($\text{g } 100\text{m}^{-3}$). | 24 |
| Figura 3. Distribución horizontal a 10 m de profundidad de: a) temperatura (°C), b) salinidad (g kg^{-1}), c) densidad (σ_t , kg m^{-3}) y d) clorofila-a (mg m^{-3}) y (●) biomasa ($\text{g } 100\text{m}^{-3}$)..... | 26 |
| Figura 4. Distribución horizontal a 50 m de profundidad de: a) temperatura (°C), b) salinidad (g kg^{-1}), c) densidad (σ_t , kg m^{-3}) y d) clorofila (mg m^{-3}) y (●) biomasa ($\text{g } 100\text{m}^{-3}$). | 28 |
| Figura 5. Sección horizontal a 100 m de profundidad de: a) temperatura (°C), b) salinidad (g kg^{-1}), c) densidad (σ_t , kg m^{-3}), d) clorofila-a, no detectada y (●) biomasa ($\text{g } 100\text{m}^{-3}$). | 30 |
| Figura 6. Mapa de transectos ubicados de oeste a este, en zonas donde se obtuvo material biológico(o), registro de CTD(●) y clorofila-a (●): transecto AA' (34-28), transecto BB' (35-39) y transecto CC'(44-40). | 31 |
| Figura 7. Transecto AA' que incluye las estaciones 34 a 28 (oeste a este): (●) distribución vertical de la biomasa zooplanctónica y a) temperatura (°C), b) salinidad (g kg^{-1}), c) densidad (σ_t , kg m^{-3}) y d) clorofila (mg m^{-3})..... | 33 |
| Figura 8. Transecto BB' que incluye las estaciones 35 a 39 (oeste a este): (●) distribución vertical de la biomasa zooplanctónica y a) temperatura (°C), b) salinidad (g kg^{-1}), c) densidad (σ_t , kg m^{-3}) y d) clorofila (mg m^{-3})..... | 35 |
| Figura 9. Transecto CC' que incluye las estaciones 44 a 40 (oeste a este): (●) distribución vertical de la biomasa zooplanctónica y a) temperatura (°C), b) salinidad (g kg^{-1}), c) densidad (σ_t , kg m^{-3}) y d) clorofila (mg m^{-3})..... | 37 |
| Figura 10. Sección vertical de la componente meridional de la velocidad geostrófica (cm s^{-1}) en el transecto AA'..... | 38 |
| Figura 11. Corrientes geostróficas (cm s^{-1}) relativas al fondo en a) 5 m, b) 10 m, c) 50 m y d) 100 m de profundidad. | 40 |
| Figura 12. Imágenes satelitales del 17 de noviembre de 2016: a) temperatura superficial del mar (°C) y b) clorofila-a (mg m^{-3})..... | 42 |
| Figura 13. Masas de agua en la Bahía de la Paz y en la región del Golfo de California próxima a Boca Grande | 44 |
| Figura 14. Trayectoria de la tormenta tropical "Tina". Tomada de CONAGUA, 2016. | 45 |
| Figura 15. Trayectoria huracán "Otto". Tomada de CONAGUA..... | 46 |
| Figura 16. Mapa global de las anomalías de temperatura superficial del mar (°C) en noviembre de 2016. A) mapa global. B) costas de la República Mexicana. Tomada de: Reporte del Clima en México, noviembre 2016, CONAGUA..... | 47 |

| | |
|--|----|
| Figura 17. Biomasa zooplanctónica (g 100 m ⁻³) por estación de muestreo y profundidades. | 48 |
| Figura 18. Biomasa zooplanctónica (g 100 m ⁻³) por profundidades de muestreo: a) 5 m, b) 10 m, c) 50 m y d) 100 m. | 49 |
| Figura 19. Biomasa zooplanctónica (g 100 m ⁻³) muestreada a 5 m de profundidad en función de la hora. | 52 |
| Figura 20. Biomasa zooplanctónica (g 100 m ⁻³) muestreada a 10 m de profundidad en función de la hora. | 53 |
| Figura 21. Biomasa zooplanctónica (g 100 m ⁻³) muestreada a 50 m de profundidad en función de la hora. | 54 |
| Figura 22. Biomasa zooplanctónica (g 100 m ⁻³) muestreada a 100 m de profundidad en función de la hora. | 55 |
| Figura 23. Abundancia zooplanctónica (Ind 100 m ⁻³) por estación de muestreo a diferentes profundidades. | 56 |
| Figura 24. Abundancia zooplanctónica (Ind 100 m ⁻³) por profundidades de muestreo: a) 5 m, b) 10 m, c) 50 m y d) 100 m. | 58 |
| Figura 25. Composición taxonómica de familias que se identificaron en cada phylum. | 59 |
| Figura 26. Composición taxonómica de phyla que se identificaron en cada profundidad. | 61 |
| Figura 27. Composición taxonómica de familias y géneros del phylum Annelida. | 62 |
| Figura 28. Composición taxonómica de familias y géneros del phylum Arthropoda. | 63 |
| Figura 29. Composición taxonómica del phylum Chaetognatha. | 63 |
| Figura 30. Composición taxonómica de familias géneros identificados en el phylum Chordata. | 64 |
| Figura 31. Composición taxonómica de familias y géneros en el phylum Ciliophora. | 65 |
| Figura 32. Composición taxonómica de familias y géneros identificadas en el phylum Cnidaria. | 66 |
| Figura 33. Composición taxonómica de familias géneros identificados en el phylum Ctenophora. | 67 |
| Figura 34. Composición taxonómica de la familia y género identificada en el phylum Echinodermata. | 68 |
| Figura 35. Composición taxonómica de familias y géneros que se identificaron en el phylum Foraminifera. | 69 |
| Figura 36. Composición taxonómica de familias y géneros identificados en el phylum Mollusca. | 70 |
| Figura 37. Composición taxonómica de familias y géneros del phylum Nemertea. | 71 |
| Figura 38. Composición taxonómica de familias que se identificaron en el phylum Radiozoa. | 72 |
| Figura 39. Shade Plot de abundancia de los 87 taxa identificadas en las 12 estaciones a las 4 profundidades muestreadas. | 74 |
| Figura 40. MDS no métrico de estaciones y profundidades. | 76 |

| | |
|--|----|
| Figura 41. Dendograma de similitud de las estaciones con su respectiva profundidad muestreada, definido por el índice de similitud de Bray-Curtis..... | 78 |
| Figura 42. Dendograma de similitud de taxa a partir de la abundancia (número de organismos contabilizados) definido por el índice de similitud de Bray-Curtis..... | 81 |
| Figura 43. PCA (análisis de componentes principales) con las variables ambientales de 42 estaciones en las cuatro profundidades muestreadas: a.5, b.10, c.50 y d.100 m. | 83 |
| Tabla 1. Organismos totales por phyla y profundidad | 60 |

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la estructura vertical del zooplancton y su relación con la hidrografía en La Bahía de La Paz, sur del Golfo de California, en otoño de 2016. Se obtuvieron datos hidrográficos de 42 estaciones muestreadas mediante una sonda CTD a bordo del B/O El Puma, durante una campaña oceanográfica (PALEOMAR-II) en noviembre de 2016. A partir de estos datos, se determinaron las masas de agua, las corrientes geostróficas para analizar horizontal y verticalmente los parámetros hidrográficos (temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad absoluta (g kg^{-1}), densidad (σ_t , kg m^{-3}) y clorofila-*a* (mg m^{-3})) a diferentes profundidades. Los datos hidrográficos también se utilizaron para calcular la velocidad de la corriente geostrófica con el nivel de referencia en el fondo. Asimismo, la temperatura superficial del mar (TSM) y la concentración de clorofila-*a* (Cl-*a*) fueron obtenidas a través de datos satelitales de Aqua MODIS. Se obtuvieron muestras de zooplancton en 12 estaciones ubicadas en Boca Grande y en Cuenca Alfonso, los muestreos se realizaron a 4 profundidades (5, 10, 50 y 100 m). Se utilizaron redes cónicas (diámetro de boca de 60 cm, longitud de red de 250 cm y 200 μm de apertura de malla) configuradas con caudalímetros estándar y acoplados a mecanismos de apertura/cierre. El cálculo de las biomásas se efectuó mediante el método de peso húmedo; la cuantificación y cualificación se realizó en términos de abundancia ($\text{Ind } 100 \text{ m}^{-3}$). Los resultados mostraron una capa de mezcla de ~ 50 m de espesor y la presencia de un giro ciclónico en la porción central de la bahía y una circulación anticiclónica cerca de Boca Grande, en el norte de Isla Roca Partida. En la Bahía de La Paz se presentaron dos masas de agua: Agua del Golfo de California (AGC) y Agua Subtropical Subsuperficial (AStSs). La distribución de la biomasa zooplanctónica se analizó respecto a la distribución horizontal y vertical de temperatura, salinidad, densidad y clorofila-*a*, presentándose los máximos valores de la biomasa en la periferia del giro ciclónico y en la picnoclina. La biomasa varió en un rango de 0.26 y 58.73 ($\text{g } 100 \text{ m}^{-3}$); con su máximo a 10 m de profundidad. Se identificaron 198.799 organismos en 12 filos, 7 subfilos, 22 clases, 16 subclases, 35 órdenes, 20 subórdenes, 18 superfamilias, 65 familias, 11 subfamilias y 68 géneros. La estructura de la comunidad zooplanctónica estuvo dominada por tres taxa que pertenecen al orden Calanoida, Cyclopoida y al género Sagitta. Los análisis estadísticos multivariados mostraron que la temperatura influyó en las estaciones muestreadas a 10 m, mientras que la clorofila-*a* fue decisiva a profundidades de 5, 50 y 100 m.

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the vertical structure of zooplankton and its relationship with hydrography in the Bay of La Paz, southern Gulf of California, in the fall of 2016. Hydrographic data were obtained at 42 stations using a CTD sonde during a multidisciplinary research cruise (PALEOMAR-II) on board of the R/V *El Puma*, carried out in November of 2016. These data were used to identify the water masses, and the geostrophic currents, to analyze the horizontal distribution of the hydrographic parameters (temperature ($^{\circ}\text{C}$), absolute salinity (g kg^{-1}), density (σ_t , kg m^{-3}), chlorophyll-*a* (mg m^{-3})), at different depths. The hydrographic data were also used to compute the geostrophic current velocity with reference level at the bottom. Satellite images of sea surface temperature (SST) and chlorophyll-*a* (Chl-*a*) were obtained from the Aqua MODIS database. Zooplankton samples were obtained at 12 stations located in Boca Grande and Cuenca Alfonso, at 4 depths (5, 10, 50 and 100 m) with conical nets (diameter of 60 cm, length of 250 cm, mesh size of 200 μm), configured with standard flowmeters and coupled to open/close mechanisms. The calculation of the biomasses was carried out using the wet weight method; the quantification and qualification was carried out in terms of abundance ($\text{ind } 100 \text{ m}^{-3}$). The results showed a ~ 50 m thick mixed layer and the presence of a cyclonic gyre in the central portion of the bay and an anticyclonic circulation near Boca Grande, in the northern Isla Roca Partida. There were two water masses: Gulf of California Water (AGC) and Subtropical Subsurface Water (AStSs). The distribution of zooplankton biomass was analyzed respect to the horizontal and vertical distribution of temperature, salinity, density and chlorophyll-*a*, showing its maximum values at the periphery of the cyclonic gyre, and at the pycnocline. The biomass varied in a range of 0.26 and 58.73 $\text{g } 100 \text{ m}^{-3}$ with its maximum at 10 m depth. A total of 198,799 organisms were identified in 12 Phylum, 7 Subphylum, 22 Classes, 16 Subclasses, 35 Orders, 20 Suborders, 18 Superfamily, 66 Families, 11 Subfamilies and 68 Genus. The structure of the zooplanktonic community was dominated by three taxa belonging to the Calanoida, Cyclopoida and the Genus *Sagitta*. Multivariate statistical analyses showed that temperature influenced the stations sampled at 10 m, while chlorophyll-*a* was decisive at depths of 5, 50 and 100 m.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Debido al papel que juega en el balance, flujo de energía y CO₂ en los océanos, el zooplancton es posiblemente la comunidad acuática más importante del planeta en términos tróficos (Sparks y Reid 1999; Cury *et al.*, 2001). El zooplancton se define como el conjunto de especies animales del plancton que no tienen la capacidad de natación suficiente para contrarrestar las corrientes, por lo que su movimiento está condicionado por la dinámica oceánica, es decir, los organismos están a merced de las corrientes; no obstante, muchos de ellos tienen cilios, flagelos, pseudópodos u otras estructuras anatómicas que les brindan una pequeña capacidad de locomoción. Se divide en dos grandes grupos: 1) el meroplancton, organismos que sólo viven en el plancton en las etapas tempranas de su ciclo de vida y 2) el holoplancton que incluye a aquellos que viven todo su ciclo de vida en el plancton (Gasca y Suárez 1996).

Como grupo funcional, el zooplancton alberga a una amplia diversidad de organismos, desde protozoarios, anélidos y artrópodos hasta vertebrados en estadios larvarios. En aguas dulceacuícolas, los protozoarios predominan en la comunidad zooplanctónica, seguidos de rotíferos y una variedad de pequeños crustáceos; en ambientes salinos dominan los copépodos que representan el 80 % del zooplancton, seguidos de cnidarios y diversas formas larvales de organismos meroplanctónicos (Lagos-Tobías *et al.*, 2014).

La importancia ecológica del zooplancton se debe a que representa biomasa y diversidad biológica fundamental para la dinámica trófica del ecosistema, forma la base de la pirámide alimenticia de los ecosistemas marinos, debido a que constituye los consumidores primarios, en donde convierten y transfieren la energía que el fitoplancton fija mediante la fotosíntesis hacia los niveles tróficos superiores (Lluch-Cota *et al.*, 2007). Se consideran indicadores naturales dado que proporcionan información sobre las características del medio (Thomas *et al.*, 2015), dado que poseen una alta capacidad para adaptarse a cambios de temperatura y salinidad (Álvarez-Fernández *et al.*, 2015). Además, económicamente

permiten estimar la biomasa de peces, lo que contribuye al desarrollo de métodos de explotación del recurso de manera sostenible.

La caracterización taxonómica y la abundancia en los diferentes sitios de estudio proporciona datos característicos del lugar, que pueden describir la relación de los factores abióticos del medio con su dinámica espacial (Morales, 2008), lo que hace que su estudio sea de gran importancia para conocer y comprender mejor la dinámica de un ecosistema (Márquez *et al.*, 2007). La biomasa del zooplancton está estrechamente ligada a diversos factores como lo son la estructura térmica, halina, turbulenta, entre otros (Márquez *et al.*, 2007); mientras que la composición y distribución espacial del zooplancton está influenciada por el patrón de circulación local y regional, lo que permite identificar algunos organismos indicadores de diferentes masas de aguas con características físicas y químicas únicas (Clark *et al.*, 2001).

Derivado de las diferentes fuerzas que actúan sobre el océano, se generan distintos procesos hidrodinámicos como son los frentes, vórtices, surgencias, ondas superficiales e internas que producen inestabilidades barotrópicas y baroclínicas (Cruz-Gómez *et al.*, 2008) que a su vez influyen en la composición, abundancia y distribución del zooplancton en la columna de agua, así como en su biomasa.

En la Bahía de La Paz se han observado en diferentes épocas del año dos vórtices; un vórtice ciclónico (con circulación en sentido opuesto a las manecillas del reloj) que desplaza la nutriclina hacia capas superiores y genera un aumento de la producción primaria ya que suministran nutrientes hacia la capa eufótica (Monreal-Gómez *et al.*, 2001), y otro anticiclónico (con circulación en sentido de las manecillas del reloj) el cual causa un hundimiento de la nutriclina y generalmente una disminución de la producción primaria. Por lo tanto, los vórtices de núcleo frío (ciclónicos) proveen mayor abundancia del plancton y se han identificado como vórtices más productivos, a diferencia de los vórtices de núcleo cálido (anticiclónicos) (Biggs *et al.*, 1997).

El objetivo de esta investigación multi e interdisciplinaria consiste en contribuir, comprender y conocer la composición, abundancia y distribución vertical del zooplancton

en la Bahía de La Paz, ante cambios de las condiciones hidrográficas derivados de la presencia de un vórtice ciclónico cuasi-permanente, debido a que este patrón de circulación genera cambios en la hidrografía, en términos de su estructura vertical. Esta investigación representa una aproximación al estudio del acoplamiento de los procesos físicos y biológicos para uno de los grupos ecológicos más importantes en sistemas marinos, en este caso el zooplancton.

Además, los trabajos con estos grupos adquieren relevancia debido a su papel en la productividad local, delimitando las rutas de transferencia energética, por ende, la producción secundaria y por ser susceptible al funcionamiento de la bomba biológica, que aportarán información para inferir algunas estrategias para un mejor aprovechamiento de los recursos marinos, tanto desde el punto de vista ecológico como económico.

1.1 ANTECEDENTES

El Golfo de California se ha considerado como uno de los mares más diversos y productivos del mundo, con un elevado número de especies endémicas. Esta alta biodiversidad está estrechamente relacionada con la confluencia de varios procesos hidrodinámicos a diferentes escalas; por ello, la región ha sido considerada uno de los ecosistemas marinos más grandes, ricos y diversos del mundo (Páez-Osuna *et al.*, 2016; Mercado-Santana *et al.*, 2017; Coria-Monter *et al.* 2018), y desde el año 2005, es considerado como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

En la porción sur del Golfo de California las características hidrográficas y la circulación superficial están fuertemente influenciadas por los patrones de viento. Herrera-Cervantes *et al.*, (2015) los describen como dominantes del norte y noroeste durante el otoño-invierno, con valores que alcanzan $\sim 12 \text{ m s}^{-1}$, mientras que durante la primavera-verano se presentan vientos del sur y sureste de $\sim 4 \text{ m s}^{-1}$, asociados a la presencia del Monzón Mexicano de verano. Este cambio en el patrón del viento también influye en la formación de fenómenos de mesoescala, como giros y meandros.

La circulación de la Bahía de La Paz ha sido documentada en diferentes épocas climáticas por Monreal-Gómez *et al.* (2001), Sánchez-Velasco *et al.* (2004, 2006), Coria-Monter *et al.* (2014), quienes describen la presencia de un vórtice ciclónico de carácter semi permanente, y se ha documentado que su presencia provoca un bombeo de Ekman, el cual genera un flujo de nutrientes hacia la capa eufótica, lo que modifica la distribución horizontal y vertical del fitoplancton y del zooplancton (Mojica-Ramírez, 2008; Coria-Monter, 2010), y genera concentraciones más elevadas de clorofila-*a* (Coria-Monter *et al.*, 2017), con una distribución diferencial de organismos fitoplanctónicos del centro hacia la periferia del vórtice ciclónico (en el centro dominan los dinoflagelados y en la periferia las diatomeas), mientras que la biomasa zooplanctónica fue sustancialmente mayor dentro del vórtice que en su periferia (Duran-Campos *et al.*, 2015)

Durante el final de la primavera e inicio del verano se presenta una estratificación importante de la columna de agua, causada principalmente por la intensa radiación solar recibida durante esta época, así como por el arribo de agua del Golfo de California y por el afloramiento de agua fría y densa como resultado de las surgencias costeras que se generan por acción de los vientos, mientras que durante el invierno se presenta una homogenización y enfriamiento de la columna de agua asociada al esfuerzo del viento del noroeste y a la disminución de la radiación solar recibida (Obeso-Nieblas, *et al.*, 2004).

Debido a esta marcada variabilidad estacional de las condiciones oceanográficas del Golfo de California y de la Bahía de La Paz, los estudios de ecología del zooplancton son cada vez más cruciales para comprender y predecir el impacto de los cambios actuales.

A partir del trabajo de Backus *et al.* (1981), se documentó que las masas de agua fría asociadas con los vórtices ciclónicos de la Corriente del Golfo (Gulf Stream) impactan la distribución horizontal y vertical del zooplancton en los primeros 800 m de la columna de agua. Durante la última década, se han realizado numerosos estudios en el océano Pacífico y diversas bahías para conocer la relación del papel que juegan los factores físicos sobre la comunidad del zooplancton.

Por ejemplo, De Silva-Dávila *et al.*, (2006), publicaron un estudio el cual resalta la importancia de los grupos dominantes del zooplancton durante un ciclo anual en el sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule (Sinaloa), donde los copépodos representaron el 40 % de la abundancia total, seguido por los decápodos (28 %) y los quetognatos (7 %) como resultado de la variabilidad ambiental. Aitor e Irigoien (2007) determinaron que la abundancia y distribución de los grupos del zooplancton en la Bahía de Vizcaya (España) depende de una serie de procesos biológicos e hidrodinámicos a diferentes escalas, como vórtices y frentes. Hernández-Trujillo *et al.*, (2010), realizaron 16 muestreos en bahía Magdalena (Baja California) durante las cuatro estaciones del año donde identificaron 26 grupos taxonómicos, de los cuales los más abundantes fueron los copépodos y quetognatos. Las fluctuaciones en la abundancia del zooplancton estuvieron relacionadas con cambios en la temperatura superficial del mar, siendo el invierno la época que presentó menor abundancia, mientras que en primavera aumenta y se mantuvo en verano, mientras que para el otoño se observó un descenso acelerado. Hernández-Nava (2011) realizó un estudio en Bahía de los Ángeles (Baja California), área influenciada por intensos procesos oceanográficos, donde analizó 36 muestras de zooplancton superficial (10 m de profundidad) colectadas en septiembre, noviembre y diciembre de 2009 e identificó 22 grupos taxonómicos, 11 pertenecientes al meroplancton y 11 al holoplancton, los copépodos fueron los más abundantes. Sin embargo, se observaron variaciones de los factores físicos para esta bahía en los meses muestreados, como la disminución de la temperatura superficial del mar y salinidad que generaron cambios en la abundancia del zooplancton entre los muestreos; siendo el mes de noviembre el que presentó las mayores abundancias, dominado por organismos holoplanctónicos.

Estrada *et al.*, (2012) analizaron la estructura de la comunidad de zooplancton en la Bahía de Hudson (Canadá) y mostraron que las condiciones hidrográficas e hidrodinámicas (salinidad, temperatura, estratificación y mezcla) tienen efectos significativos sobre el zooplancton. Más recientemente, Brierley (2017) puntualizó que el zooplancton es uno de los principales miembros de las redes tróficas pelágicas y desempeña un papel fundamental en muchos aspectos funcionales del ecosistema marino, incluida la captura y transferencia

de carbono hacia áreas más profundas de la columna de agua, además de ser los principales consumidores, lo que asegura la transferencia de energía a niveles tróficos superiores, como los peces planctívoros (Jernberg *et al.*, 2017).

Estudios para determinar la distribución vertical de diversos organismos como copépodos y larvas de peces mediante técnicas de muestreo estratificadas se han utilizado con éxito en estudios anteriores (p. ej., Sánchez-Velasco *et al.*, 2009, 2013, 2017 y Cruz-Hernández *et al.*, 2018). En el sur del Golfo de California se ha reportado que las condiciones hidrográficas y la hidrodinámica de la región juegan un papel importante en la distribución de organismos del zooplancton. Por ejemplo, Cruz-Hernández *et al.*, (2018) documentaron la existencia de la relación entre la comunidad zooplanctónica, particularmente copépodos y la estratificación de la columna de agua, e identificaron que la termoclina es un hábitat importante, lo cual se interpreta como una estrategia de adaptación de esos organismos para sobrevivir.

En particular en la Bahía de La Paz se ha documentado que la presencia de un vórtice ciclónico observado en verano de 2009 condicionó los valores de biomasa zooplanctónica de la región (Duran-Campos *et al.*, 2015). Más recientemente, Duran-Campos *et al.*, (2019) reportaron que los grupos funcionales del zooplancton están fuertemente influenciados por la presencia de un vórtice dipolo (ciclónico-anticiclónico), con una predominancia de organismos herbívoros en dos regiones, 1) cerca de la periferia del vórtice anticiclónico y 2) en el centro del vórtice ciclónico, mientras que los organismos carnívoros fueron más abundantes en el centro del vórtice anticiclónico al igual que en los límites del dipolo; por otra parte, los organismos omnívoros fueron más abundantes en las periferias de ambos vórtices. Coria-Monter *et al.* (2020) documentaron que la distribución del zooplancton en el interior de la bahía se encuentra estrechamente relacionada con un conjunto de factores, que incluyen la presencia de procesos hidrodinámicos a diferentes escalas, la profundidad de la columna de agua, el estado trófico (es decir, productividad) y, principalmente, el régimen de temperatura del agua que, a su vez, determina los ciclos biológicos, las tasas de crecimiento y metabolismo del zooplancton.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Evaluar la estructura vertical del zooplancton (composición, abundancia y distribución) y su relación con la hidrografía en La Bahía de La Paz, durante el otoño (noviembre) de 2016.

1.2.2 Objetivos particulares

- Determinar la estructura hidrográfica.
- Describir el patrón de corrientes geostroficadas.
- Caracterizar la composición, abundancia y distribución vertical de los grupos del zooplancton.
- Identificar la influencia de los procesos físicos en la estructura vertical del zooplancton.

1.3 HIPÓTESIS

La composición, abundancia y distribución vertical del zooplancton depende de la profundidad de muestreo, de factores hidrográficos y del patrón de corrientes presente en la Bahía de la Paz en la época de otoño (noviembre) 2016.

A diferencia de estudios realizados para la época de verano, se observarán cambios en la estructura del zooplancton debido a factores como la variación estacional del patrón del viento, que modifica el espesor de la capa de mezcla, la zona eufótica y la disponibilidad de alimento para el zooplancton.

1.4 ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de California se localiza en el noroeste de la República Mexicana y abarca la cuenca más grande (283, 000 km²) e importante en términos ecológicos, ya que representa un lugar de alimentación, refugio y crecimiento de diferentes organismos (Pardo *et al.*, 2013), que incluye especies en peligro de extinción y endémicas de alta relevancia ecológica (Silverberg *et al.*, 2014). El extremo sur tiene una comunicación abierta con el Océano Pacífico que controla en gran medida sus características climáticas y oceanográficas (Salas-de León *et al.*, 2004) lo que genera intercambio entre ambos ecosistemas.

La Bahía de La Paz (Fig. 1) está ubicada en el margen suroriental de la península de Baja California, entre 24.15°-24.97° N y los 110.30°-110.75° O; se caracteriza por tener una dimensión de aproximadamente 90 km de largo y 35 km de ancho (Hernández-Alcántara *et al.*, 2013), así como la presencia de un umbral batimétrico en su porción norte. La región más profunda (con un máximo de 420 m) se ubica en Cuenca Alfonso. La profundidad disminuye gradualmente hacia el sur hasta llegar a una zona somera con pendiente suave y playas extensas.

La bahía se comunica con el Golfo de California mediante dos fronteras abiertas: Boca Grande al noreste (ancha y con una profundidad de ~250 m) donde se encuentran las islas Roca Partida y Espíritu Santo, y está delimitada por las islas San Francisco y San José, y al sureste se encuentra el Canal de San Lorenzo (angosto, con profundidad de ~20 m).

Su origen geológico fue a partir de depresiones inundadas en los márgenes internos del borde continental rodeados por las superficies terrígenas y protegidas de mar por barreras arenosas producidas por corrientes y oleaje (Hausback, 1984).

La Bahía de la Paz presenta en la zona sur una amplia plataforma, somera y cubierta de arena, la cual se vuelve estrecha a lo largo de la costa noroeste. Los sedimentos cambian respecto a la profundidad. Se vuelven lodosos conforme aumenta la profundidad, hacia la Cuenca Alfonso. El material particulado sedimentado es litogénico, con aportaciones

significativas de componentes biogénicos marinos, por ejemplo, carbonato de calcio, ópalo y materia orgánica (Silverberg *et al.*, 2007).

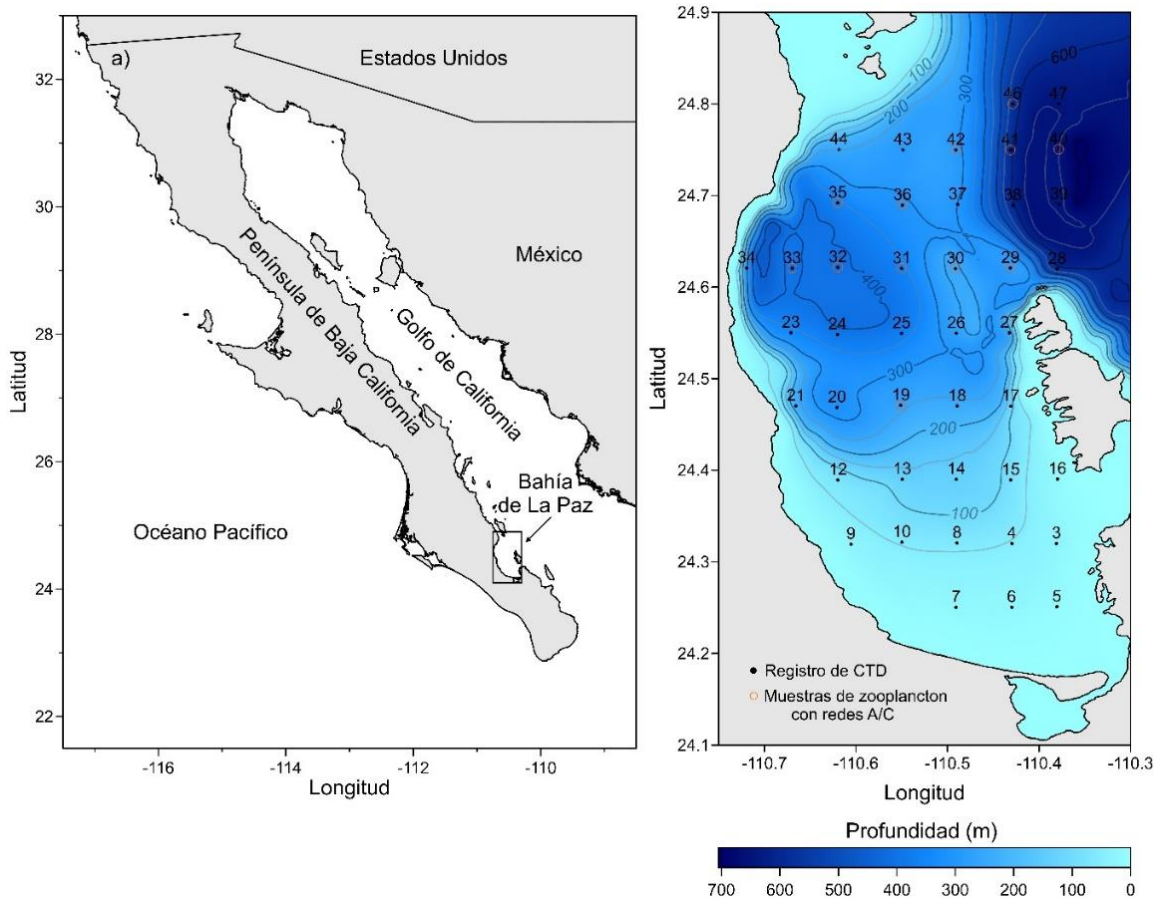


Figura 1 . Área de estudio. a) Golfo de California, b) Bahía de La Paz, batimetría en m. (+) Estaciones hidrográficas; (o) muestreo de zooplancton con redes de apertura/cierre

La masa continental que rodea a la Bahía de La Paz presenta un clima BW (h') hw (e'), seco y árido (García, 1973). La temperatura media anual del aire es de 23.8 °C, la mínima se presenta en invierno con 8 °C y la máxima en verano con 37 °C. La evaporación (300 mm/año) supera a la precipitación (180 mm/año) (Jiménez-Illescas, 1983), básicamente no existe descarga de ríos por lo que el exceso de evaporación sobre la precipitación genera un incremento en la salinidad superficial (López-Nogueira, 2017). El viento en la región tiene cambios estacionales muy marcados, con vientos del noroeste durante el invierno y vientos del sureste y suroeste durante el verano (Monreal-Gómez *et al.*, 2001; Contreras-Simuta, 2022).

CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 TRABAJO DE CAMPO

2.1.1 Datos hidrográficos y muestras de zooplancton (mecanismo de apertura-cierre).

La información hidrográfica y muestras de zooplancton que se analizaron en este estudio fueron obtenidas durante el crucero de investigación PALEOMAR-II que se realizó a bordo del B/O *El Puma* de la UNAM, en la Bahía de La Paz del 15 al 22 de noviembre de 2016.

Método

Se obtuvieron muestras de zooplancton mediante redes con mecanismos de apertura-cierre, en 12 estaciones ubicadas en Boca Grande y en Cuenca Alfonso, los muestreos se realizaron a 4 profundidades (5, 10, 50 y 100 m) (Fig. 1).

Se utilizaron redes cónicas con diámetro de boca de 60 cm, longitud de red de 250 cm y 200 μ m de apertura de malla, sujetas a mecanismos de apertura/cierre, marca General Oceanics y configuradas con flujómetros estándar de la misma marca (modelo 2030R). Se realizó un arrastre por cada estación. Cada arrastre muestreó 4 estratos/profundidades (5, 10, 50 y 100 m). Las redes se bajaron cerradas, una vez que se alcanzó la profundidad deseada, se abrieron con mensajeros manuales de latón para iniciar con el arrastre, el cual fue de 15 min a una velocidad de 1 nudo. Una vez que concluyó el arrastre, las redes se cerraron mediante mensajeros manuales, y así fueron recuperadas.

Este sistema se caracteriza por evitar que las muestras se mezclen con organismos de diferentes estratos/profundidades. Para asegurar un muestreo preciso de cada estrato, la profundidad de muestreo se obtuvo con el cálculo del coseno del ángulo del cable, con base en las especificaciones estándar de Smith y Richardson (1979). Este tipo de técnica de muestreo estratificado se ha utilizado con éxito en estudios anteriores, tanto en el sur del Golfo de California (Sánchez-Velasco *et al.*, 2009, 2013, 2017 y Cruz-Hernández *et al.*, 2018), como en el interior de la Bahía de La Paz.

Inmediatamente después de los arrastres, los organismos colectados se fijaron con una solución de formol al 4 % adicionado con borato de sodio, la cual tienen la función de fijación que permite preservar las muestras de zooplancton durante varios años sin dañar el esqueleto o tejido corporal del zooplancton (Viteri *et al.*, 2017). Transcurridos 24 h en esta solución, las muestras fueron trasvasadas a etanol al 70 % para su preservación final.

Los datos hidrográficos se adquirieron mediante una sonda CTD (Seabird 19 plus), en un total de 42 estaciones (Fig. 1) configurado con un sensor activo de fluorescencia de clorofila-*a* (Eco-Wet Labs). La salinidad se calculó a partir de la conductividad y la densidad a partir de la salinidad, temperatura y presión.

2.2 TRABAJO DE LABORATORIO

2.2.1 Estimación de biomasa zooplanctónica

Para obtener la biomasa de los 12 sitios muestreados a cuatro profundidades diferentes, se utilizó el método de peso húmedo.

El procedimiento para obtener la biomasa del zooplancton en peso húmedo fue el siguiente. Se adaptó un tubo de PVC, al cual se le colocó una malla de 200 μm en la parte inferior, del cual se obtuvo su peso en una balanza analítica. Posteriormente, se vertió toda la muestra al tubo, removiendo los organismos de mayor talla (e.g. juveniles de peces, medusas, crustáceos del orden Decápoda, algas y sedimentos arenosos) para disminuir o evitar un sesgo metodológico asociado al medio líquido de conservación y de esta manera eliminar totalmente el contenido acuoso de los organismos (Postel *et al.*, 2000). Esta filtración del alcohol se realizó por gravedad y con papel absorbente para evitar que la muestra se dañara; una vez que se extrajo el conservador, se pesó nuevamente el tubo, y se obtuvo la diferencia en peso, para así poder calcular la biomasa en peso húmedo del zooplancton.

El volumen filtrado se obtuvo de los valores iniciales y finales de los flujómetros colocados en cada red, para así expresar la cantidad de biomasa del zooplancton por cada 100 m^3 de

agua filtrada. Como se mencionó anteriormente, para el presente estudio se utilizaron flujómetros General Oceanics del modelo 2030R de tipo torpedo con la finalidad de medir volumen de agua filtrado y así calcular la densidad de organismos.

Con respecto a las metodologías gravimétricas que infieren la biomasa de las muestras a partir de mediciones de la propia masa de los organismos, se sabe que el sesgo metodológico asociado disminuye cuando se elimina el agua intersticial (Postel *et al.*, 2000). Por ello, después de haber calculado el peso húmedo y el volumen filtrado de cada muestra a la profundidad correspondiente, los resultados se expresaron en $g\ 100\ m^{-3}$ con base en la relación reportada por Zavala-García y Flores-Coto (1989):

$$Biomasa\ Zooplanctonica\ (g\ 100\ m^{-3}) = \frac{peso\ neto\ (g)}{volumen\ filtrado\ (m^3)} \times 100$$

Donde:

Peso neto: peso crudo de los organismos (\bar{g})

\bar{Vf} = volumen filtrado por la red (m^3)

El volumen filtrado (\bar{Vf}) (m^3), se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Vf = \left(\frac{\pi * Dr^2}{4}\right) \left(\frac{Nr * Cr}{999999}\right)$$

Donde:

\bar{Dr} = Diámetro de la boca de la red (m)

\bar{Dr}^2 = Diámetro de la boca de la red al cuadrado (m^2)

\bar{Nr} = Número de revoluciones en el flujómetro

\bar{Cr} = Constante del rotor (26873)

2.2.2 Estimación de abundancia total

Para lograr una unidad común de comparación, se obtuvo la abundancia total y por profundidades de las muestras colectadas en cada estación. Se estandarizó como densidad de organismos (D), expresada en número de organismos por 100 metros cúbicos (Ind 100 m⁻³), mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{N^{\circ} \text{ de organismos totales}}{Vf}$$

Donde: \overline{Vf} = volumen filtrado por la red (m³)

2.2.3 Identificación taxonómica de la composición zooplanctónica

La Taxonomía es la ciencia que trata los principios de clasificación o agrupamiento sistemático de los organismos en grupos o categorías. Su propósito es desarrollar el ordenamiento lógico de los organismos basándose en su afinidad natural; partiendo de la determinación de tantas características como sean posibles, para ser colocados en grupos de gran similitud (Montoya-Villafañe, 1997). El sistema de clasificación jerárquico de las especies, fue desarrollada por Carlos Von Linneo, para lograr una dominación uniforme de los organismos que tenga validez internacional y como herramienta importante para el estudio y protección de la biodiversidad, debido a que facilita conocer la ausencia o presencia y el número de organismos que habitan en un espacio-tiempo y condiciones físicas determinadas, para así determinar cómo podrían verse afectadas, o no, por el estrés ambiental (Terlizzi y Anderson, 2014). El sistema de clasificación biológica está dado en el siguiente orden:

Reino: Todos los organismos dentro de esta categoría.

Filum: Grupo de clases relacionadas.

Clase: Grupo de ordenes análogas.

Orden: Grupo de familias análogas.

Familia: Grupo de géneros análogas.

Género: Grupo de especies análogas.

Por lo que para la identificación taxonómica que se llevó a cabo en el laboratorio, en términos de cualificación y cuantificación del material colectado, se siguieron claves especializadas, tales como Boltovskoy (1999) y Treguboff y Rose (1957), para su clasificación, de ser posible, hasta nivel de género.

2.3 PROCESAMIENTO DE DATOS

2.3.1 Datos hidrográficos

A partir de los datos obtenidos mediante la sonda CTD (Conductivity, Temperature y Depth, por sus siglas en inglés) y con la ayuda del software del fabricante (SBE Data Processing V.7.26.7) se obtuvo la temperatura conservativa, la salinidad absoluta y la densidad, promediadas a cada metro de profundidad.

Con lo anterior se formó una base de datos de parámetros hidrográficos y se obtuvieron las distribuciones horizontales a las cuatro profundidades de muestreo de zooplancton, así como los perfiles y secciones verticales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (g kg^{-1}), densidad (σ_t , kg m^{-3}) y clorofila-*a* (mg m^{-3}). Se seleccionaron tres transectos orientados de oeste-este; que comprenden de la estación 34 a la estación 28 (transecto AA'), de la 35 a la 39 (transecto BB') y de la 44 a la 40 (transecto CC') (Fig. 1b) lo anterior con el objetivo de identificar la termoclina, haloclina y picnoclina y de analizar la distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (g kg^{-1}), densidad σ_t (kg m^{-3}) y clorofila-*a* (mg m^{-3}). Para identificar las masas de agua, se realizó un diagrama T-S (temperatura-salinidad) con los datos hidrográficos registrados en todas las estaciones.

2.3.2 Cálculo de la velocidad geostrofica

Para obtener el patrón de circulación se realizó el cálculo de las velocidades geostroficas relativas al fondo mediante el análisis estándar (Pond y Pickard, 1995) a partir de los datos hidrográficos de (temperatura, salinidad y presión). El método geostrofico para calcular las

velocidades relativas entre pares de estaciones hidrográficas, A y B , separadas por una distancia L se expresa con la forma práctica y se obtienen las velocidades relativas en dos niveles (1 y 2) mediante la siguiente ecuación, $(v_1 - v_2) = \frac{1}{Lf} [\Delta\Phi_B - \Delta\Phi_A]$, donde $f = (2\Omega \sin \phi)$ es el parámetro de Coriolis, ϕ es la latitud, $\Delta\Phi_A$ y $\Delta\Phi_B$ son las anomalías geopotenciales, las cuales son nulas en el fondo (considerado como el nivel de no movimiento).

2.3.3 Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron mediante el software PRIMER v7, (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research) paquete de estadística multivariante (Clarke y Gorley, 2015) el cual proporciona una amplia gama de rutinas univariadas y multivariadas y gráficas que permiten analizar conjuntos de datos de organismos por muestras de la ecología comunitaria, así como de datos ambientales obtenidos, en este caso por el CTD.

Para analizar la estructura biológica, se realizó como primer paso, la construcción de la matriz de abundancia de cada taxón en las cuatro profundidades de muestreo por cada una de las 12 estaciones y así aplicar el análisis multivariado adecuado.

Se empleó el coeficiente de similitud de Bray-Curtis para construir una matriz de similitud de las densidades de los diversos taxa de zooplancton registradas (previamente transformadas a raíz cuarta) en cada sitio de muestreo, esto con el fin de reducir la contribución dominante de los taxa más abundantes. Posteriormente, esta matriz se sometió a una escala de ordenación multidimensional no métrica (MDS).

Para maximizar el rango de correlación entre la matriz de parámetros ambientales (temperatura, salinidad, y clorofila- a), se realizó un análisis de componentes principales (PCA) (Clarke y Warwick, 1998), la cual es completamente no paramétrica y que atiende a funciones no lineales (Clarke y Ainsworth, 1993).

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1 ESTRUCTURAS HIDROGRÁFICAS

3.1.1 *Distribución horizontal de temperatura, salinidad, densidad (σ_t) y clorofila-a*

Con el objetivo de conocer la distribución horizontal de las variables hidrográficas y su relación con la abundancia de organismos del zooplancton en cada estación muestreada, se realizaron mapas horizontales a las cuatro profundidades, 5, 10, 50 y 100 m.

Las mediciones obtenidas a 5 m de profundidad no obstante que muestran una variación muy pequeña en los parámetros hidrográficos, se puede observar la presencia de un núcleo relativamente cálido, en la región noreste de la bahía, con una temperatura de 27.8 °C, asimismo, entre las latitudes de 24.55 y 24.35°N se encontró una zona de menor temperatura (27.45°C) (Fig. 2a), que corresponden respectivamente con un núcleo de baja salinidad (35.20 g kg⁻¹) y de mayor salinidad (35.24 g kg⁻¹) asociado al núcleo frío (Fig. 2b). Estas temperaturas y salinidades generaron zonas de 22.67 y de 22.77 kg m⁻³ de densidad, respectivamente (Fig. 2c). En términos de clorofila-a, se observó una zona al noreste de la bahía con valores alrededor de 0.70 mg m⁻³ el mínimo de 0.2 mg m⁻³ en el noroeste, mientras que el máximo de clorofila-a (2.0 mg m⁻³) se presentó en la costa oeste de la bahía (Fig. 2d). En la región de Boca Grande se encontró agua de densidad relativamente alta, debido a la baja temperatura y alta salinidad.

En términos de biomasa, esta presentó su mayor valor en la estación 33 con 42 g 100m⁻³, que se ubica en una zona con temperatura de 27.65 °C, salinidad de 35.23 g kg⁻¹, densidad de 22.71 y clorofila de 0.3 mg m⁻³. Los valores más bajos registrados fueron en las estaciones 40 y 46 con 1 g 100m⁻³, ubicadas en la región de Boca Grande, la cual se caracteriza por ser una zona profunda y de entrada de la corriente de agua.

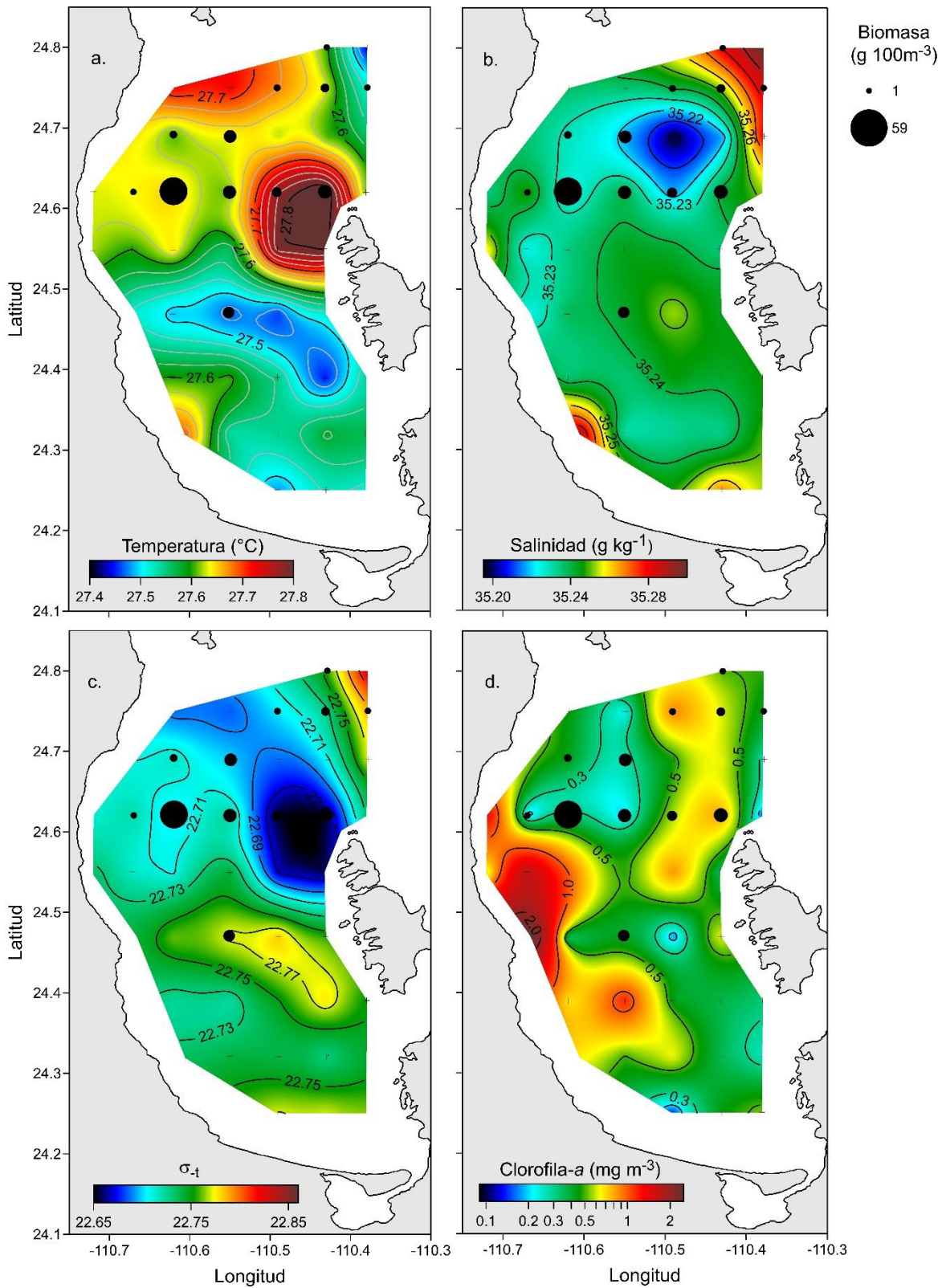


Figura 2. Distribución horizontal a 5 m de profundidad de: a) temperatura (°C), b) salinidad (g kg⁻¹), c) densidad (σ_t , kg m⁻³) y d) clorofila-a (mg m⁻³) y (●) biomasa (g 100m⁻³).

A los 10 m de profundidad las variables ambientales mostraron una distribución similar a la observada a 5 m, como la ubicación en el noreste del núcleo relativamente cálido y salino, el cual conservó la temperatura de 27.8 °C, y salinidad de 35.3 g kg⁻¹ (Figs. 3a-b); así como en la región central se observó una zona de baja temperatura y relativamente alta salinidad, coincidiendo con alta densidad, sin embargo el máximo de densidad se observó en Boca Grande (Fig. 3c), como en el caso de la densidad a 5 m . La clorofila-*a* en 10 m de profundidad en la costa oeste de la bahía (2.0 mg m⁻³) se ha extendido hacia el área central, y a diferencia de la distribución a los 5 m de profundidad los valores máximos de 2.3 mg m⁻³, se localizaron en la conexión de la bahía con el golfo (Fig. 3d).

La biomasa, en esta profundidad registro valores que oscilaron de entre 29 y 59 g 100m⁻³ para las estaciones 29, 30, 31, 32 y 35; ubicadas con temperaturas alrededor de 27.6 y 27.7 °C, salinidad de 35.25 g kg⁻¹ , y clorofila-*a* cercana a 1 mg m⁻³. Las estaciones ubicadas en Boca Grande, al igual que en la profundidad de 5 metros, fueron las que registraron los valores más bajos.

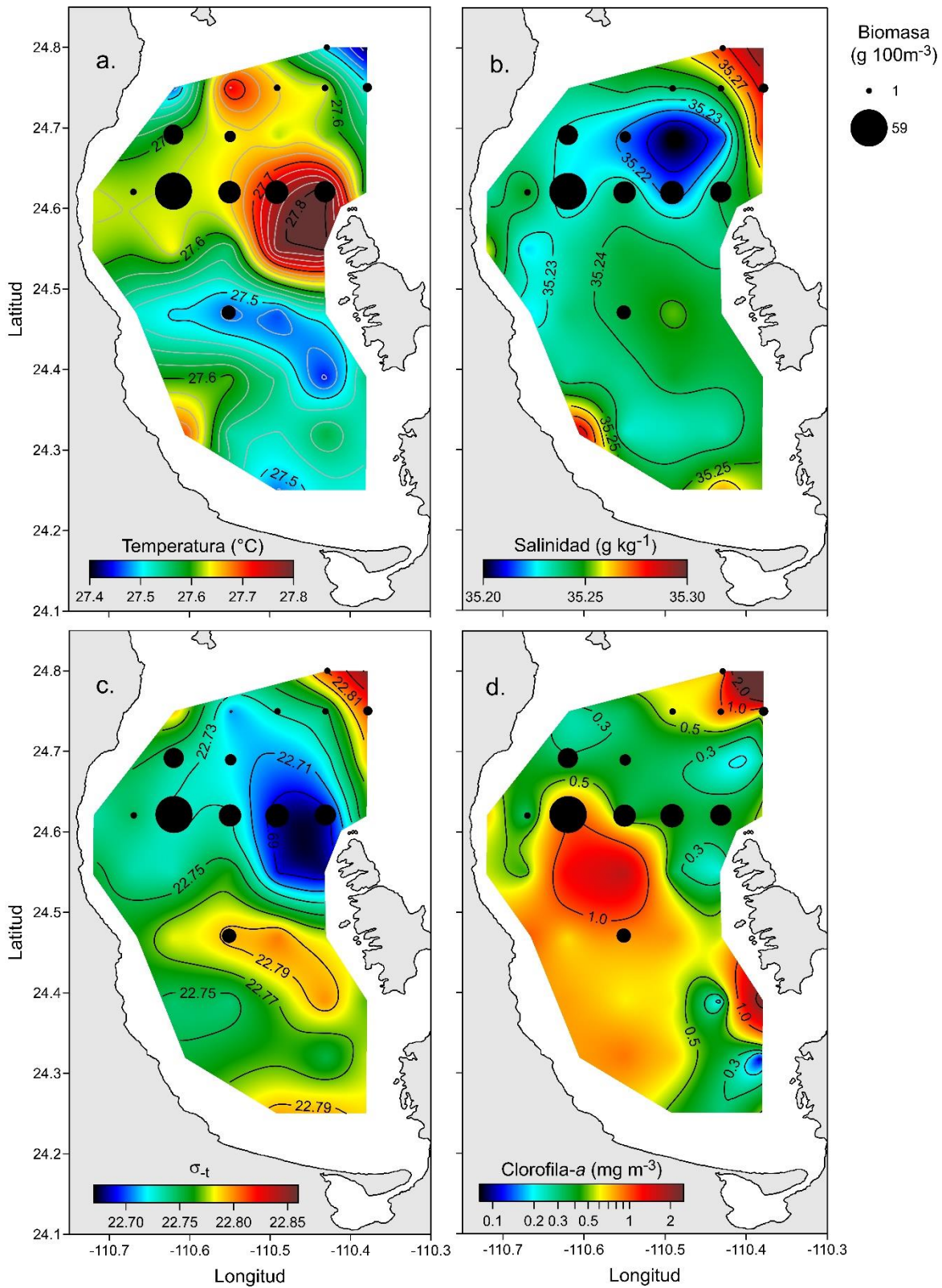


Figura 3. Distribución horizontal a 10 m de profundidad de: a) temperatura ($^{\circ}C$), b) salinidad ($g\ kg^{-1}$), c) densidad (σ_t , $kg\ m^{-3}$) y d) clorofila-a ($mg\ m^{-3}$) y (●) biomasa ($g\ 100m^{-3}$).

A 50 m de profundidad la distribución de las variables ambientales muestra diferencias muy marcadas respecto a lo observado en los dos niveles anteriores (5 y 10 m), se observó la presencia marcada de dos núcleos en la porción noreste de la bahía con una temperatura mayor a los 24 °C, salinidad $>35.1 \text{ g kg}^{-1}$ y densidad $> 24.1 \text{ kg m}^{-3}$ (Figs. 4 a-c). Cabe destacar que estos dos núcleos abarcan las estaciones de muestreo 29 y 41, las cuales registraron el valor más alto de biomasa zooplanctónica para esta profundidad con 42.33 y 12.26 g 100 m^{-3} , respectivamente. Sin embargo, como se mencionó anteriormente se observó una diferencia importante de temperatura y densidad respecto a lo registrado a 5 y 10 m. En la región entre Cuenca Alfonso y Boca Grande, se observó un núcleo frío con temperatura de $\sim 21 \text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que sugiere la presencia de un vórtice ciclónico a esta profundidad. La salinidad disminuyó ligeramente en relación con la capa superficial. Respecto a la densidad, en esta área se presentó un núcleo denso de 24.1 kg m^{-3} el cual mostró el máximo de clorofila-*a* (Fig. 4d). Al sur de los $24.5 \text{ }^{\circ}\text{N}$, la temperatura y salinidad fueron mayores que en la región norte de la bahía, con agua menos densa.

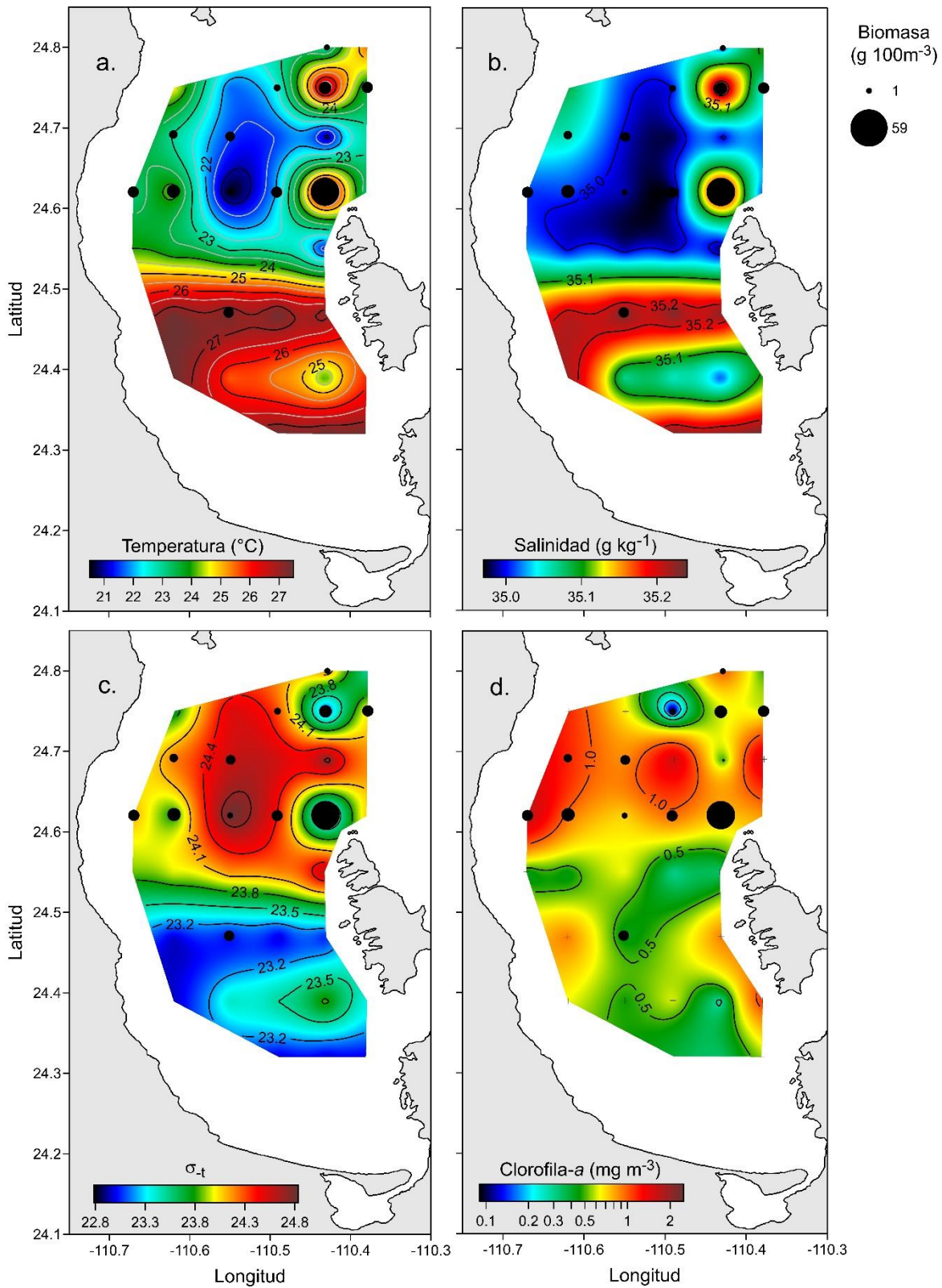


Figura 4. Distribución horizontal a 50 m de profundidad de: a) temperatura ($^{\circ}C$), b) salinidad ($g\ kg^{-1}$), c) densidad (σ_t , $kg\ m^{-3}$) y d) clorofila ($mg\ m^{-3}$) y (●) biomasa ($g\ 100m^{-3}$).

A partir de los 100 m de profundidad, y respecto a la capa superficial destaca un marcado descenso en la temperatura de casi 5 °C (Fig. 5a); una salinidad por debajo de los 35 gkg⁻¹ (Fig.5b), la densidad llegó hasta los 26.1 kg m⁻³. (Fig. 5c). En cuanto a la clorofila-*a*, no se detectó a esta profundidad (Fig. 5d).

Bajo estas condiciones, la biomasa zooplanctónica mostró variaciones desde 0.34 g 100m⁻³ en la estación 35, hasta 5.2 g 100 m⁻³ en la estación 41; esta profundidad fue la que registró los valores más bajos de las cuatro analizadas.

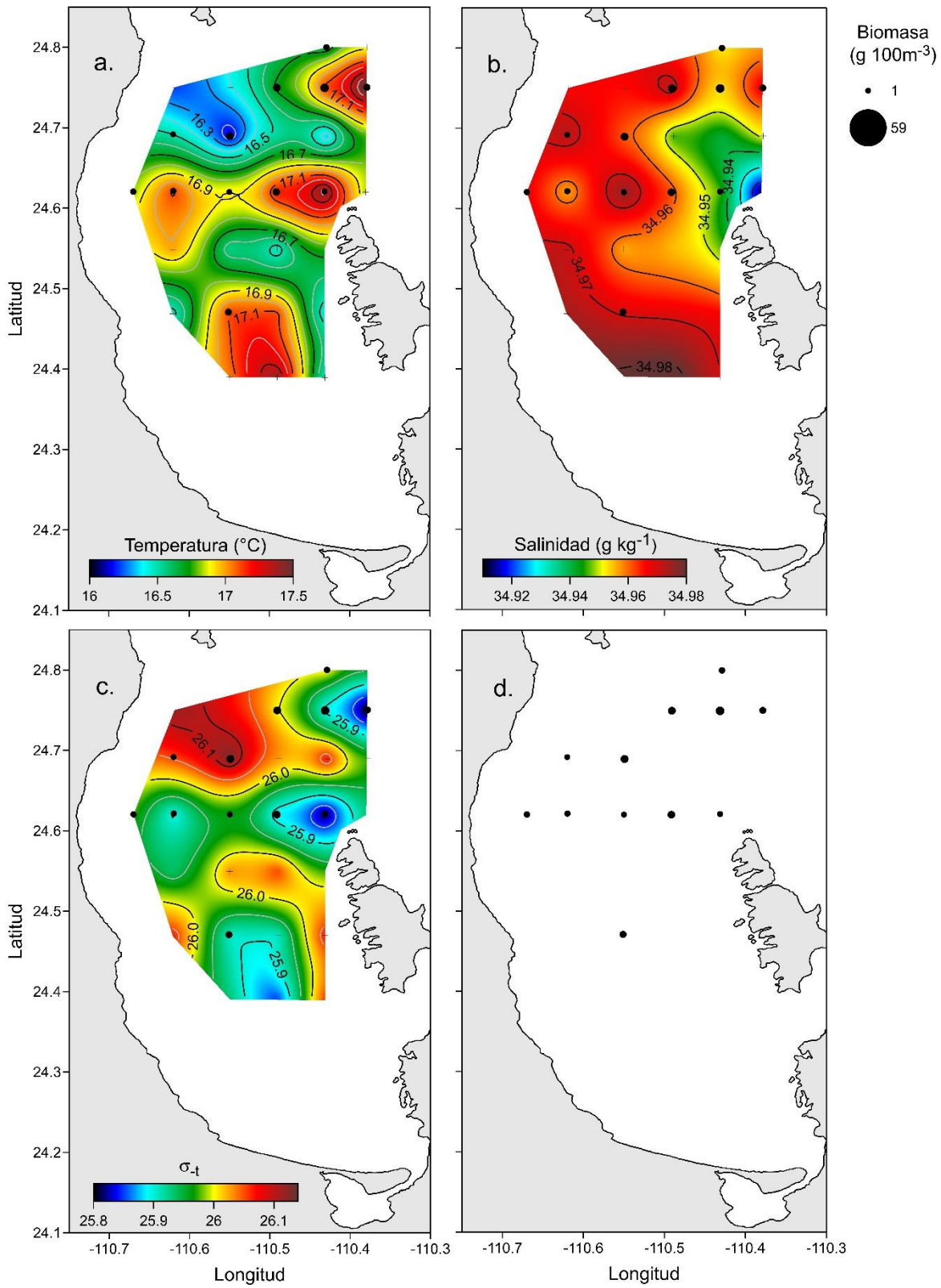


Figura 5. Sección horizontal a 100 m de profundidad de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (g kg^{-1}), c) densidad (σ_t , kg m^{-3}), d) clorofila-a, no detectada y y (●) biomasa (g 100m^{-3}).

3.1.2 Secciones verticales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (g kg^{-1}), densidad (σ_t , kg m^{-3}) y clorofila-a (mg m^{-3}).

Mediante la elección de tres transectos orientados de oeste a este (Fig. 6), se analizó la distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad y clorofila-a hasta los 150 m; el transecto AA' comprende las estaciones desde la 34 a la 28, el transecto BB' abarca de la estación 35 a la 39 y CC' incluye desde la estación 44 a la 40.

Estos transectos cruzan el vórtice ciclónico y cubren las estaciones donde se obtuvo material biológico.

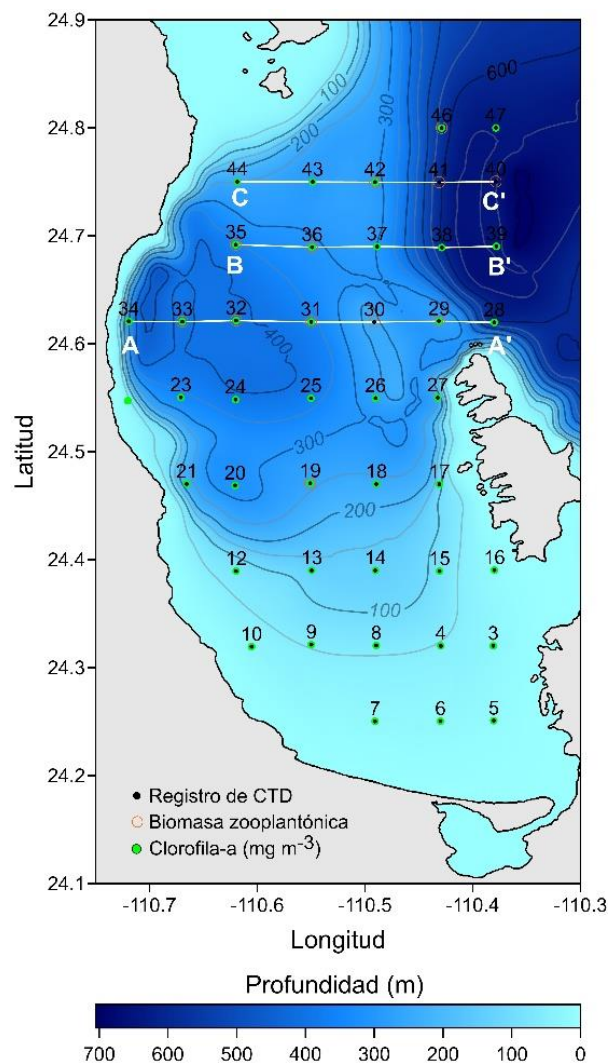


Figura 6. Mapa de transectos ubicados de oeste a este, en zonas donde se obtuvo material biológico(○), registro de CTD(●) y clorofila-a (●): transecto AA' (34-28), transecto BB' (35-39) y transecto CC'(44-40).

A lo largo del transecto AA' que abarca a las estaciones 34, 33, 32, 31, 30, 29 y 28, la sección vertical muestra el descenso de temperatura (Fig. 7a) y salinidad (Fig. 7b), con valores desde 27.5 a 15.5 °C y salinidades entre 35.20 y 34.02 g kg⁻¹, respectivamente; ambas disminuyen desde la capa superficial hasta los 150 m. La densidad en este caso varío de 22.75 hasta 26.50 kg m⁻³ (Fig. 7c).

Como se puede observar se presentó una capa de mezcla debajo de la cual se encontraron la termoclina, haloclina y picnoclina ubicadas, en promedio a los 50 m de profundidad, donde coincidió la mayor concentración de clorofila-*a* en la sección vertical (Fig. 7d).

Esta sección vertical presentó, entre los 30 y 80 m de profundidad, un levantamiento de las isotermas, isohalinas e isopicnas entre las estaciones 32 y 30, desde 80 hasta 30 m de profundidad, típico de un vórtice ciclónico. Mientras que entre las estaciones 30, 29 y 28 se observó un hundimiento de las isolíneas, característico de la presencia de un vórtice anticiclónico.

En términos de biomasa zooplanctónica, esta sección vertical mostró entre la superficie y los 10 m de profundidad los valores más altos registrados, los cuales se ubicaron en condiciones de temperatura de 27.5 °C, salinidad ≥ 35.2 g kg⁻¹ y clorofila-*a* menor a 0.5 mg m⁻³, que representan las condiciones preferentes para su desarrollo; seguidos por la biomasa de la estación 29, que se encontró en la porción noreste de la bahía y próxima a Isla Roca Partida, a una profundidad de 50 m con 42 g 100 m⁻³, que se ubicó en la zona de transición de temperatura, salinidad y densidad, y donde se registró un valor de clorofila-*a* de 2 mg m⁻³ (Fig. 7d).

Cabe resaltar que en este transecto la mayoría de las estaciones donde se ubicaron los mayores valores de biomasa cercanos a la superficie se localizaron en el vórtice ciclónico que se caracteriza por un levantamiento de las clinas y por ende valores altos de zooplancton, no obstante, se observó a mayor profundidad un valor relativamente alto de biomasa en la región de hundimiento de las clinas (estación 29).

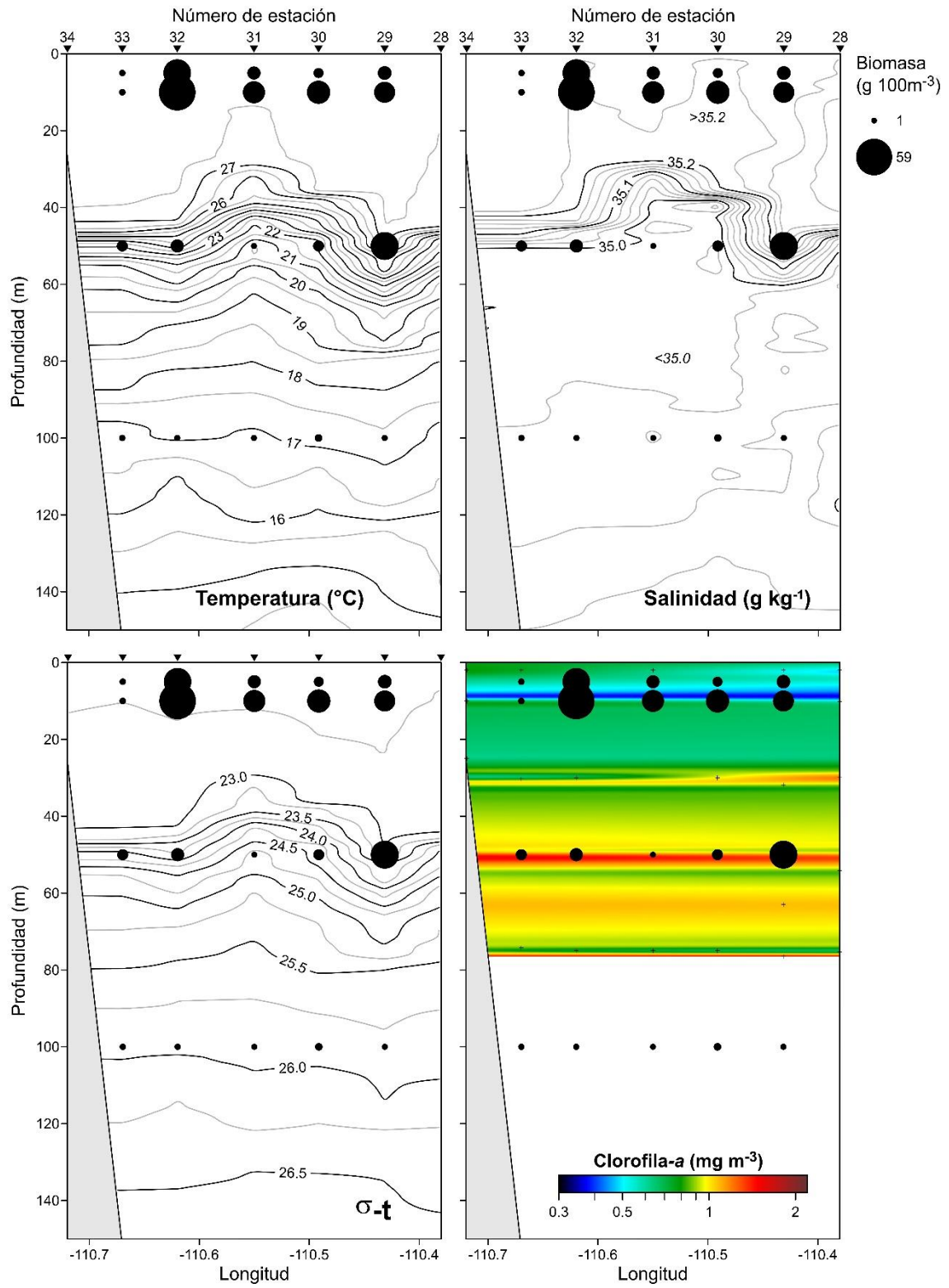


Figura 7. Transecto AA' que incluye las estaciones 34 a 28 (oeste a este): (●) distribución vertical de la biomasa zooplanctónica y a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (g kg^{-1}), c) densidad (σ_t , kg m^{-3}) y d) clorofila (mg m^{-3}).

El transecto BB', ubicado a latitud 24.7 °N y que incluye las estaciones 35, 36, 37, 38 y 39, mostró un rango de temperatura entre 27.5 y 14.0 °C en la capa de los 150 (Fig. 8a),. La salinidad mostró valores entre 35.20 y 34.90 (Fig. 8b). por su parte la densidad en la capa de mezcla fue de 22.50 kg m⁻³ aumentó después de los 40 m hasta los 26.75 kg m⁻³ a 150 m (Fig. 8c). La clorofila-*a* mostró un incremento por debajo de la termoclina, con máxima entre los 45 y 60 m de profundidad con valores de 1 mg m⁻³ (Fig. 8d).

Al igual que en el transecto AA', se observó un levantamiento de las isotermas, isohalinas e isopicnas, entre las estaciones 35, 36, y 37, en este caso el desplazamiento vertical fue menor que en la sección vertical en el transecto AA', que confirma la presencia del vórtice ciclónico.

La biomasa zooplanctónica en este transecto registró su valor más alto en la estación 35 a los 10 m de profundidad y por arriba de las clinas que se ubicaron a los 50 m; su posición ante el vórtice ciclónico los sitúa en la periferia de este.

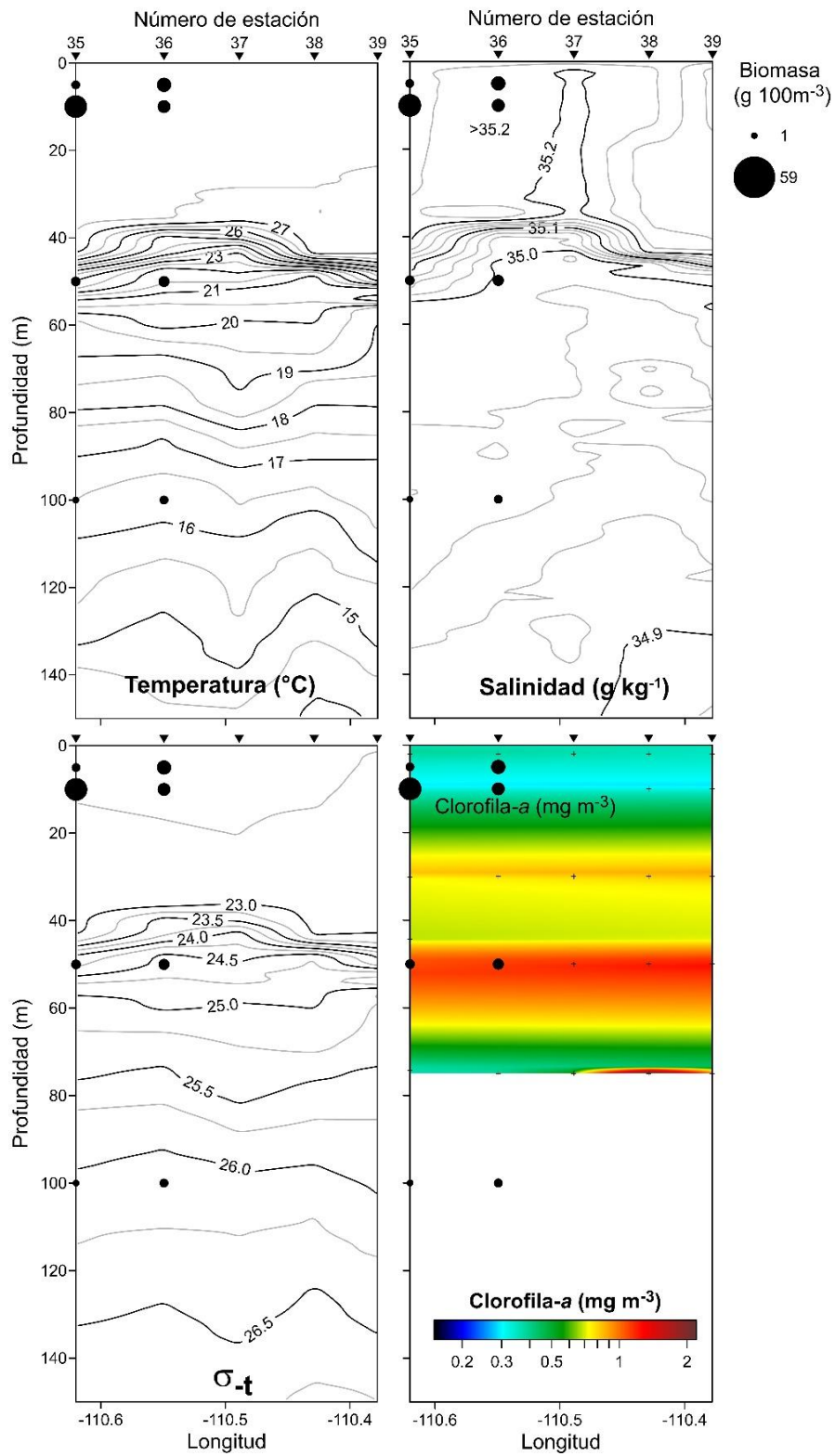


Figura 8. Transecto BB' que incluye las estaciones 35 a 39 (oeste a este): (●) distribución vertical de la biomasa zooplanctónica y a) temperatura (°C), b) salinidad (g kg⁻¹), c) densidad (σ_t, kg m⁻³) y d) clorofila (mg m⁻³).

El transecto CC', localizado en la porción norte de la Bahía de La Paz, orientado de oeste a este, incluye las estaciones 44, 43, 42, 41 y 40. La temperatura registró en la capa de mezcla valores ≥ 27.5 °C, mientras que a partir de los 40 m inicio la disminución hasta 14.5 °C a 150 m; localizando la termoclina a los 50 m de profundidad (Fig. 9a). Por su parte, la salinidad mostró por arriba de los 40 m la presencia de una leve variación desde 35.24 a 35.28 kg m⁻³ hasta llegar a la haloclina que se localizó, al igual que la termoclina, a los 50 m (Fig. 9b). La densidad (Fig. 9c), al igual que en los transectos anteriores, en la capa de los 150 m mostró los valores, entre 22.75 a 26.50 kg m⁻³. La clorofila-*a* mostró en la capa cercana a la superficie valores de 0.6 mg m⁻³, la capa entre los 25 y 70 m de profundidad con valores por arriba de 0.7 mg m⁻³; por debajo de esta capa, disminuyó hasta alcanzar valores por debajo de los 0.3 mg m⁻³ (Fig. 9c).

Al igual que los transectos AA' y BB' se presentó un levantamiento de las isólinas desde los 80 m hasta los 40 m de profundidad, como se mencionó anteriormente característica típica de un vórtice ciclónico, además, en la zona próxima a la estación 41 se observó un importante hundimiento que sugiere la presencia de un vórtice anticiclónico.

En términos de la biomasa zooplanctónica, en las estaciones 41 y 40, se mostraron valores por debajo de 6.5 g 100 m⁻³ en la capa de mezcla; sin embargo, se observó un aumento de biomasa en las clinas a los 50 m, en cuya zona que también se registraron valores altos de clorofila-*a* (Fig. 9).

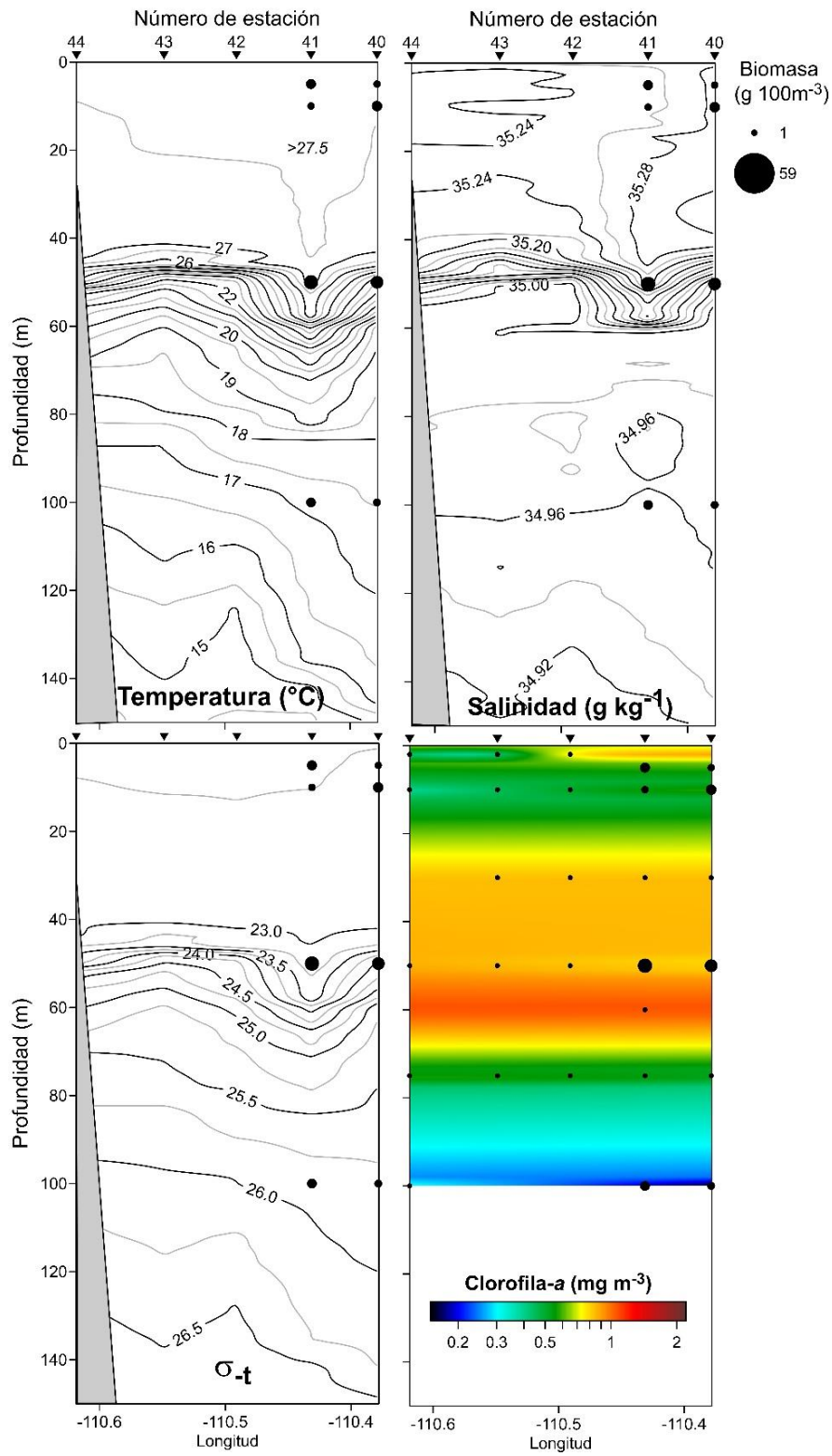


Figura 9. Transecto CC' que incluye las estaciones 44 a 40 (oeste a este): (●) distribución vertical de la biomasa zooplanctónica y a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (g kg^{-1}), c) densidad (σ_t : kg m^{-3}) y d) clorofila (mg m^{-3}).

3.2 VELOCIDADES GEOSTRÓFICAS

La componente meridional de la velocidad geostrófica relativa al fondo en la sección vertical que cubre las estaciones de la 34 a la 28 en el transecto AA' mostró la presencia de un vórtice ciclónico con centro en la estación 31. Lo anterior se confirma con valores positivos de la componente meridional de la velocidad geostrófica al este de la estación 31, con valores máximos próximos a la Isla Roca Partida, con magnitudes de $\sim 60 \text{ cm s}^{-1}$. Al oeste de la estación 31 se presentaron valores negativos de la componente de la velocidad. Lo anterior muestra la componente de la velocidad hacia el norte y sur, respectivamente, lo cual evidencia la presencia del vórtice ciclónico. -En la estación 29 se evidencia el centro de un vórtice anticiclónico, mediante la velocidad meridional hacia el norte y hacia el sur al oeste y este de dicha estación, respectivamente (Fig. 10).

Esta sección se llevó a cabo mediante la utilización del software Surfer v21.

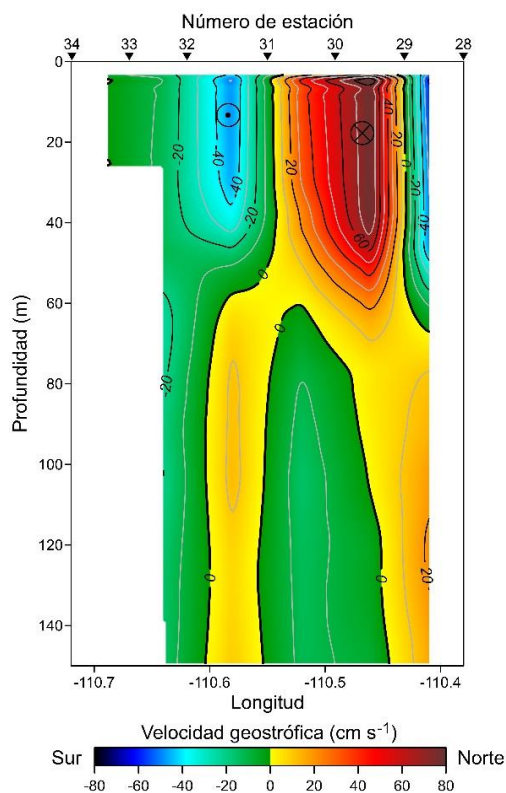


Figura 10. Sección vertical de la componente meridional de la velocidad geostrófica (cm s^{-1}) en el transecto AA'.

3.3 PATRÓN DE CIRCULACIÓN GEOSTRÓFICA

La circulación geostrófica relativa al fondo se calculó en toda la Bahía de La Paz y en las cuatro profundidades donde se obtuvieron los datos biológicos, con el objetivo de observar las estructuras de la circulación como vórtices su influencia en la bahía y las diferentes magnitudes de las velocidades en cada nivel.

El patrón de circulación geostrófica en los niveles de 5 y 10 m (Figs. 11 a y b), fue muy similar ya que se encontraron en la capa de mezcla, con valores de los parámetros ambientales muy similares, mostrando un campo barotrópico donde la velocidad es uniforme en dicha capa. En estos niveles se mostraron dos zonas con circulación anticiclónica que coincidieron con los núcleos cálidos al norte de la bahía uno de ellos próximo a Isla Roca Partida (Fig. 2 a), ahí se presentaron las máximas corrientes, además se observó una circulación ciclónica en una zona orientada de sureste a noroeste, que coincidió con la zona de menor temperatura (Fig. 2 a). Al sur de la bahía las corrientes presentaron una menor velocidad.

A la profundidad de 50 m (Fig. 11 c) el patrón de circulación fue diferente a los niveles próximos a la superficie. No obstante que también mostró las dos zonas de circulación anticiclónica con máximas velocidades en Boca Grande, se definió mejor el vórtice ciclónico próximo a las islas Roca Partida y Espíritu Santo, entre 24.5 y 24.6 °N. La porción de la circulación ciclónica observada en los niveles superficiales a 50 m se mostró a ~ 24.7 °N, con una velocidad hacia el este y continuó hacia el norte para salir por el norte de Boca Grande (Fig. 11 c), con menor intensidad respecto a la observa en los dos niveles superiores. A 100 m (Fig. 11 d) la circulación mostró dos vórtices ciclónicos uno en el sur de Boca Grande y el otro frente a las Islas Roca Partida y Espíritu Santo . En el sur de la bahía y en los cuatro niveles estudiados, se observaron velocidades menores a las de la porción norte de la Bahía. Los patrones de circulación son concordantes con el levantamiento y hundimiento de las isolíneas de temperatura, salinidad y densidad (Fig. 7 a-c) y los núcleos cálidos y fríos , que confirmó la presencia de vórtices ciclónicos y anticiclónicos en la Bahía de La Paz en noviembre de 2016.

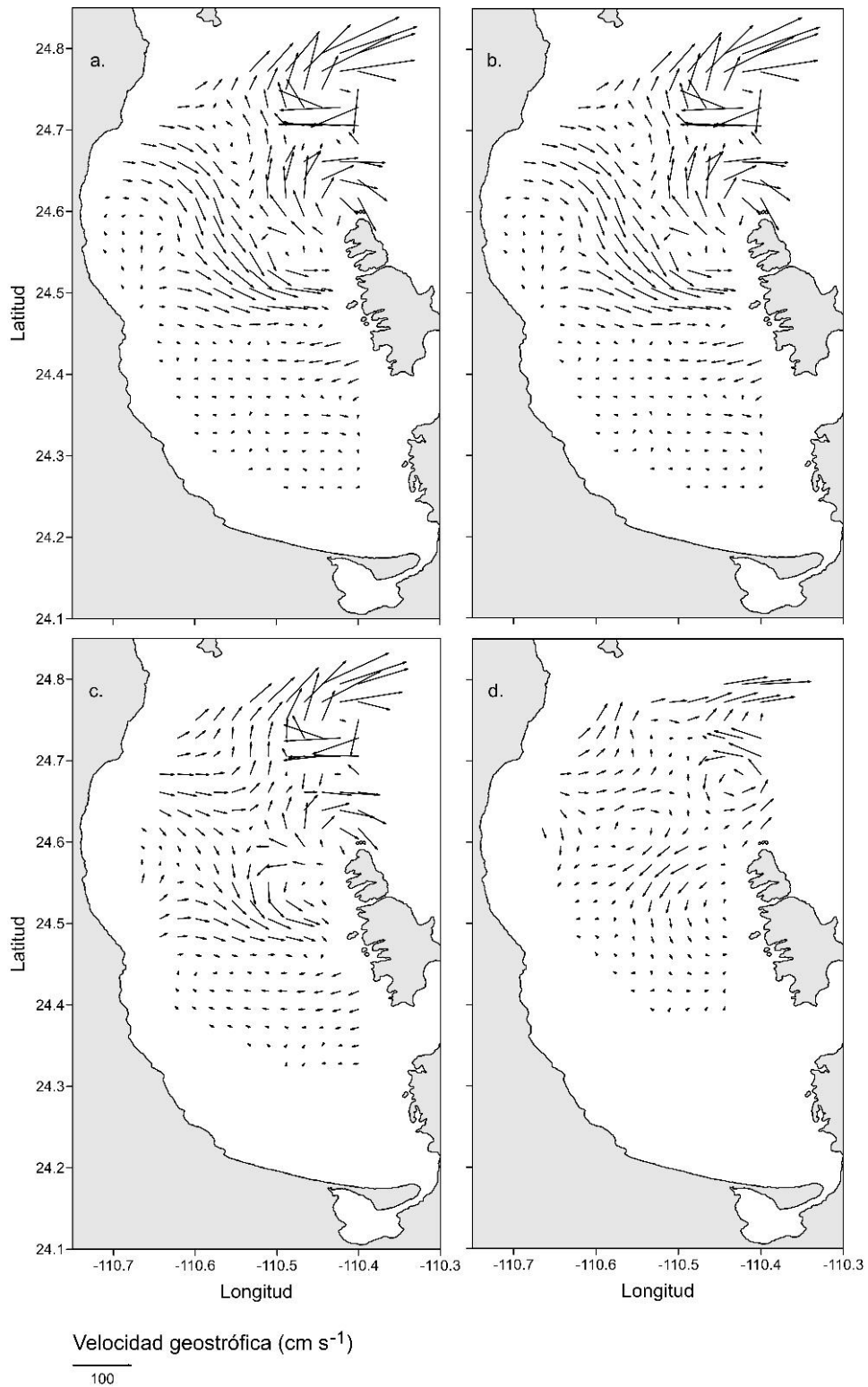


Figura 11. Corrientes geostróficas (cm s^{-1}) relativas al fondo en a) 5 m, b) 10 m, c) 50 m y d) 100 m de profundidad.

3.4 IMÁGENES SATELITALES

A partir de imágenes de satélite MODIS-AQUA de la NASA y el software Seadas v7.4, se obtuvieron temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) y clorofila-*a* (mg m^{-3}) de la Bahía de la Paz el 17 de noviembre de 2016, representativo del periodo de muestreo.

La temperatura superficial del mar (Fig. 12 a) registró el ingreso de una masa de agua proveniente del Golfo de California con características templadas de 28.5°C , la cual es distribuida hacia el interior de la bahía por la influencia de la circulación que incluye los vórtices ciclónicos y anticiclónicos, la cual fue constantemente aumentando de temperatura conforme se acerca hacia canal de San Lorenzo, alcanzando los 29.5°C .

La imagen de la clorofila-*a* (Fig. 12 b), mostró valores de 0.1 a 0.5 mg m^{-3} en el interior de la bahía, abarcando los sitios de muestreo biológico y los obtenidos con CTD. Sin embargo, para el centro del vórtice ciclónico se observó baja concentración clorofila-*a* que osciló entre 0.2 y 0.3 mg m^{-3} ; mientras que la periferia de este registró concentraciones cercanas y superiores a los 0.5 mg m^{-3} y valores mayores a 1 mg m^{-3} para la región costera de la bahía.

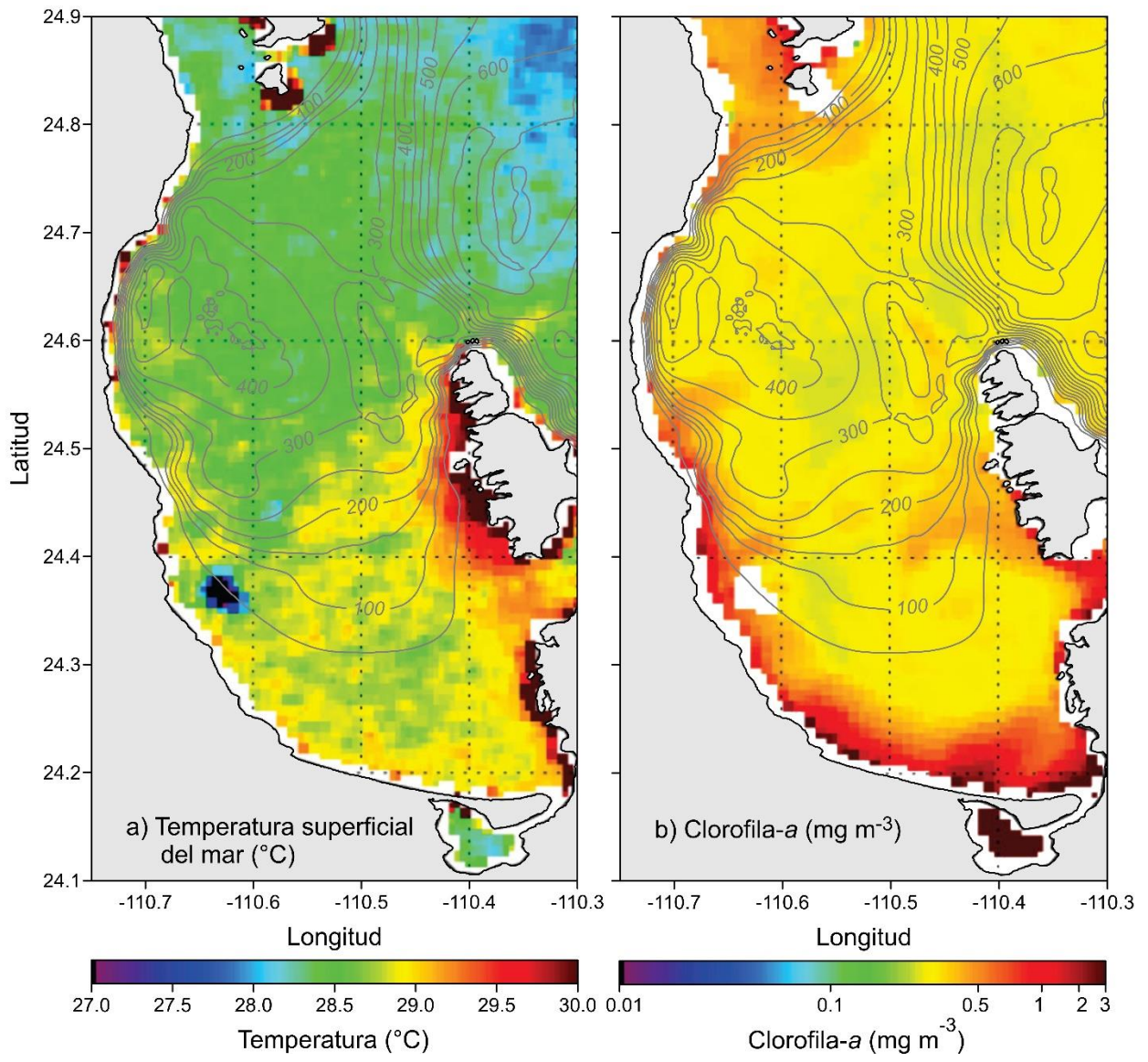


Figura 12. Imágenes satelitales del 17 de noviembre de 2016: a) temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) y b) clorofila-a (mg m^{-3}).

3.5 MASAS DE AGUA (DIAGRAMA T-S)

La identificación de las masas de agua (Fig. 13) durante la época de muestreo se realizó mediante un diagrama de temperatura-salinidad (T-S) con base en la clasificación propuesta por Lavín et al. (2009). Se observaron dos masas de agua dentro de la Bahía de La Paz: Agua del Golfo de California (AGC; salinidad $>34.9 \text{ g kg}^{-1}$ y temperatura $\geq 12 \text{ }^\circ\text{C}$) y Agua Subtropical Subsuperficial (AStSs; $34.5 < S < 34.9 \text{ g kg}^{-1}$ y $9 \leq \theta \leq 18 \text{ }^\circ\text{C}$). Mientras que el Agua Intermedia del Pacífico (AIP; $34.5 < S < 34.8 \text{ g kg}^{-1}$ y $4 < \theta < 9 \text{ }^\circ\text{C}$), se localizó en Boca Grande después del umbral.

El diagrama T-S destacó la gran influencia del AGC en la capa superficial. Por debajo de los $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y 35.1 g kg^{-1} de salinidad, se localizó la termoclina y haloclina. En el diagrama T-S también se mostró la línea entre AGC y AStSs a una temperatura de $14 \text{ }^\circ\text{C}$ y salinidad de 34.9 g kg^{-1} , a profundidad de entre 200 y 300 m. Esta inclinación de pendiente suave hacia la izquierda, indica la presencia de AStSs, donde las mediciones se desplegaron en una distribución desde los 300 m hasta 600 m de profundidad, esta última en la región de Boca Grande en la conexión con el Golfo de California, salinidad $\geq 35.9 \text{ g kg}^{-1}$, y temperatura en continua disminución desde 14 hasta $8 \text{ }^\circ\text{C}$.

El Agua Intermedia del Pacífico (AIP) , se observó en las estaciones hidrográficas situadas próximas a Boca Grande después del umbral.

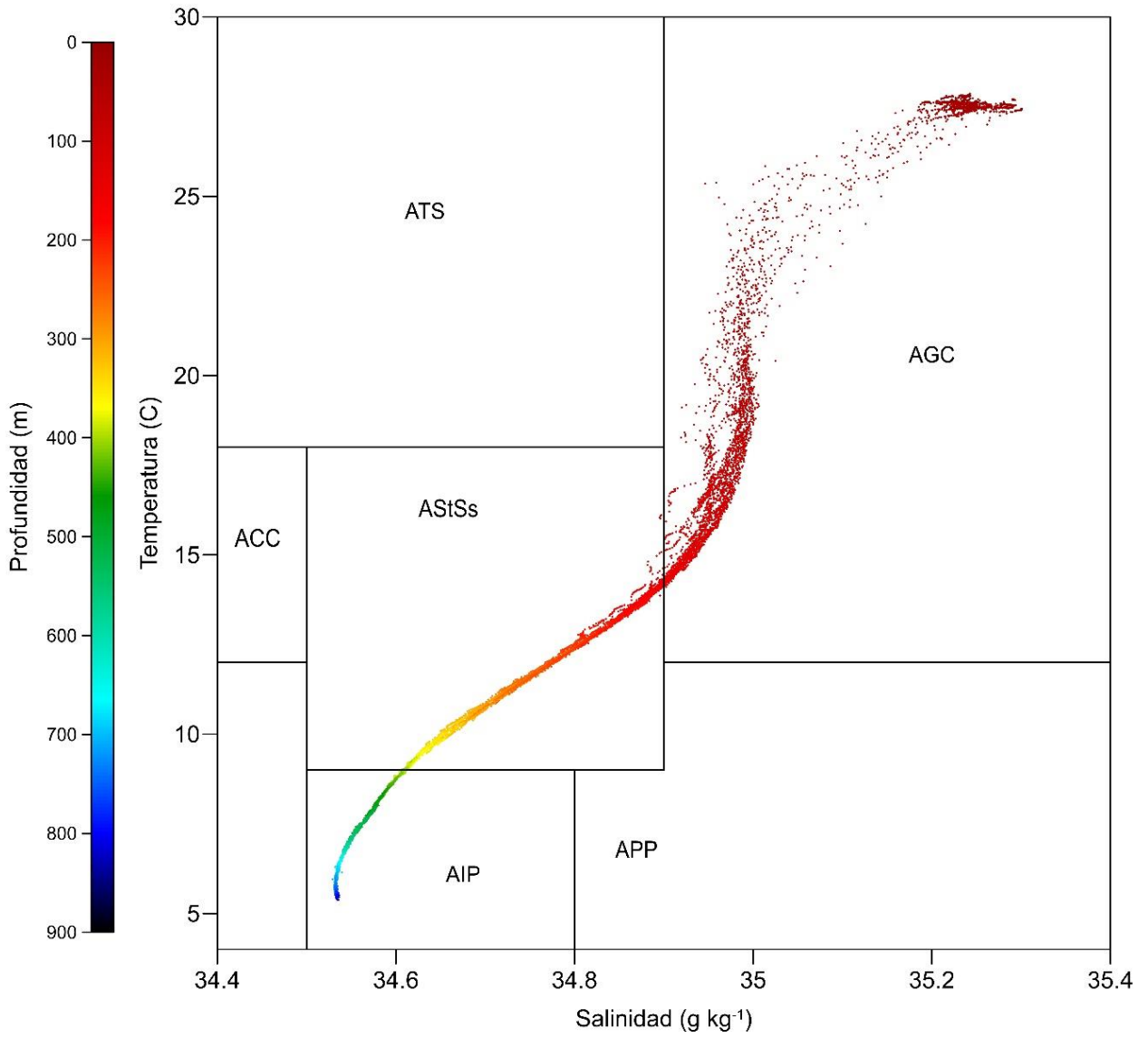


Figura 13. Masas de agua en la Bahía de la Paz y en la región del Golfo de California próxima a Boca Grande .

3.6 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) las condiciones climáticas entre los días del 15 al 22 noviembre de 2016 predominaron condiciones de cielo despejado con intervalos nubosos en algunas regiones. La temperatura del aire máxima registrada fue de 30 °C, con temperatura media de 23.4 °C y mínima de 16.8 °C. Durante el día el viento se presentó del O con un promedio de 10 a 20 km h⁻¹ y del NO por la noche con un promedio de 10 a 15 km h⁻¹. La precipitación fue mínima con 1.3 mm para los 7 días de muestreo.

El Centro Nacional de Previsión del Tiempo reportó la tormenta tropical “Tina” (Fig. 14) el 13 y 14 de noviembre en el Océano Pacífico, la cual se localizó a 300 km al oeste-suroeste de Manzanillo, Colima, y a 385 km al oeste de Punta San Telmo, Michoacán, con desplazamiento hacia el norte a 6 kmh⁻¹. Su circulación reforzó el potencial de lluvias en los estados de Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán. El 14 de noviembre se degradó a baja presión remanente a 445 km al sur de Cabo San Lucas, BCS., con vientos máximos entre 45 y 65 kmh⁻¹.



Figura 14. Trayectoria de la tormenta tropical “Tina”. Tomada de CONAGUA, 2016.

Del 21 al 26 de noviembre se presentó el huracán categoría. 2 “Otto” en el Océano Atlántico el cual cruzó al Océano Pacífico, y se degradó a remanente de baja presión (Fig. 15).



Figura 15. Trayectoria huracán 'Otto'. Tomada de CONAGUA

De acuerdo con el Centro Nacional de Información Ambiental de Estados Unidos (NCEI, por sus siglas en inglés) el mes de noviembre de 2016 se registró como el quinto mes de noviembre más cálido a nivel global desde que se tienen lecturas (1880-2016) (CONAGUA, 2016) con una anomalía positiva de temperatura combinada de continentes y océanos de +0.73°C.

De acuerdo con Centro de Predicciones Climáticas (NCEP/NWS/CPC) y el Instituto Internacional de Investigación para el Clima y la Sociedad (IRI), en el mes de noviembre El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) continuó en condiciones de La Niña débil. Se observaron anomalías negativas de SST en la mayor parte de las regiones este y centro del Océano Pacífico ecuatorial (Albañil- Encarnación *et al.*, 2016).

En el mes de noviembre, la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés) se registró en fase positiva con un valor de 0.9, con anomalías positivas de SST a lo largo de la costa oeste de Norteamérica y un enfriamiento al interior del Pacífico Norte (Fig. 16) (Reporte del Clima en México, noviembre 2016).

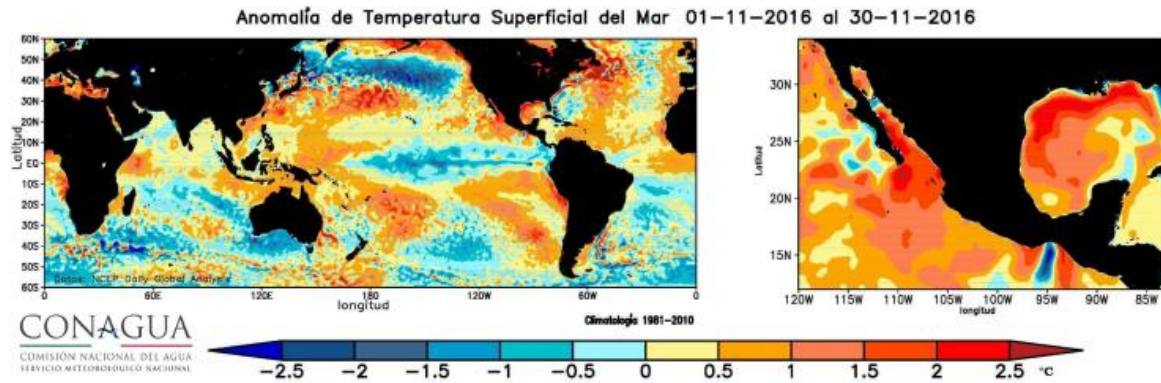


Figura 16. Mapa global de las anomalías de temperatura superficial del mar (°C) en noviembre de 2016. A) mapa global. B) costas de la República Mexicana. Tomada de: Reporte del Clima en México, noviembre 2016, CONAGUA

La Niña se mostró de corta duración y se observó una transición a condiciones de ENOS Neutral durante el trimestre enero-febrero-marzo de 2017.

3.7 BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA

Los valores de biomasa obtenidos durante la campaña PALEOMAR II en noviembre de 2016 variaron entre las diferentes profundidades y entre las doce estaciones analizadas. El valor mínimo, con 0.26 y 0.34 g 100 m⁻³, se obtuvo en las estaciones 31 y 35 a una profundidad de 50 y 100 m, respectivamente; mientras que el valor máximo se registró en la estación 32 a una profundidad de 10 m, con 58.73 g 100 m⁻³.

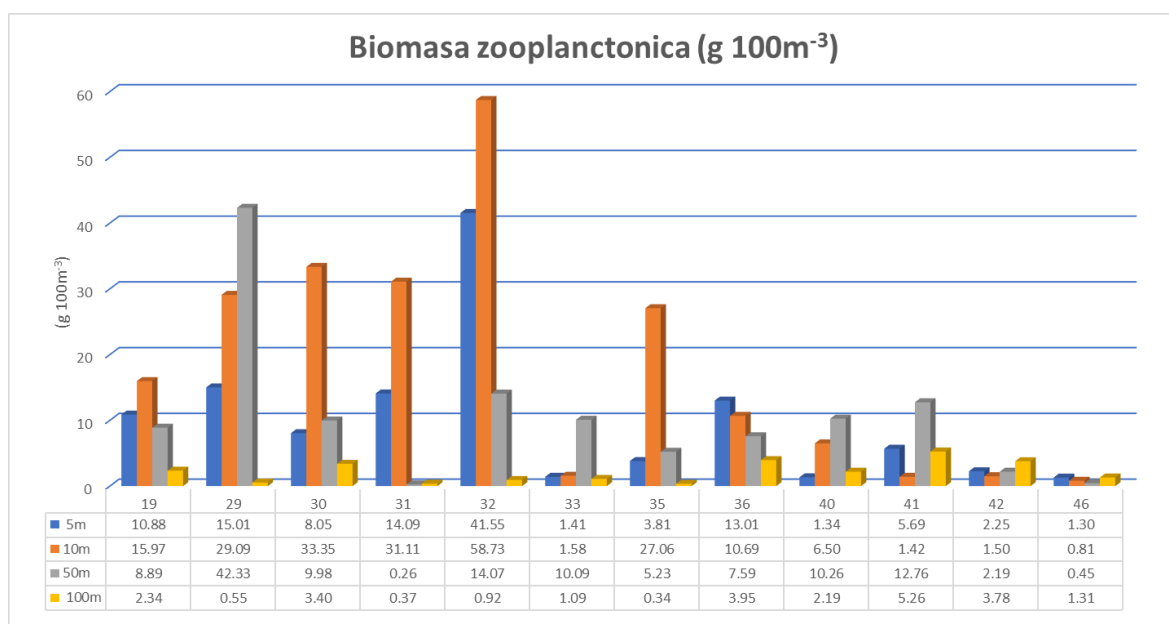


Figura 17. Biomasa zooplanctónica (g 100 m⁻³) por estación de muestreo y profundidades.

La variación obtenida (Fig. 18) en cada estación y en cada profundidad muestreada, indicó la presencia de diferentes patrones físicos en términos de distribución espacial del zooplancton. La biomasa obtenida en las muestras de 100 m de profundidad fue muy reducida, seguida por las muestras obtenidas a 50 m; mientras que a los 10 m en más de la mitad de las muestras se observaron, valores mayores a 10 g 100 m⁻³, y para la profundidad de 5 m, se obtuvieron valores entre 1.30 y 41.55 g 100 m⁻³ para las estaciones.

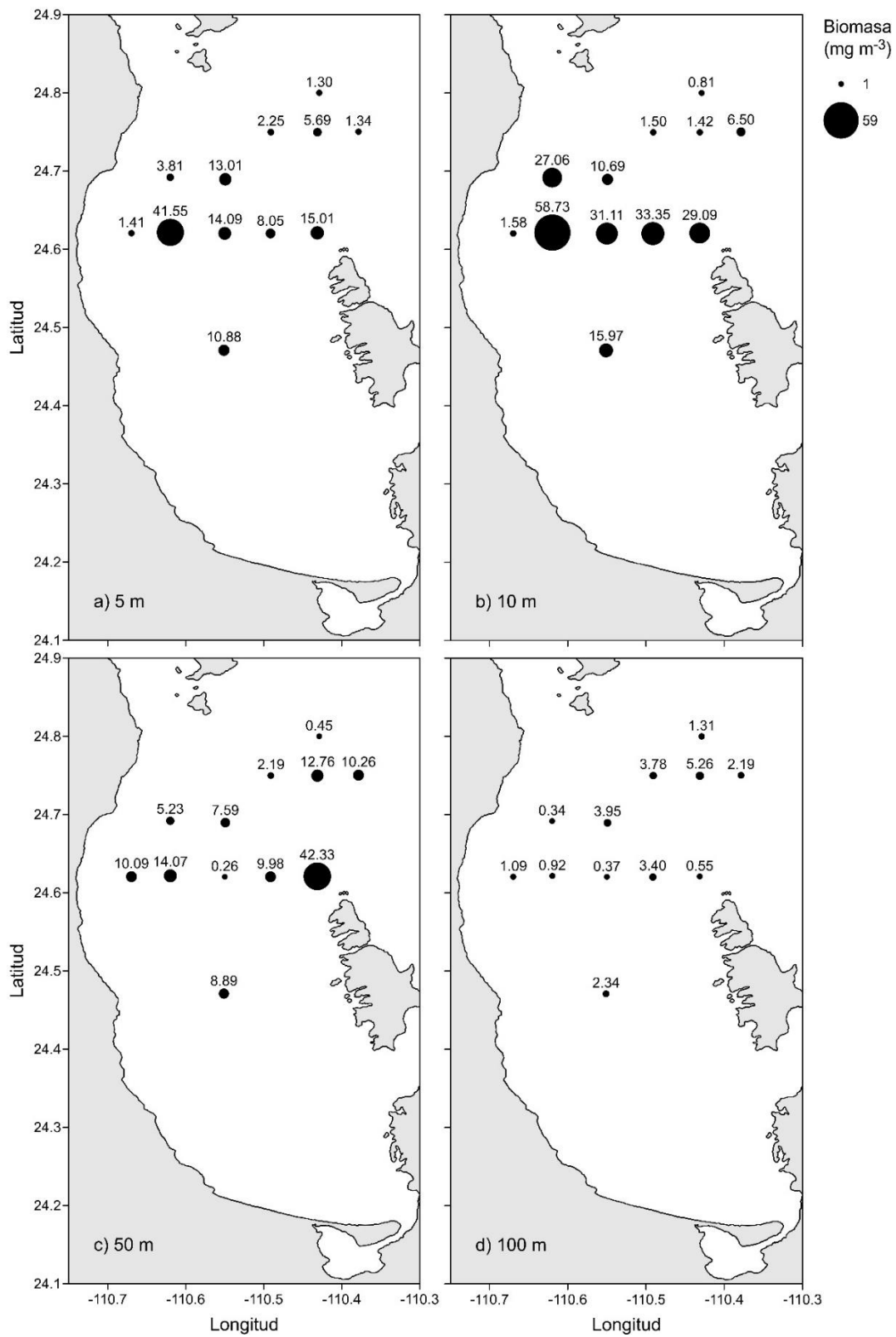


Figura 18. Biomasa zooplantónica ($\text{g } 100 \text{ m}^{-3}$) por profundidades de muestreo: a) 5 m, b) 10 m, c) 50 m y d) 100 m.

La biomasa de zooplancton a 5 m de profundidad (Fig. 18 a) presentó su máximo valor en la estación 32 con $41.55 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ a una temperatura de $27.62 \text{ }^{\circ}\text{C}$, característica que compartió con las estaciones 31, 33, 35, 36, 41, y 46 con valores de biomasa que oscilaron entre 1.30 a $14.09 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$. Con una temperatura entre 27.66 y $27.68 \text{ }^{\circ}\text{C}$, se ubicó solo en la estación 42 con $2.25 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ y para la temperatura $\geq 27.76 \text{ }^{\circ}\text{C}$ con una biomasa de 8.05 y $45.01 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ estuvieron las estaciones 30 y 29.

A 10 m de profundidad (Fig. 18 b), se registró la estación 46 con $0.81 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$, con valor más bajo de biomasa, a una temperatura de $27.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, característica similar en las estaciones 19 y 40. El valor de biomasa más alto se observó en la estación 32 con $58.73 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$, localizado a una temperatura de $27.62 \text{ }^{\circ}\text{C}$, junto con las estaciones 33, 35, y 41, sitios donde la biomasa osciló de 1.42 a $27.06 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$. A una temperatura de $27.64 \text{ }^{\circ}\text{C}$ se registraron las estaciones 42 con 1.50 , 36 con 10.69 y 31 con $31.11 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$. Superior a $27.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ se localizó a las estaciones 29 y 30 con un valor de 29.09 y $33.35 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$, respectivamente.

A los 50 m de profundidad (Fig. 18 c), se registró en la estación 29 con el valor más alto de biomasa a una temperatura de 25°C , mientras que el valor más bajo se observó en la estación 31 con $0.26 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ y por debajo de $21.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Mientras que estaciones como la 32, 33, 35, 40, 42 y 46 registraron una biomasa de entre 0.45 y $14.07 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$. Para las estaciones 30 y 36 situadas en zonas por debajo de los 21.5°C . La estación 19, se caracterizó por presentar una biomasa de $8.89 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ ante una temperatura superior a $26.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

A los 100 m de profundidad (Fig. 18 d), los valores de biomasa en todas las estaciones fueron inferiores a los $5.26 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$. En las estaciones 30, 31, 33, 41, 42 y 46, se presentó, una temperatura entre 16.90 y $16.65 \text{ }^{\circ}\text{C}$, con el valor más alto registrado, en esta profundidad. Para la temperatura de $16.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ se registraron las estaciones 19, 29, 32 y 40 con valores desde 0.55 hasta $2.34 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$. Mientras que para una temperatura de $16.65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ se registró una biomasa de 0.34 y $3.95 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ en las estaciones 35 y 36, respectivamente.

En general se puede decir que la mayor concentración de biomasa, expresada en $\text{g } 100 \text{ m}^{-3}$ se observó a una profundidad de 10 m a una temperatura inferior a los $27.64 \text{ }^\circ\text{C}$, mientras que a 100 m la biomasa no superó los $5 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ a temperaturas $\leq 17.5 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.8 DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA EN FUNCIÓN DE LA HORA DE MUESTREO

Con base en la biomasa zooplanctónica obtenida se analizó su relación en función de la hora de muestreo 06:00-18:00 h (día) y 18:00-06:00 h (noche) de las 12 estaciones en donde se obtuvieron muestras biológicas, sin distinción de profundidad; siendo seis estaciones muestreadas durante el día (19, 31, 32, 33, 35 y 46) y seis durante la noche (29, 30, 36, 40, 41 y 42).

Para la profundidad de 5 m (Fig. 19), se observó una marcada diferencia entre las estaciones muestreadas durante el día y la noche. A esta profundidad la estación 32 fue la de mayor biomasa con $41.54 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$, obtenida a las 14:03 h, lo que sugiere que los organismos más abundantes registrados como lo son Arthropoda, Chaetognata y Chordata (Tabla.1) realizaron una migración inversa.

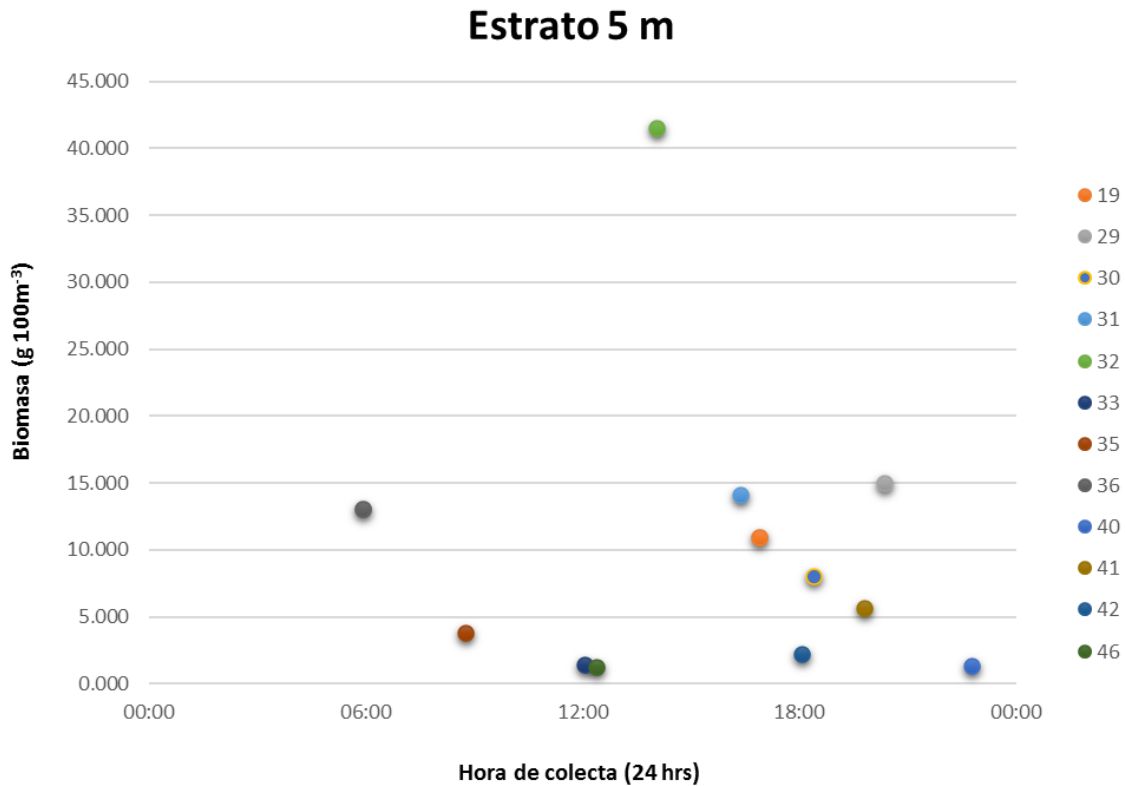


Figura 19. Biomasa zooplanctónica (g 100 m⁻³) muestreada a 5 m de profundidad en función de la hora.

A la profundidad de 10 m (Fig. 20) se presentaron las estaciones con mayor biomasa zooplanctónica de la campaña, sobresaliendo en un horario diurno con condiciones geostroficadas hacia el sur (Fig. 10), la estación 32 con 58.73 g 100 m⁻³, en un horario de 14:00 h, seguida por la estación 31 y 36, obtenidas a las 16:00 y 08:00 h, respectivamente, las cuales mantuvieron una relación, como la reportada por Biggs (1992), quien menciona que la biomasa aumenta conforme disminuye la intensidad en el vórtice.

Las estaciones muestreadas durante la noche con una biomasa de 29.08 y 33.35g 100 m⁻³ fueron las estaciones 29 y 30, respectivamente, las cuales indican que a esa profundidad se encontraban organismos que realizan migración nocturna.

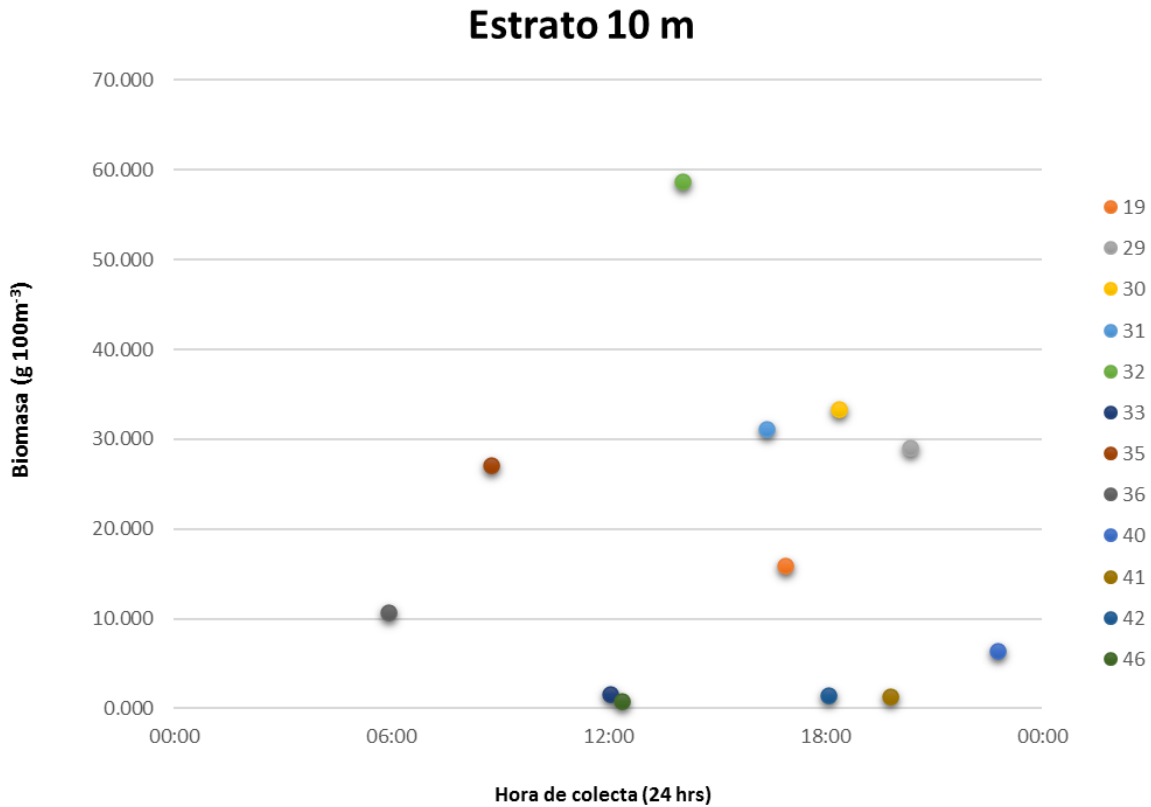


Figura 20. Biomasa zooplanctónica (g 100 m⁻³) muestreada a 10 m de profundidad en función de la hora.

En el estrato de 50 m de profundidad (Fig. 21) se registró el segundo valor más alto en la campaña con 42.32 g 100 m⁻³ para la estación 29, la cual fue obtenida durante la noche localizada entre corrientes hacia el norte y hacia el sur. Mientras que seis estaciones oscilaron entre los 10 y 15 g 100 m⁻³, siendo tres de ellas muestreadas durante el día (33, 32 y 19) y las tres restantes después de las 18:00 h (30, 41 y 40). Ubicando a las estaciones 32 y 33 con una velocidad geostrofica hacia el sur y en el límite de corrientes positivas y negativas; mientras que las muestras nocturnas se encontraron bajo condiciones de corriente positivas; lo que sugiere que, bajo condiciones de hora, profundidad y velocidad de la corriente, determinan si los organismos realizan una migración nocturna o diurna.

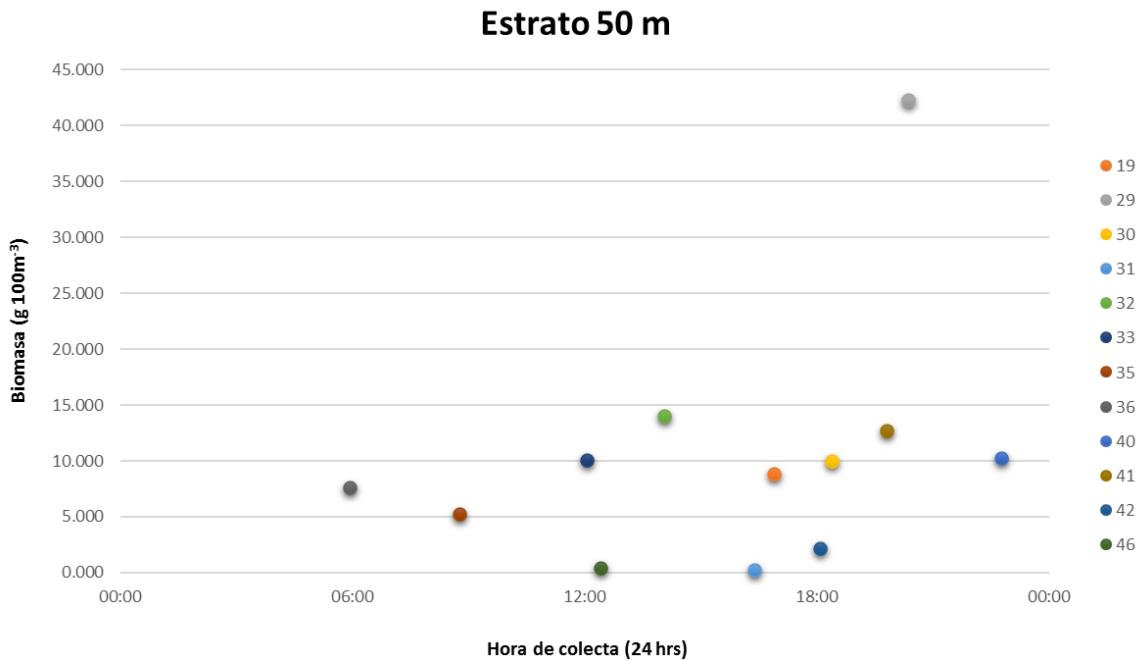


Figura 21. Biomasa zooplanctónica (g 100 m⁻³) muestreada a 50 m de profundidad en función de la hora.

Finalmente, en el nivel muestreado a 100 m de profundidad (Fig. 22) se observó una marcada diferencia entre los valores de las estaciones diurnas en comparación con las estaciones muestreadas durante la noche (18:00 a 06:00 h), con los valores más altos de biomasa que osciló entre los 2 y 5 g 100 m⁻³. Mientras que las estaciones muestreadas durante el día presentaron su pico más alto a las 12:24 h en la estación 46 con 1.30 g 100 m⁻³ y posteriormente una clara disminución.

Con características de velocidad geostrofica hacia el norte y altos valores de biomasa para este nivel se ubicaron las estaciones 30, 40, 41 y 42; y las estaciones 36 y 19 en el límite de los valores positivos y negativos. Mientras que las estaciones 31 y 35 con los valores más bajos registrados para todos los niveles y estaciones se localizaron en una zona de velocidad positiva.

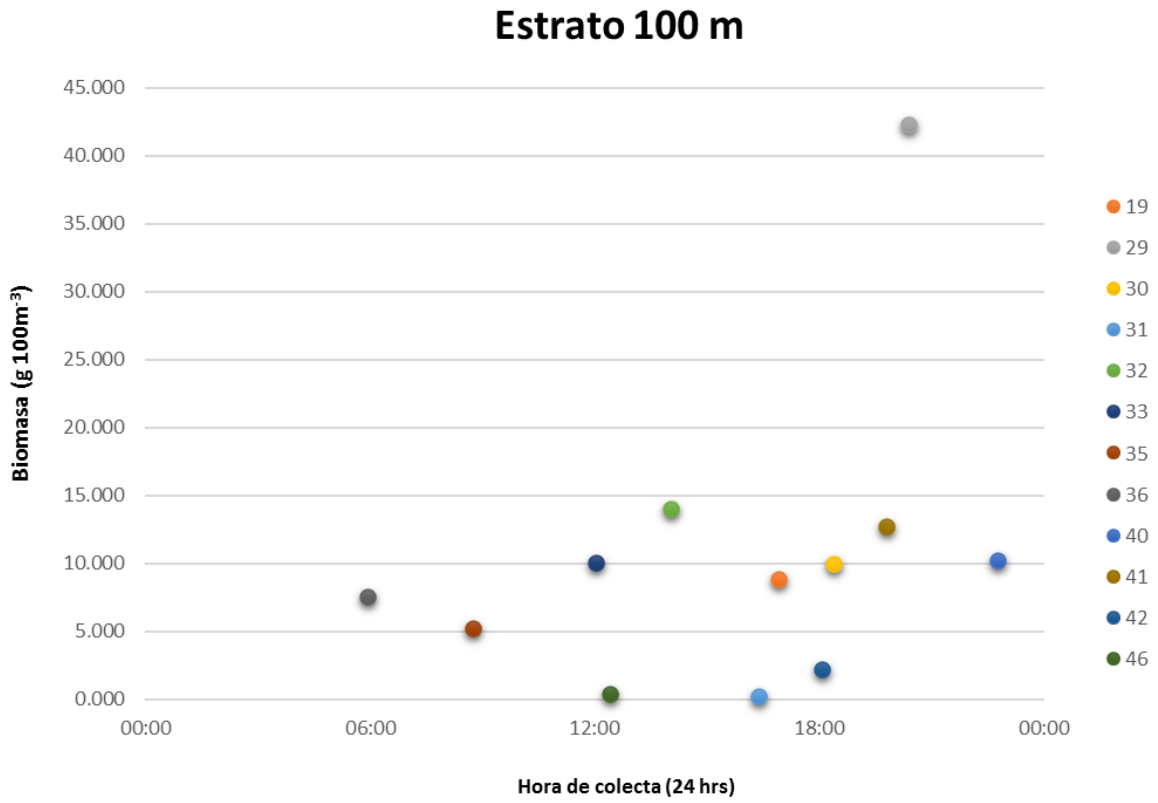


Figura 22. Biomasa zooplanctónica (g 100 m⁻³) muestreada a 100 m de profundidad en función de la hora.

3.9 ABUNDANCIA ZOOPLANCTÓNICA

La abundancia zooplanctónica se estimó en términos de densidad (Ind 100 m⁻³) (Fig. 23), como se observa en el gráfico, los valores entre estaciones y entre diferentes profundidades variaron considerablemente. La estación 31 a una profundidad de 100 m, fue la zona con menor valor de apenas 2 Ind 100 m⁻³, mientras que la estación 32, a 5 m de profundidad, registró 984 Ind 100 m⁻³, que representó el valor máximo de las doce estaciones y cuatro profundidades estudiadas.

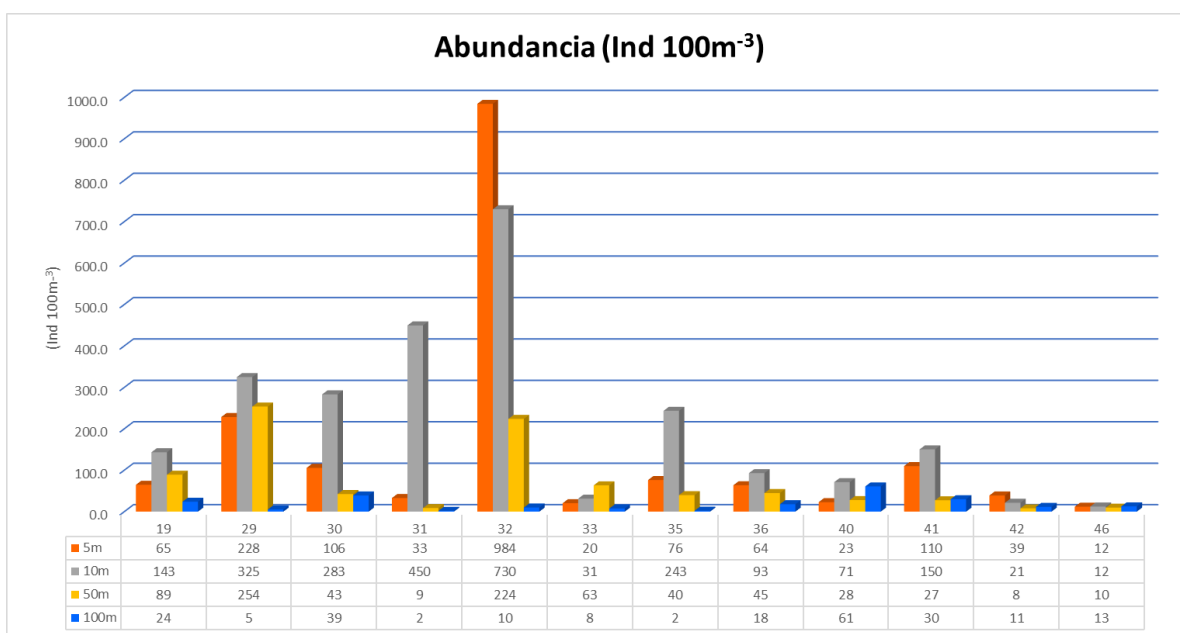


Figura 23. Abundancia zooplanctónica (Ind 100 m⁻³) por estación de muestreo a diferentes profundidades.

A la profundidad de 5 m (Fig. 24 a), se registraron dos de los valores más altos en el muestreo, en la estación 32 con 984 Ind 100 m⁻³. En las estaciones 29, 41, 30, 35 y 36 los valores se presentaron entre 228 y 65 Ind 100 m⁻³, las cinco estaciones restantes (31, 33, 40, 42 y 46) presentaron valores inferiores a los 40 Ind 100 m⁻³.

La profundidad de 10 m (Fig. 24 b), se caracterizó por presentar siete estaciones con los valores más altos de densidad de organismos, donde la estación 32 con 730 Ind 100 m⁻³ fue la que destacó para esta profundidad, seguida por las estaciones 31, 29, 30, 35, 41 y 19 con

valores que oscilaron entre 450 y 150 Ind 100 m⁻³. Mientras que las cuatro estaciones restantes (36, 40, 33, 42 y 46) tuvieron valores de entre 90 a 12 Ind 100 m⁻³.

La abundancia a 50 m de profundidad (Fig. 24 c) se distinguió por presentar solo dos estaciones con valor ≥ 50 Ind 100 m⁻³, seguida por un grupo de siete estaciones (19, 33, 36, 30, 35, 41 y 40) con valores similares que no superaron una abundancia de 90 Ind 100 m⁻³; las estaciones 31, 42 y 46 fueron las que presentaron un valor inferior a 10 Ind 100 m⁻³.

Para la profundidad de 100 m, el valor más alto se registró en la estación 40 ubicada en Boca Grande, seguida por las estaciones 30, 41 y 19, cuya densidad osciló entre 40 y 61 Ind 100 m⁻³; seguidos por las estaciones 36, 46, 42 y 32 con valores que no superan los 20 Ind 100 m⁻³. Las cuatro estaciones restantes (29, 31, 33 y 35) presentaron un valor por debajo de 8 Ind 100 m⁻³ (Fig. 24 d).

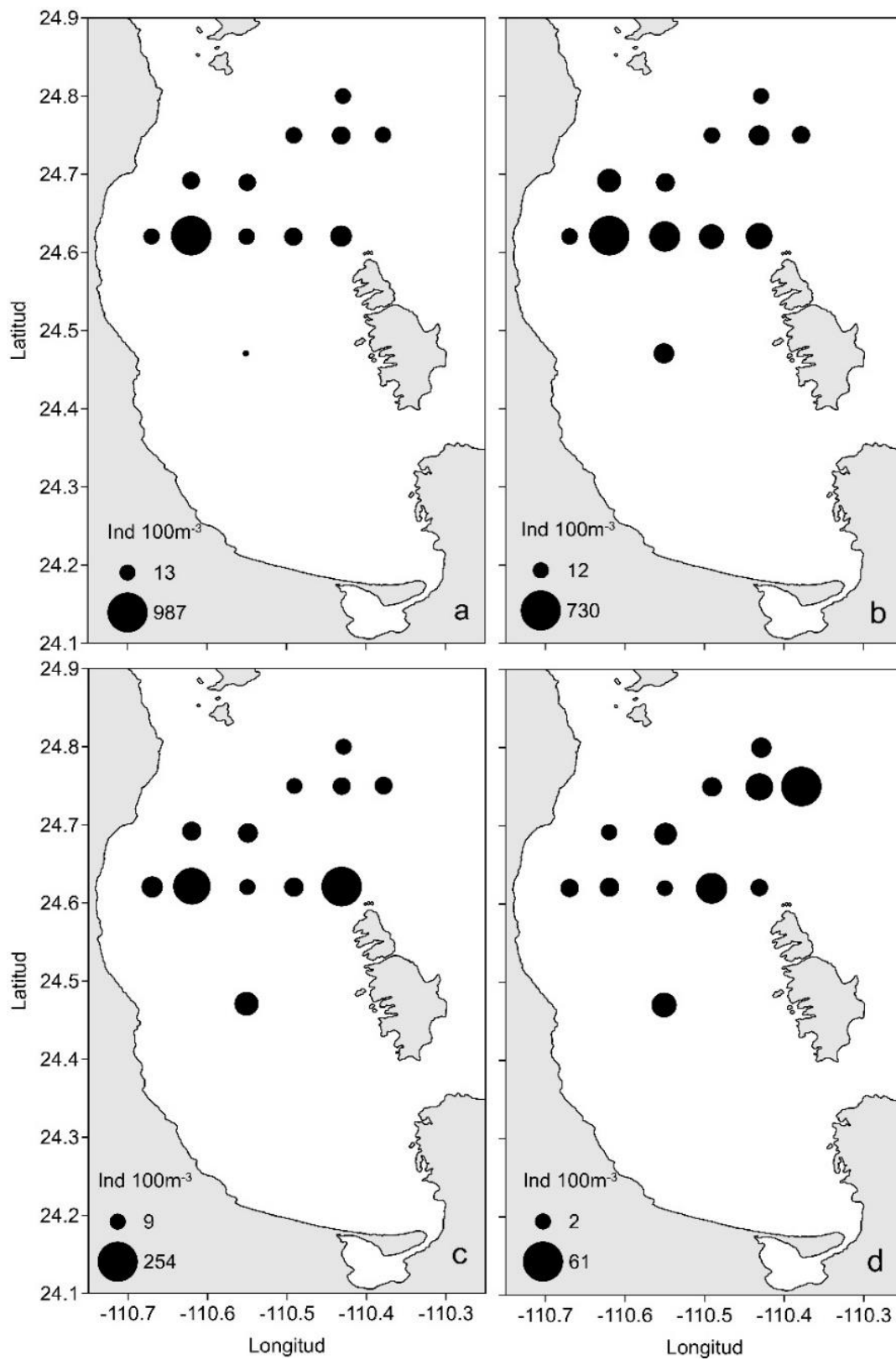


Figura 24. Abundancia zooplanctónica (Ind 100 m⁻³) por profundidades de muestreo: a) 5 m, b) 10 m, c) 50 m y d) 100 m.

3.10 COMPOSICIÓN TAXONÓMICA

El análisis taxonómico en las 12 estaciones de muestreo (19, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 40, 41, 42, 46) localizadas entre los 24.4 y 24.6 °N se clasificaron taxonómicamente un total de 198, 799 organismos en 12 filos, 7 subfilos, 22 clases, 16 subclases, 35 órdenes, 20 subórdenes, 18 superfamilia, 65 familias, 11 subfamilias y 68 géneros (Fig. 25).

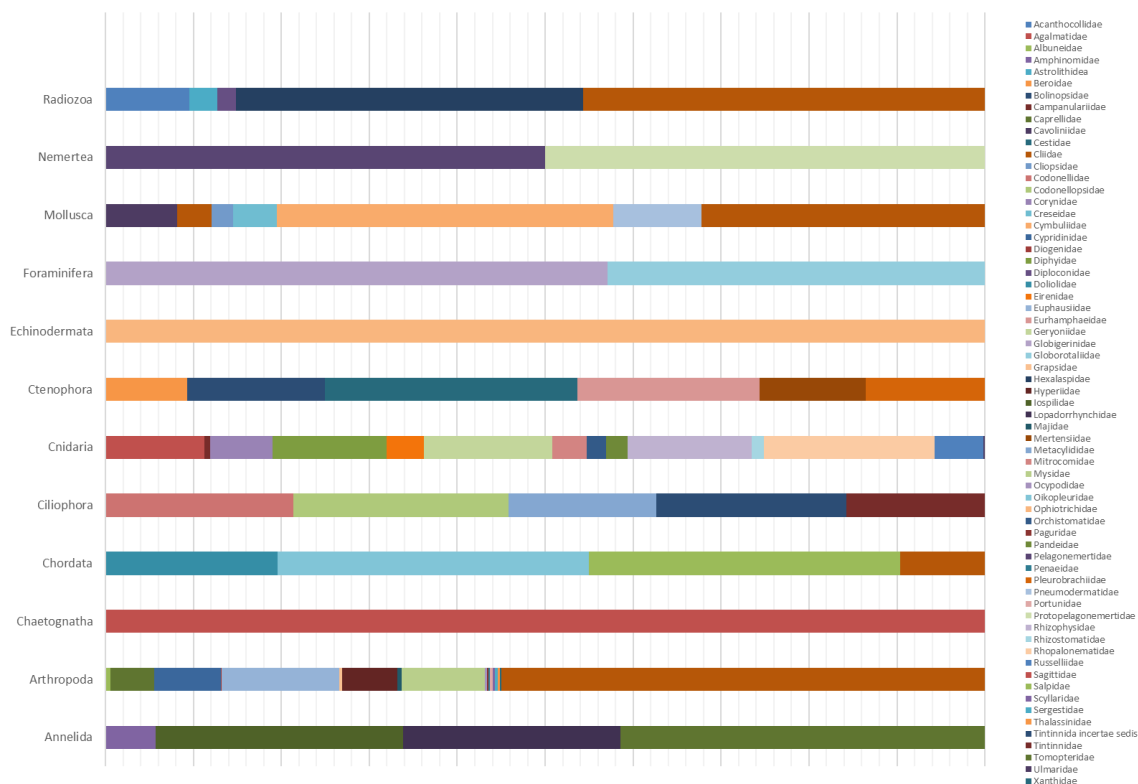


Figura 25. Composición taxonómica de familias que se identificaron en cada phylum.

El phylum Arthropoda estuvo integrada por 18 familias, fue el phylum más diverso de los descritos, seguido por el phylum Cnidaria con 14 familias, mientras que los phylum como Foaraminifera, Nemertea solo se identificaron dos familias y para el phylum Equinodermata y Chaetognatha fueron dominadas en su mayoría por una familia.

La distribución de los 12 phylum a las cuatro profundidades muestreadas (5, 10, 50 y 100 m) se caracterizó por presentar el mayor número de organismos en el phylum Arthropoda, y Chaetognatha con 133,311 y 44,303 respectivamente (Tabla 1), mientras que en el límite inferior se encontraron a los phyla Echinodermata y Nemertea por debajo de los 30 organismos identificados a lo largo de las 4 profundidades y las 12 estaciones muestreadas.

| Profundidad | Phylum | | | | | | | | | | | | Total |
|--------------|----------|------------|--------------|----------|------------|----------|------------|---------------|--------------|----------|----------|----------|---------|
| | Annelida | Arthropoda | Chaetognatha | Chordata | Ciliophora | Cnidaria | Ctenophora | Echinodermata | Foraminifera | Mollusca | Nemertea | Radiozoa | |
| 5 | 23 | 40563 | 10566 | 2719 | 154 | 743 | 217 | 4 | 593 | 525 | 10 | 478 | 56,595 |
| 10 | 78 | 44051 | 19089 | 3327 | 142 | 684 | 151 | 6 | 1074 | 866 | 10 | 1072 | 70,550 |
| 50 | 186 | 29729 | 12152 | 1302 | 42 | 402 | 33 | 5 | 1705 | 1123 | 1 | 1584 | 48,264 |
| 100 | 203 | 18968 | 2500 | 303 | 37 | 158 | 20 | 4 | 516 | 372 | 5 | 304 | 23,390 |
| Total | 490 | 133,311 | 44,307 | 7,651 | 375 | 1,987 | 421 | 19 | 3,888 | 2,886 | 26 | 3,438 | 198,799 |

Tabla 1. Organismos totales por phyla y profundidad

La profundidad con mayor número de organismos identificados fue a 10 m con 70,550 y dominados mayormente por 7 de los phyla identificados (Artrópoda, Chaetognatha, Chordata, Cniaria, Mollusca y Radiozoa), mientras que a 100 m solo se contabilizaron un total de 23,390 organismos, representando el 11.76 % de todos los organismos clasificados, siendo mayoritariamente del phylum Arthropoda. Para las profundidades de 5 y 50 m, se identificaron 56,595 y 48,264 respectivamente, con nueve de los doce phyla identificados (Fig. 26).

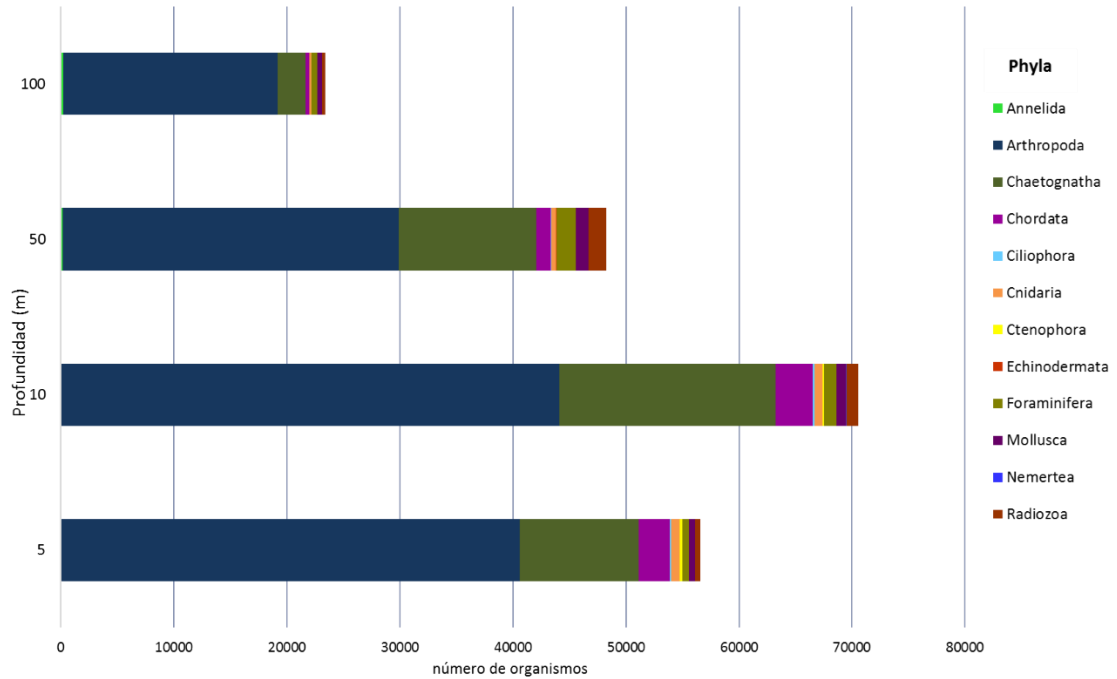


Figura 26. Composición taxonómica de phyla que se identificaron en cada profundidad.

El **phylum Annelida** (Fig. 27) con 490 organismos se clasificaron en:

- Clase Polychaeta,
- Subclase Errantia,
- Orden Amphinomida y Phyllodocidae,
- Cuatro familias como Amphinomidae, Lospilidae, Lopadorrhynchidae y Topomterida
- Cuatro géneros que en orden descendente se encuentran a Tomopteris, Phalacrophorus, Maupasia y Rostraria.

El Orden Phyllodocidae fue el más dominante para este phylum con 324 organismos clasificados.

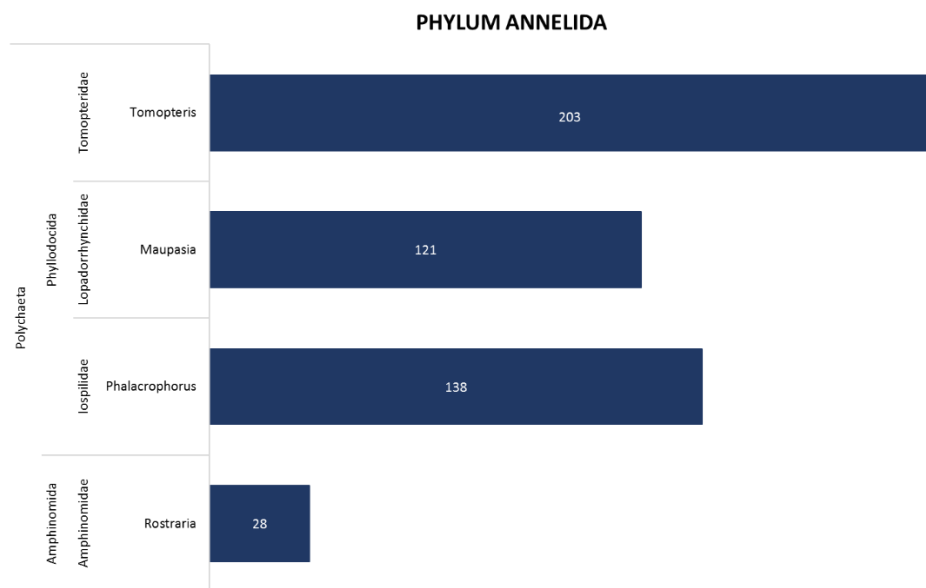


Figura 27. Composición taxonómica de familias y géneros del phylum Annelida.

El **phylum Arthropoda** caracterizado con 133,311 organismos totales se encuentran distribuidos en su mayoría en el Subphylum Crustacea (Fig. 28):

- Clase Malacostraca,
- Siete ordenes como lo son: Amphipoda, Decapoda, Euphausiacea, Mysida, Calanoida, Cyclopoida, Myodocopida. Se identificaron 17 familias tales como: Caprellidea, Hyperiididae, Albuneidae, Diogenidae, Grapsidae, Majidae, Ocypodidae, Paguridae, Penaeidae, Portunidae, Scyllaridae, Sergestidae, Thalassinidae, Xanthidae, Euphausiidae, Mysidae, Cypridinidae; nueve géneros: siendo los más cuantiosos Euphausia (17,804 organismos), Gigantocypris (10,101 organismos), Phtisica (6,631 organismos) y por debajo de los 5,000 organismos estuvieron Hyperoche (4,465 organismos), Themisto (3,936 organismos), , Anchialina (2,843 organismos), Metamysidopsis (3,273 organismos), Promysis (3,139 organismos), Pseudomma (3,348 organismos).
- La Clase Hexanauplia, con tan solo dos órdenes: Calanoida y Cyclopoida las que dominan el phylum con 77,771 organismos. Minoritariamente se clasificaron en el subphylum Hexapoda de la Clase Insecta a 9 organismos.

PHYLUM ARTHROPODA

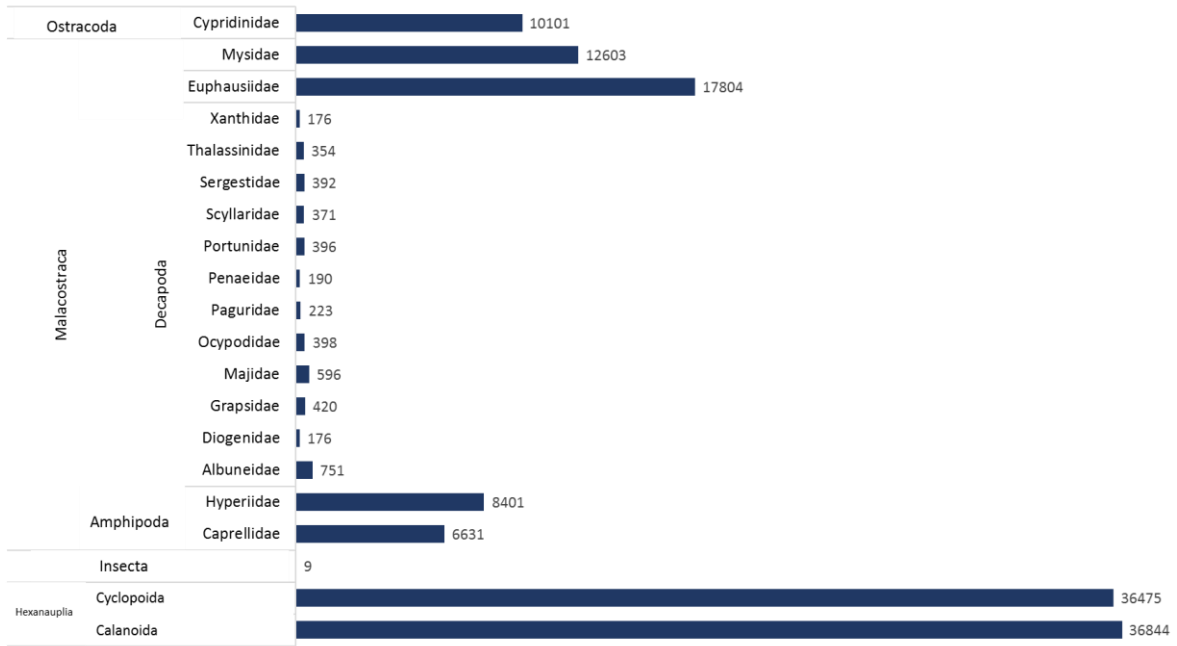


Figura 28. Composición taxonómica de familias y géneros del phylum Arthropoda.

El **phylum Chaetognatha** (Fig. 29), integrada por 44,307 organismos identificados en la clase Sagittoidea, Orden Apheragmophora, Familia Sagittidae y Género Sagitta.

PHYLUM CHAETOGNATHA



Figura 29. Composición taxonómica del phylum Chaetognatha.

Con 7,651 organismos el **phylum Chordata** (Fig. 30) se distribuyó en:

- Subphylum Tunicata
- Tres clases: Apendicularia Thaliacea y Actinopteri
- Tres órdenes: Copelata, Doliolida y Salpia;
- Tres familias: Oikopleuridae, Doliolidae, Salpidae;
- Cinco géneros: Oikopleura , Doliolina, Doliolum, Ihlea y Salpa.

Cabe mencionar que la clase Actinopteride, subclase Teleostei, solo se contabilizaron las larvas de peces de tamaños menores a 1 cm.

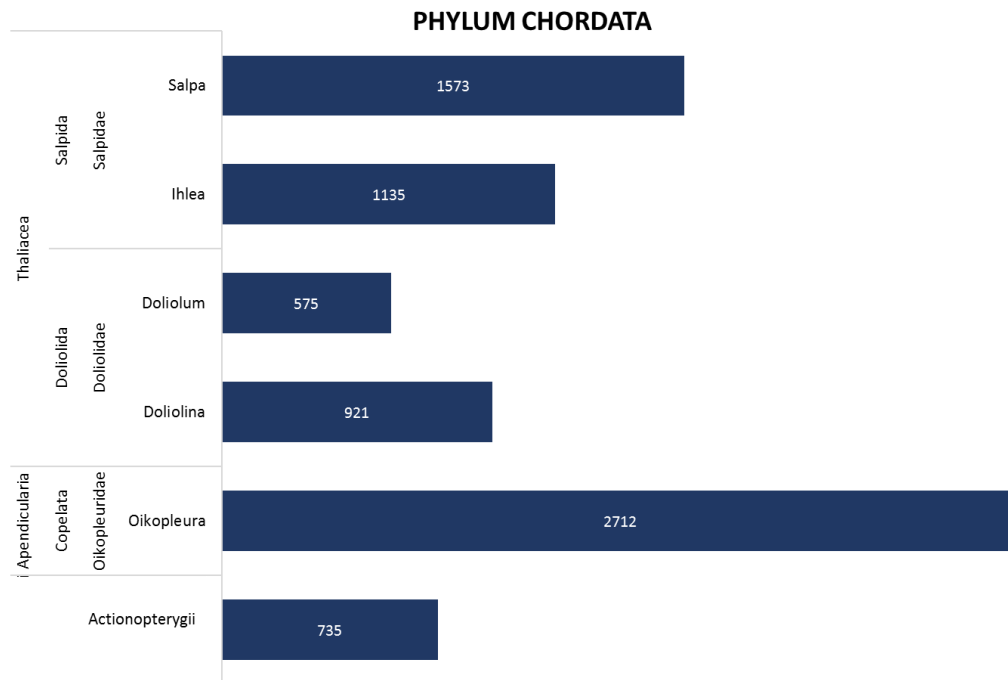


Figura 30. Composición taxonómica de familias géneros identificados en el phylum Chordata.

El **phylum Ciliophora** (Fig. 31) con 375 organismos se distribuyen en:

- Clase Oligotrichea
- Orden Choreotrichia
- Cinco familias: Codonellidae, Codonellopsidae, Metacylididae, Tintinnida incertae sedis y Tintinnidae

- Seis géneros, como: Codonella, Codonellopsis (47 organismos), Stenosemella (45 organismos), Metacylis, Stylicauda y Salpingelloides

Se observó cada uno de los seis géneros descritos, ninguno superó los 100 organismos. En el tercer grupo se encontraron menos organismos.

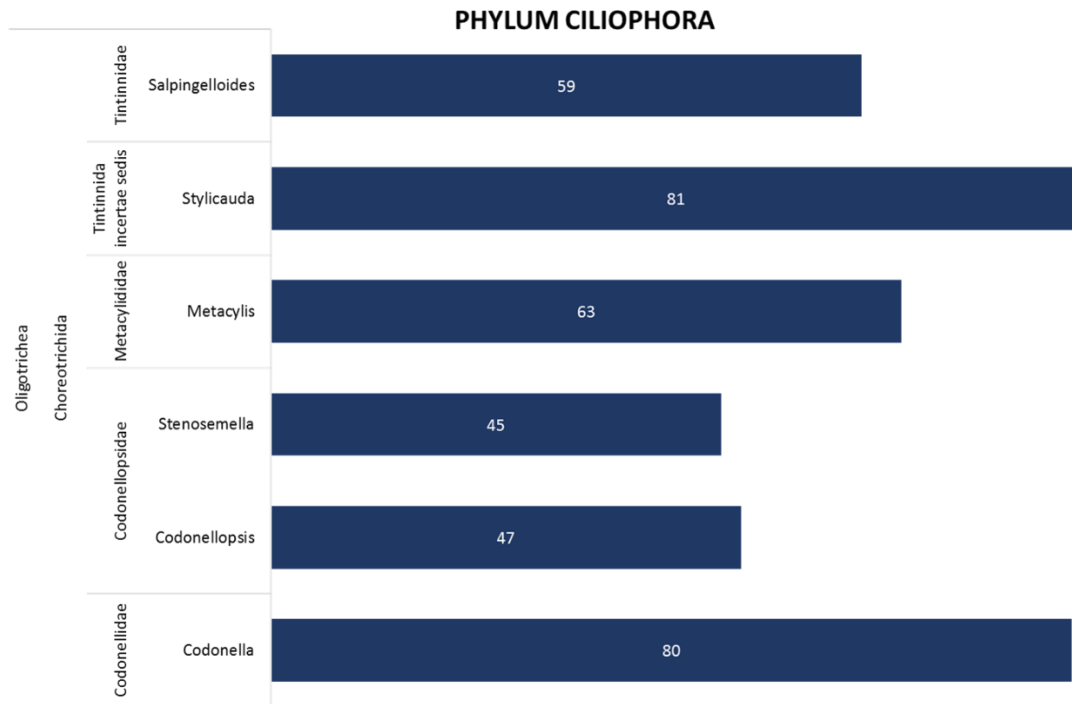


Figura 31. Composición taxonómica de familias y géneros en el phylum Ciliophora.

En el **phylum Cnidaria** (Fig. 32) se identificaron 1,987 que se distribuyeron en:

- Dos clases Hydrozoa y Scyphozoa
- Seis ordenes: Anthoathecata, Leptothecata, Siphonophorae, Trachymedusae, Rhizostomeae y Semaestomeae.
- Catorce familias: Corynidae, Pandeidae, Russelliidae, Campanulariidae, Eirenidae, Mitrocomidae, Orchistomatidae, Diphyidae, Rhizophysidae, Agalmatidae, Geryonidae, Rhopalonematidae, Rhizostomatidae, Ulmaridae.

- Diez géneros: Sarsia, Amphinema, Russellia, Clytia, Eutima, Mitrocomella, Orchistoma, Lensia, Rhizophysa y Melophysa.

El orden más abundante fue Siphonophorae con un total de 762 organismos distribuidos en tres géneros, seguida por Trachymedusae con 576 en dos familias y Leptothecata con 217 organismos y con 4 organismos al orden Semaestomeae con solo una familia.

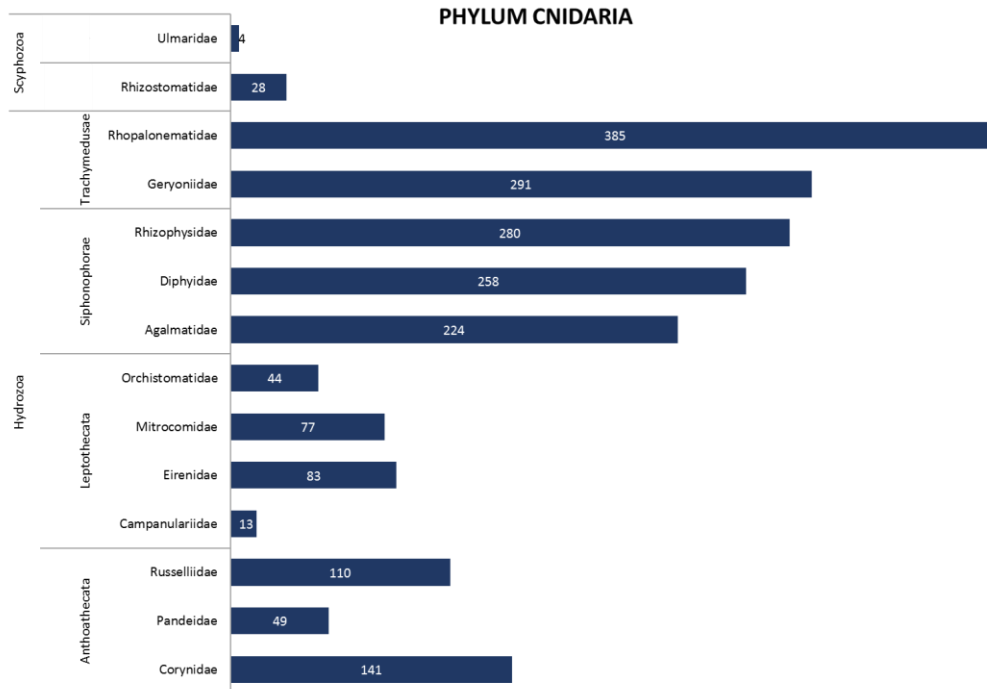


Figura 32. Composición taxonómica de familias y géneros identificadas en el phylum Cnidaria.

Con 421 organismos identificados para el **phylum Ctenophora** (Fig. 3), estos se distribuyeron en:

- Dos clases: Nuda y Tentaculata.
- Tres órdenes: Beroida, Cestida, Cydippida y Lobata.
- Nueve familias: Beroidae, Cestidae, Mertensiidae, Pleurobrachiidae, Bolinopsidae, Bolinopsis, Cestidae, Eurhamphaeidae, Mertensiidae y Pleurobrachiidae.
- Ocho géneros: Beroe, Hormiphora, Valamen, Eurhamphaea, Callianira y Hormiphora.

Analizadas a nivel de orden, la mejor representada es Lobata con 153 organismos, seguida por Cydippida con 108 organismos y con menor número el orden Beroida con 39 organismos.

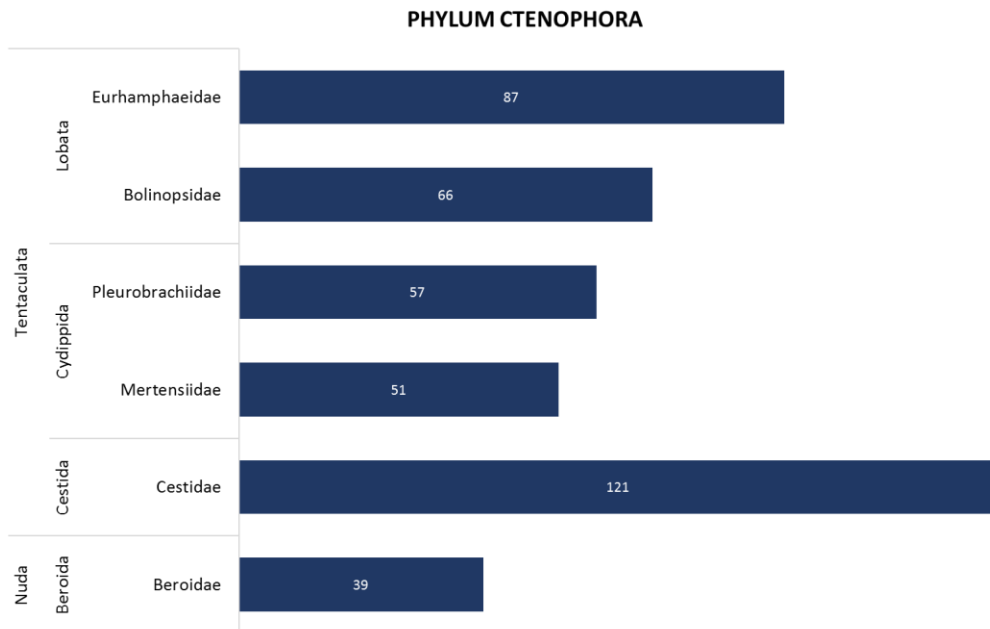


Figura 33. Composición taxonómica de familias géneros identificados en el phylum Ctenophora.

El **phylum Echinodermata** (Fig. 34) con 19 organismos identificados en el:

- Subphylum Asterozoa
- Clase Ophiuroidea
- Orden Amphilepidida
- Familia Ophiotrichidae
- Género Ophiothrix

Fueron los organismos menos abundantes y diversos de todas las estaciones muestreadas.

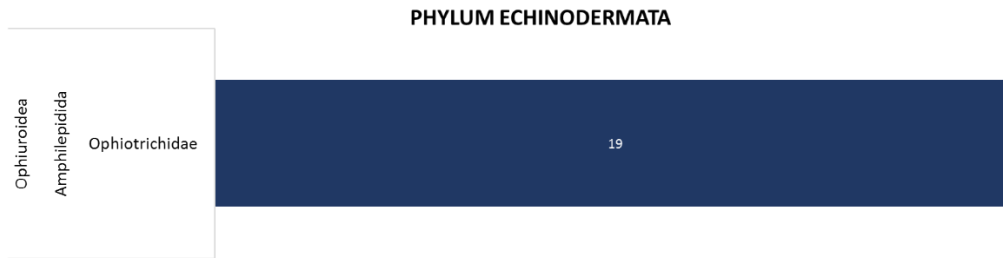


Figura 34. Composición taxonómica de la familia y género identificada en el phylum Echinodermata.

Con 3,888 organismos el **phylum Foraminifera** (Fig. 35) se distribuyeron en:

- Clase Globothalamea.
- Orden Rotaliida.
- Dos familias: Globigerinidae y Globorotaliidae.
- Dos géneros: Globigerina y Globorotalia.

El género Globigerina fue el más abundante con 2,220 organismos y con un menor número el género Globorotalia con 1,668 organismos.

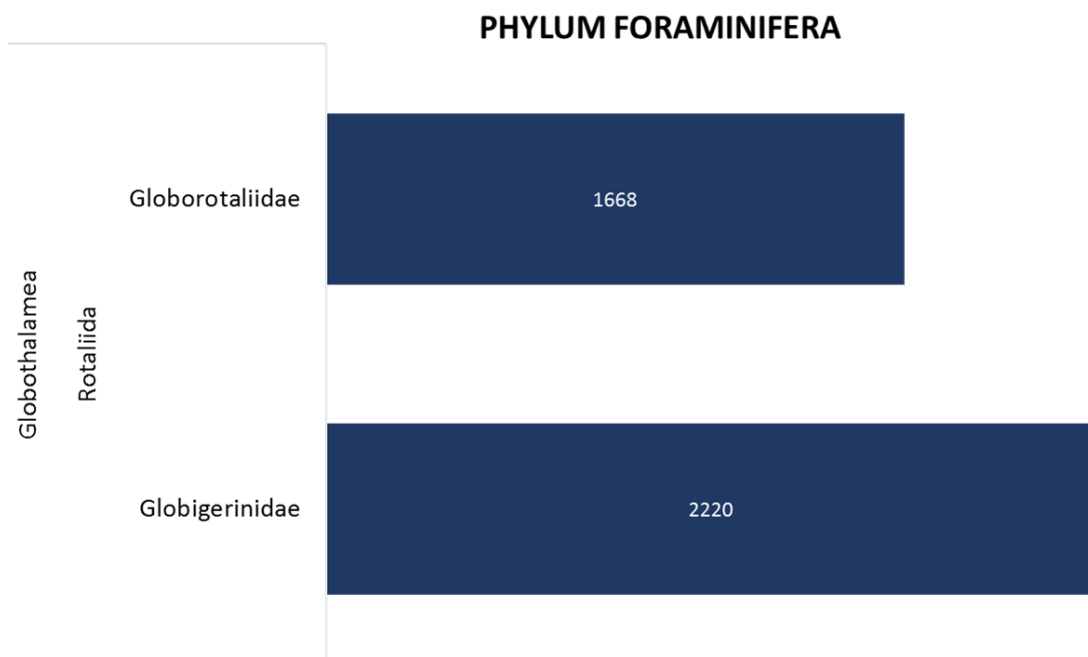


Figura 35. Composición taxonómica de familias y géneros que se identificaron en el phylum Foraminifera.

El **phylum Mollusca** (Fig. 36) con 2,886 organismos es el cuarto grupo más abundante, el cual está conformado por:

- Tres clases: Bivalvia, Cephalopoda y Gastropoda.
- Cuatro órdenes: Octopoda, Sepiida, Teuthida y Pteropoda.
- Dos subórdenes: Euthecosomata y Gymnosomata.
- Seis familias: Cavoliniidae, Cliidae, Creseidae, Cliopsidae, Pneumodermatidae y Cymbuliidae.
- Ocho géneros: Cuvierina, Clio, Cressis, Cliopsis, Pneumoderma, Schizobrachium, Spongiobranchaea y Cymbulia.

El orden Pteropoda fue el más diverso y mejor representado, con 1957 organismos distribuidos en ocho géneros.

La familia Cymbuliidae fue la segunda más abundante con 1,105 organismos seguida por la familia Pneumodermatidae con 290 organismos distribuidos en 3 géneros, donde

Pneumoderma se identificaron 112 organismos, seguida por Schizobrachium con 104 organismos y Spongiobranchaea con 74 organismos.

Las ordenes menos representadas fueron Octopoda con 52 organismos y Teuthida con 2 organismos.

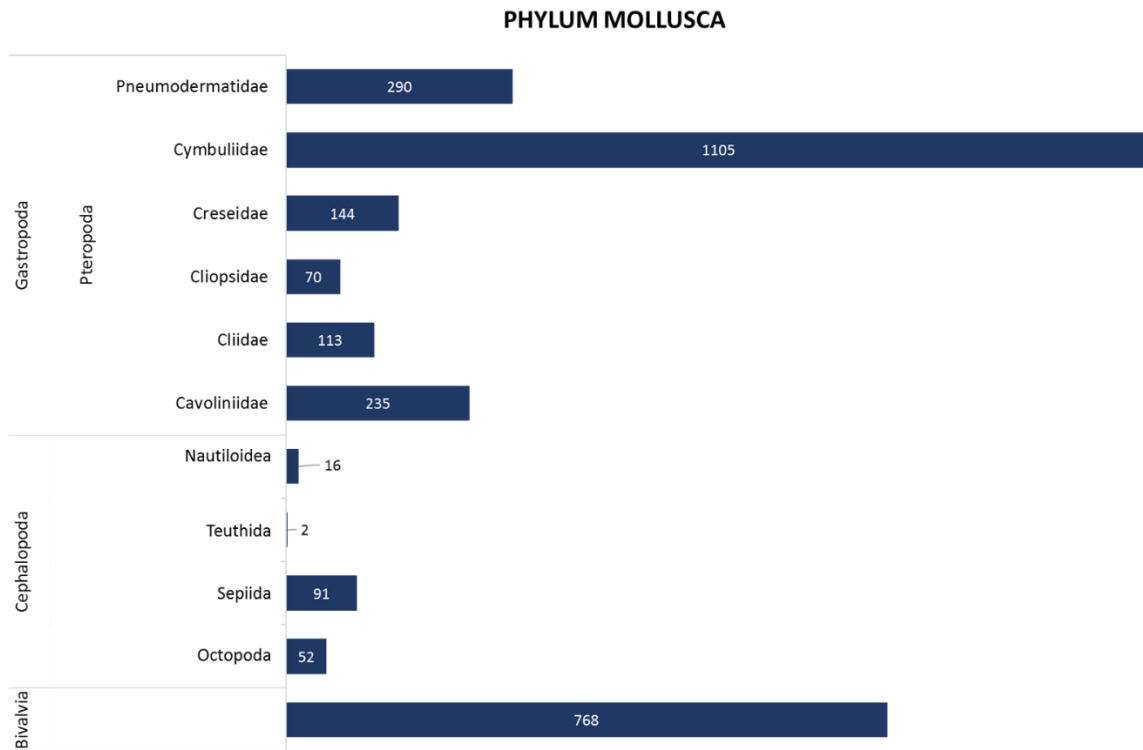


Figura 36. Composición taxonómica de familias y géneros identificados en el phylum Mollusca.

El **phylum Nemertea** (Fig. 37), fue el segundo grupo con pocos organismos identificados, teniendo en total 26 organismos distribuidos en la:

- Clase: Haplonemertea.
- Orden: Polystilifera.
- Dos familias: Pelagonemertidae y Protopelagonemertidae.
- Dos géneros: Probalaenanemertes y Calonemertes.

Con el mismo número de organismos para los dos géneros (13 organismos).

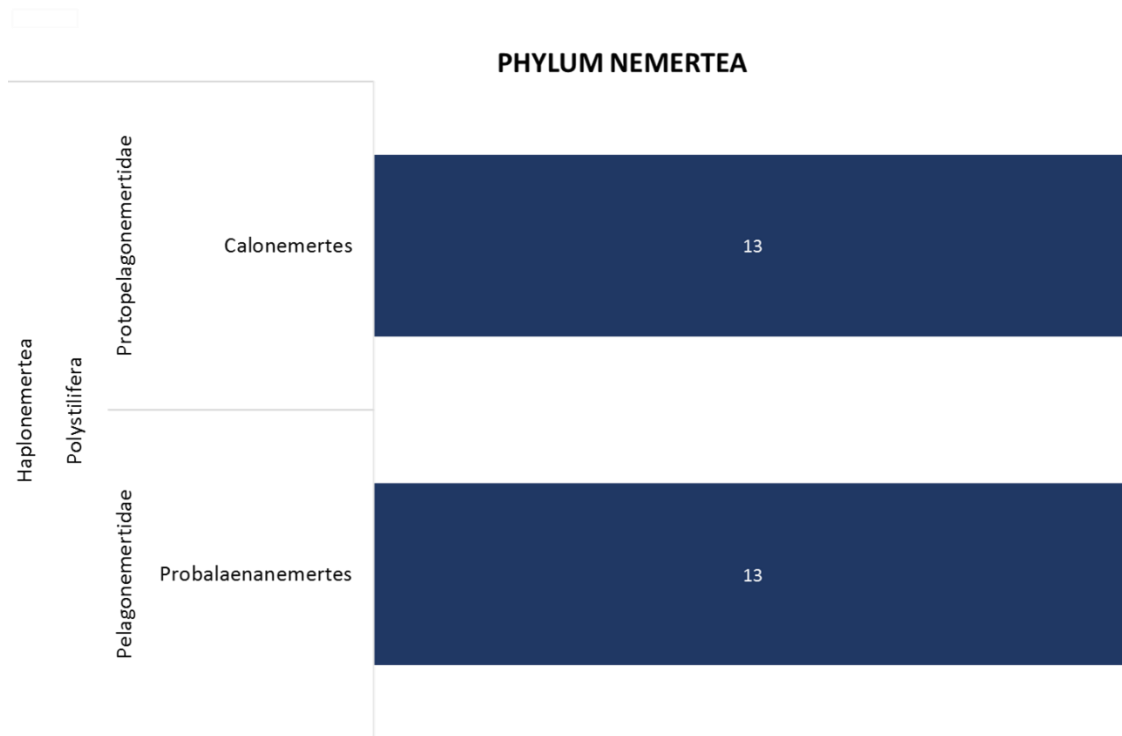


Figura 37. Composición taxonómica de familias y géneros del phylum Nemertea.

Con 3,438 organismos, encontramos al **phylum Radiozoa** (Fig. 38) distribuidos en:

- Dos clases: Acantharea y Polycystina.
- Cuatro órdenes: Arthracanthida, Holacanthida, Symphyacanthida y Nassellaria.
- Cuatro familias: Diploconidae, Hexalaspidae, Acanthocollidae, Astrolithidae.

El orden Nassellaria con 1,571 organismos fue el más representativo seguido por Arthracanthida con 1,431 organismos y el menos figurado fue Symphyacanthida con 109 organismos.

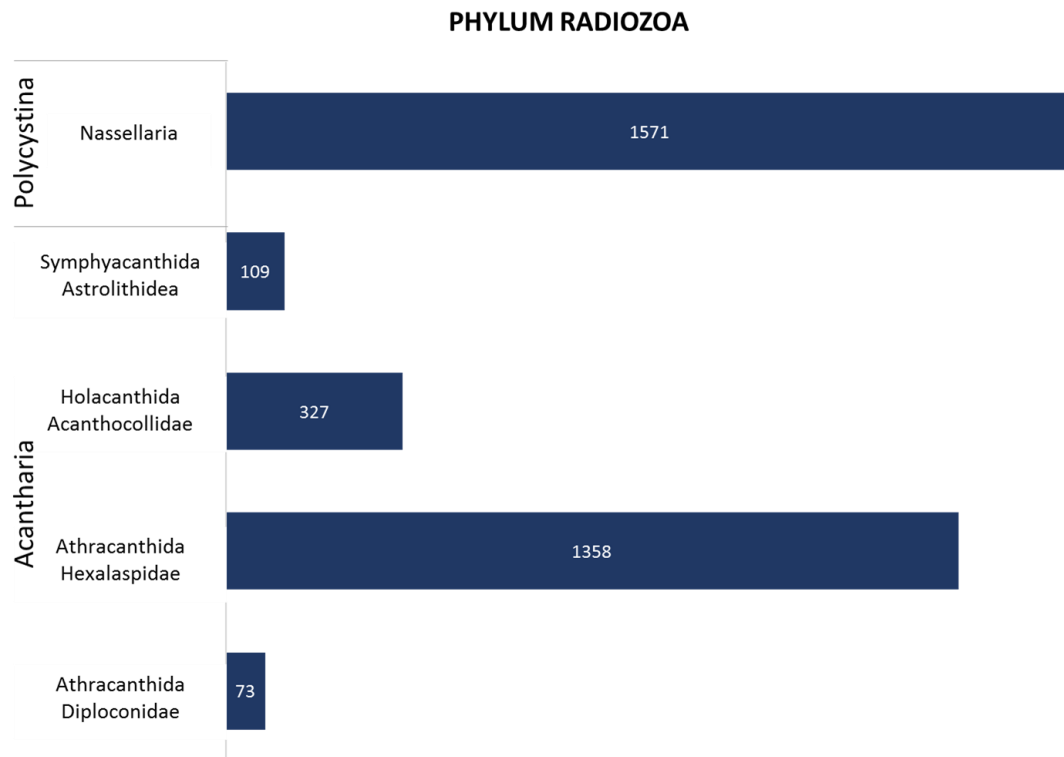


Figura 38. Composición taxonómica de familias que se identificaron en el phylum Radiozoa.

3.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.11.1 Gráfico de sombra (Shade Plot)

Para la representación visual de la matriz de abundancia de los 87 taxa identificados y los sitios de muestreo con su respectiva profundidad (5, 10, 50 y 100 m) se realizó un gráfico de sombra (Shade Plot) (Fig. 39). Las muestras (estación y profundidad) se ubican en el eje x, los taxa en el eje y. Los espacios en blanco indican ausencia del taxón en ese sitio; la intensidad de la escala de colores es linealmente proporcional a la transformación de raíz cuarta de la abundancia relativa. La similitud de los taxa está basada en la transformación estandarizada y el coeficiente de asociación.

Se destaca que la estructura de la comunidad zooplanctónica en la Bahía de La Paz estuvo dominada, en algunas estaciones y profundidades, por tres taxa (1, 2 y 14) (anexo II) que pertenecen al orden Calanoida, Cyclopoida y al género *Sagitta*.

Los taxa 1 y 2, tuvieron una presencia más clara en la estación 29 a 5 y 10 m de profundidad, en la estación 31 a los 10 m. Mientras que el taxon 14 se presentó con altos valores de abundancia en la estación 19 a 10 m de profundidad, en la estación 29 a 5, 10 y 50 m, así como en las estaciones 31 a 10 m, 35 a 50 m y en la 40 a 10 m.

En general se pueden observar los primeros 20 taxa en las diversas estaciones y profundidades, comparadas con los taxa subsecuentes, los cuales muestran una gran ausencia en las estaciones muestreadas, reflejándose en espacios en blanco.

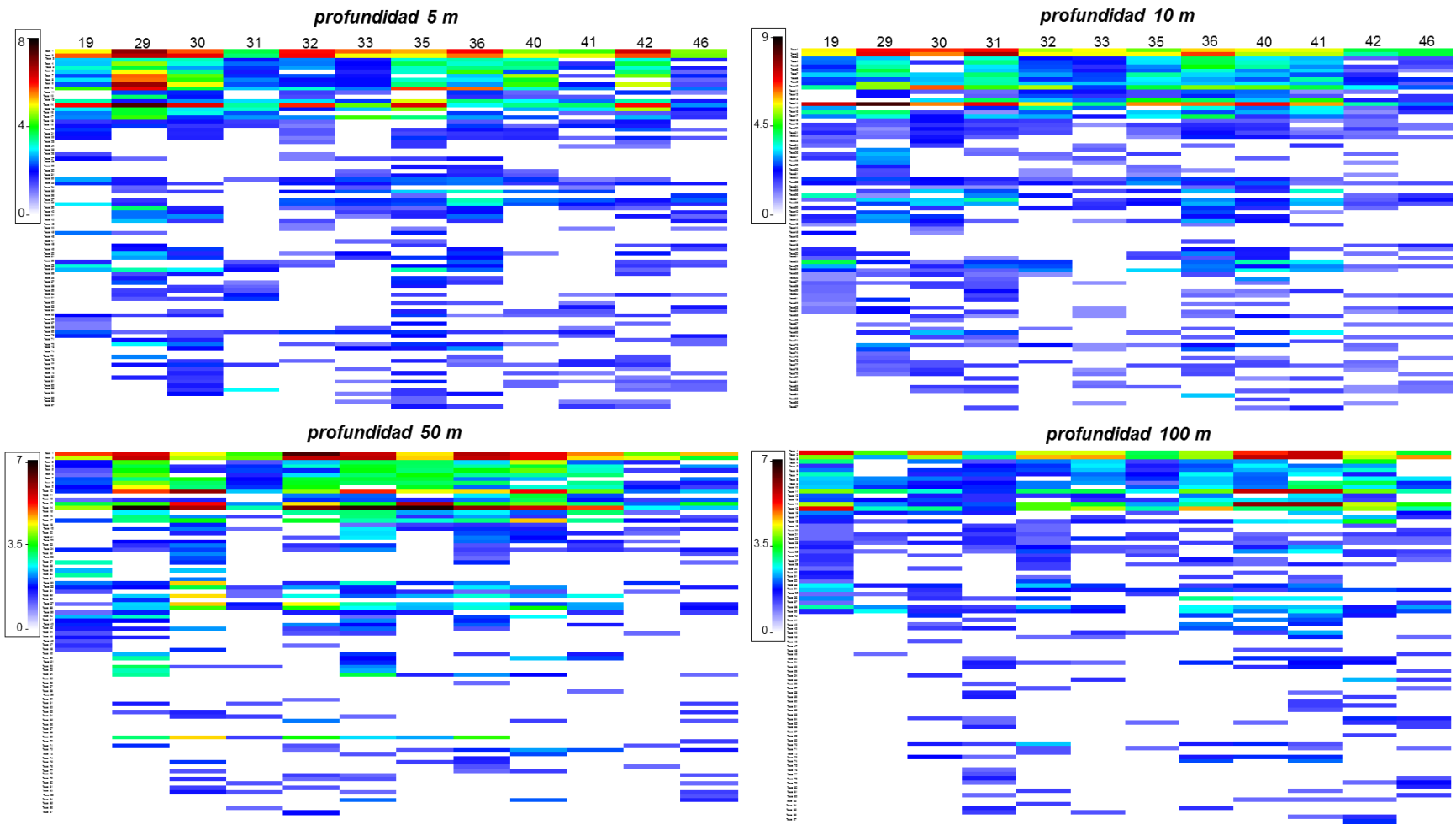


Figura 39. Shade Plot de abundancia de los 87 taxa identificadas en las 12 estaciones a las 4 profundidades muestreadas.

3.11.2 nMDS

La Ordenación del Escalamiento Multidimensional No-Métrico (nMDS), que representa las proximidades entre un conjunto de elementos como distancias en un espacio de un número reducido de dimensiones, basándose en el índice de similitud de Bray-Curtis, mostró una ordenación de los datos relacionada con la variabilidad de las estaciones y sus profundidades en la estructura de la comunidad del zooplancton (Fig. 40).

El nMDS para la biomasa de los diferentes taxa resultó en una solución de dos dimensiones con un mínimo de estrés moderadamente bajo (estrés=0.18). El análisis mostró cinco agrupamientos bien definidos que presentan cierta afinidad. El primer y más grande grupo (a) corresponde a las estaciones con mayor acumulación de biomasa, sin embargo, dentro de este grupo se observó la disimilitud entre profundidades, y se observa a la derecha las que se ubican a 100 m, a la izquierda las de 10 m y entre estas a 50 m. Se aprecia también una intersección (b) por parte de dos estaciones: la 30 de profundidad de 10 m y la estación 41 a los 100 m, mientras que en la parte inferior, se presentó la estación 30 con profundidad de 50 m. El tercer grupo (c) reúne a las estaciones 41, 42 y 46 que se caracterizaron por presentar los valores más bajos de su estación en términos de biomasa y abundancia; la cuarta agrupación (d) está dada las estaciones 29 y 35 presentaron los valores más bajos registrados para la profundidad de 100 m. El último grupo (e) se relacionó por presentar el valor más bajo a la profundidad de 50 m.

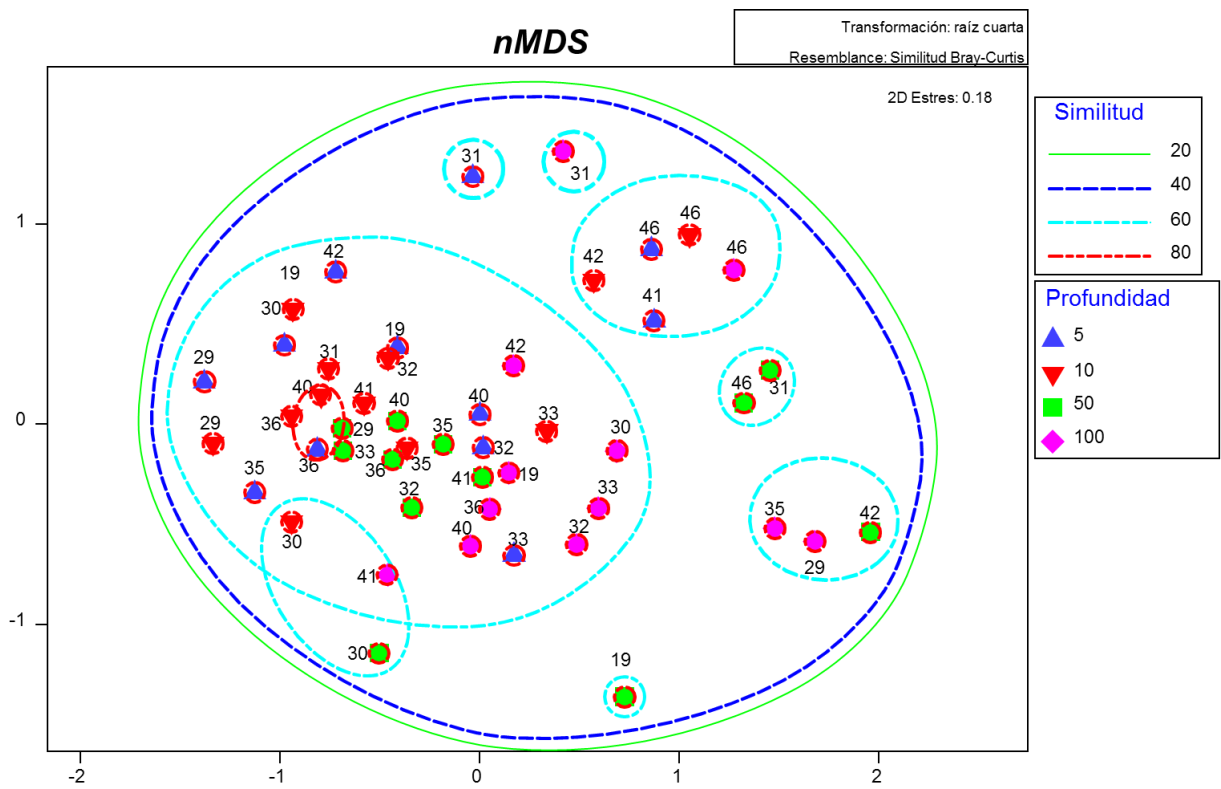


Figura 40. MDS no métrico de estaciones y profundidades

3.11.3 Dendograma de similitud Bray-Curtis

De acuerdo con el índice de similitud de Bray-Curtis y la matriz de abundancia, se construyó el análisis por clúster de los sitios muestreadas con su respectiva profundidad, las muestras fueron separadas a un nivel de similitud del 50%, en dos grupos discretos.

El primer grupo A lo conformó las estaciones 19 a 50 m con una similitud cercana al 60% con la estación 35 a 100 m, que a su vez presentó una similitud del 65 % con la estación 29 a 100 m y la estación 42 a 50 m de profundidad las cuales presentaron una disimilitud del 30 %.

El segundo grupo B lo conformó dos subgrupos con 55% de similitud respecto a los valores de abundancia, el subgrupo I) estuvo compuesto por dos nodos con 58 % de similitud, el primero el que componía la estación 31 a 5 m de profundidad, y el segundo conformado por el nodo con una similitud de 65% donde se ubican la estación 30 a 50 y 10 m y el segundo nodo con una similitud menor de 60% encontramos al grupo (J) donde por abundancia se ubicaron las siguientes muestras (estaciones-profundidad): 42-100 m, 30-100 m, 33-10 m, 33-5 m, 40-100 m, 41-100 m, 36-100 m, 41-50 m, 35-50 m, 35-10 m, 40-5 m, 32-50 m, 32-5 m, 33-100 m, 19-100 m y 32-100 m; y el grupo (Y) formada por las estaciones 35-5 m, 42-5 m, 29-10 m, 19-10 m, 19-5 m, 32-10 m, 29-5 m, 30-5 m, 31-10 m, 29-50 m, 41-10 m, 40-50 m, 36-50 m, 33-50 m, 36-10 m, 36-5 m y 40-10 m.

El segundo subgrupo II con 55% de similitud lo conformaron la estación 31 a 100 m de profundidad y (AP) donde encontramos a las estaciones-profundidades 31-50 m, 46-50 m, 41-5 m, 46-100 m, 42-10 m, 46-10 m y 46-5 m.

El dendograma generado a partir de una matriz de similitud en términos de abundancia de los taxa (Fig. 42), quedó conformado por 11 grupos:

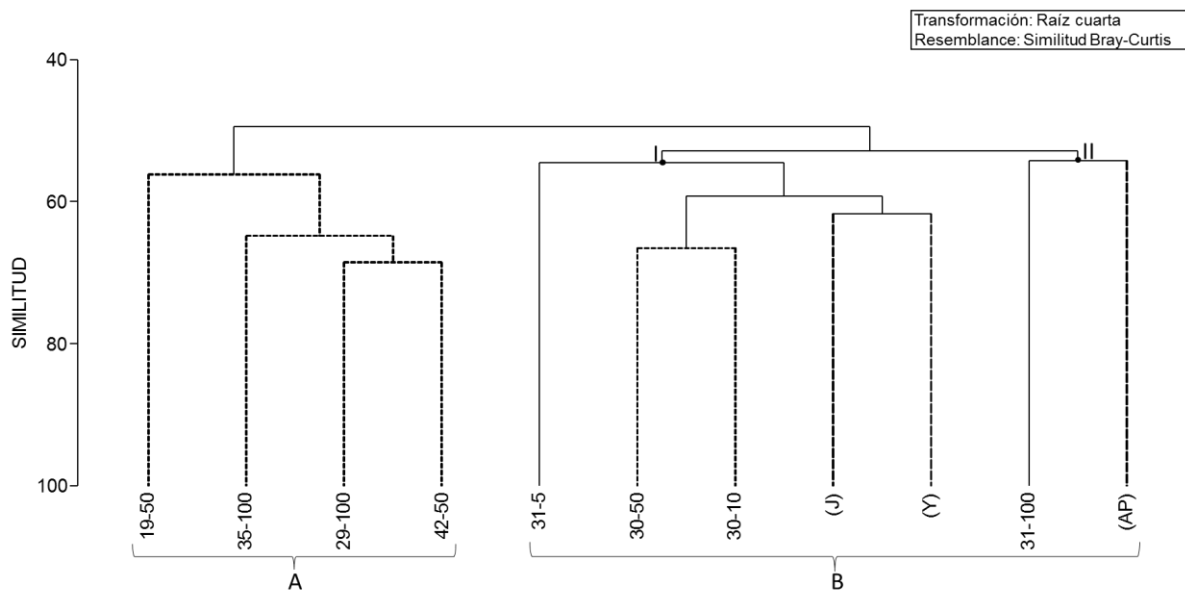


Figura 41. Dendograma de similitud de las estaciones con su respectiva profundidad muestreada, definido por el índice de similitud de Bray-Curtis

El primer grupo I, está integrado por 41 taxa, distribuidos en subgrupos debido a su similitud en abundancia (número de organismos); en el subgrupo A con una disimilitud de menos del 5% se ubicaron a los taxa 1 y 2 que pertenecen a la subclase Copépoda y una abundancia promedio fue de 36 600 ind, seguido por el taxon 14 con 44 300 ind y una similitud del 90% se ubicó al género *Sagitta*. Con 20% de disimilitud se posicionaron los taxa 10 y 13, que pertenecen al género *Euphausia* y *Gigantocypris* con una abundancia promedio de 13 000 ind; este primer subgrupo es donde se localizan los taxa más abundantes identificados para la Bahía de la Paz.

El segundo subgrupo B, con un nodo de 70 % de similitud se formaron dos ramas, la primera, se situaron los taxa 5, 4, 3, 6, 17, 8, 9, 7 y 15 con una abundancia promedio de 3 700 ind y la segunda, encontramos los taxa 33, 32, 38, 37, 35 y 36 donde la abundancia fluctuó entre 700 y 2200 organismos.

El subgrupo C, con una similitud de 50% ante los subgrupos anteriores, se conformó por 21 taxa caracterizados por una abundancia promedio de 460 organismos.

El grupo II, de similitud mayor al 60% se ubicaron los taxa 73 y 84, que pertenecen al Orden Decapoda, sin embargo, lo que les da 40% disímil son las familias Paguridae y Diogenidae, respectivamente.

El grupo III, con 70% de similitud con el grupo I y II, fue representado solo por un taxon 34, siendo el Orden Octopoda quien lo conforma con 52 organismos.

El grupo IV, con 30% de similitud a los grupos anteriores, asoció a los taxa 47, 44, 43, 23 y 24, que pertenecen a una abundancia promedio de 101 organismos.

Para el grupo V, con 75% de disimilitud y con un promedio de 80 organismos, se agruparon los taxa 67, 86, 57, 58, 76, 55, 78, 60, 70, 83, 63, 82, 64, 79, 81, 36 y 48; siendo el género *Probalaenanemertes* (taxon 86) el menos abundante.

En los grupos VI y VII con solo el 23 % y 24% de similitud respectivamente agruparon a los taxa 25, 28, 29, 30, 31, 26 y 27 con una abundancia promedios de 120 organismos, mientras que los taxa 71, 61, 59 y 80, ondearon con un máximo de 87 organismos para el género *Eurhamphaea* (taxon 61) y 39 organismos (Taxon 80) del género *Beroe*.

El grupo VIII, con los taxa 85, 87, 56 y 62 que pertenecen al género *Clytia*, *Colobonema*, *Russellia* y a la clase Nautiloidea, se agruparon con un 18% de similitud, ante los grupos anteriores y una abundancia promedio de 44 organismos, por lo que se fueron menos comunes para el muestreo.

Los grupos IX con los taxa 45, 66 y 68, y el grupo X, con los taxa 74 y 75 cercanos a un 85 % disímil ocho grupos restantes, presentaron a dos de los taxa menos abundantes, la clase Insecta con 9 organismos y el género *Stellamedusa* con 4 organismos. En promedio, los dos grupos presentaron una abundancia promedio de 38 organismos, aún más raro en una muestra encontrar algún organismo que pertenece a alguno de los taxa integrados en estos grupos.

Y con una disimilitud del 98 %, para con los demás grupos, se encontró al taxon 46, del orden Teuthida, el cual se hizo presente con solo dos organismos durante todo el muestreo.

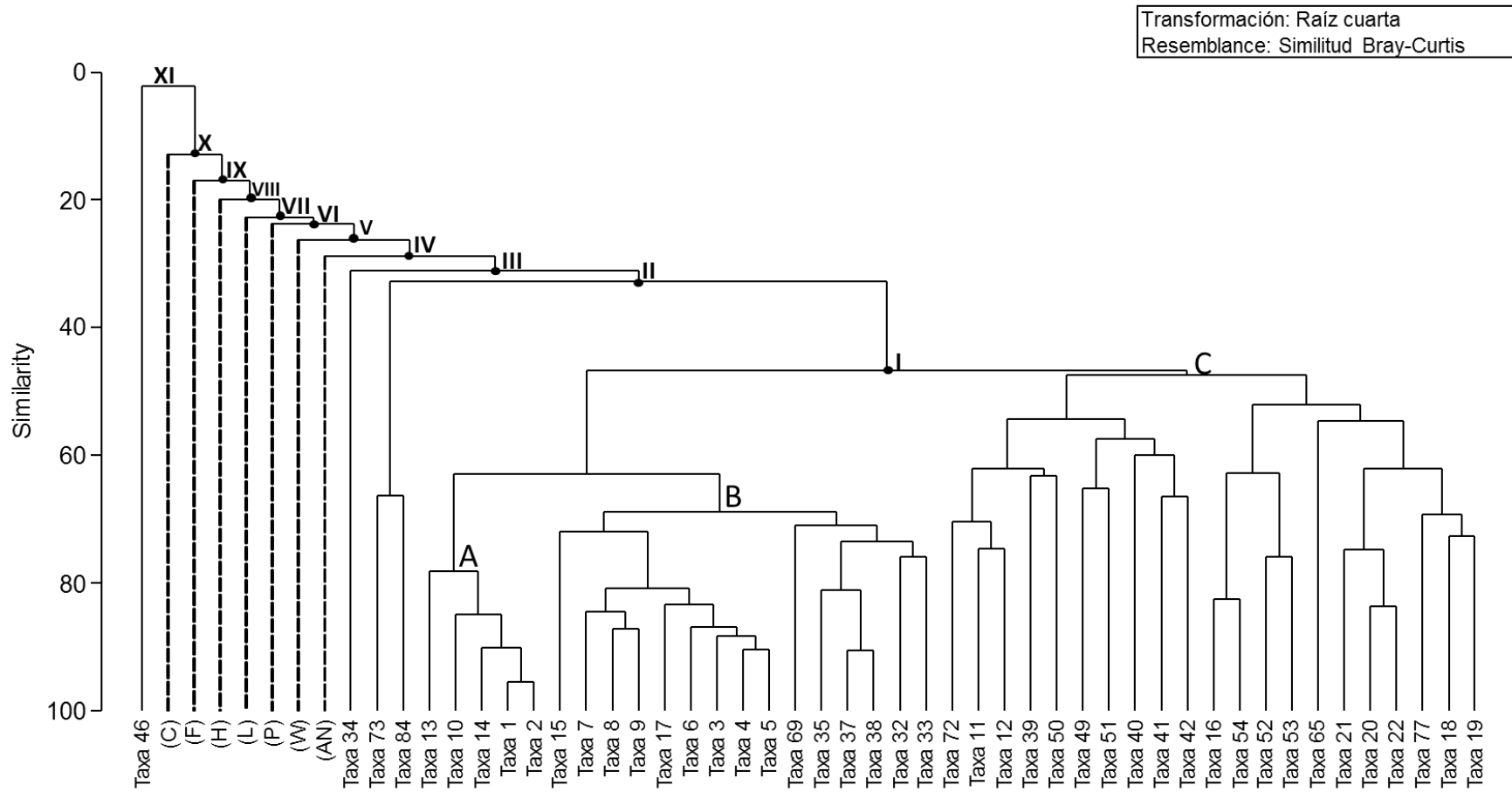


Figura 42. Dendrograma de similitud de taxa a partir de la abundancia (número de organismos contabilizados) definido por el índice de similitud de Bray-Curtis

3.11.4 *Análisis de componentes principales (PCA)*

Se llevo a cabo un análisis de componentes principales, con el objetivo de poder apreciar la interacción entre las variables y entre éstas con los componentes y así identificar aquellas variables que pudieran explicar de mejor forma ciertos fenómenos; esto a partir de una matriz de datos con las variables ambientales de 42 estaciones, tales como, temperatura, salinidad y clorofila-*a* para cada estrato muestreado.

Como se observa en la Figura 43, en la profundidad de 5 m (a) las tres variables tuvieron un peso similar sobre las estaciones analizadas; a los 10 m (b) la temperatura y la clorofila-*a* influyó en la mayoría de las estaciones. Por su parte la clorofila-*a*, tuvo un efecto determinante para la profundidad de 50 y 100 metros de profundidad (c-d). Cabe resaltar que a estas dos profundidades se observó una asociación de los vectores de salinidad y temperatura; lo que sugiere que los organismos a partir de los 10 metros se presentan estratificados y directamente proporcionales, esto es que conforme aumenta la profundidad se aglomeraran de acuerdo con condiciones de temperatura y salinidad.

Para las estaciones donde se obtuvo valores de biomasa, se observó que la estación 32, la cual registró los valores más altos de biomasa en profundidades somera (5 y 10 m) y que se ubicaban por arriba de la termoclina se vieron influenciados por la temperatura, mientras que para la profundidad de 50 m la estación 29 con 42.33 g 100 m⁻³ de biomasa, fueron determinantes las variables temperatura y salinidad las cuales presentaron una fuerte asociación. Las estaciones muestreadas a 100 m de profundidad donde la biomasa fue por debajo de 4 g 100 m⁻³ presentaron una tendencia de agrupación definida por los valores de clorofila-*a* presentes.

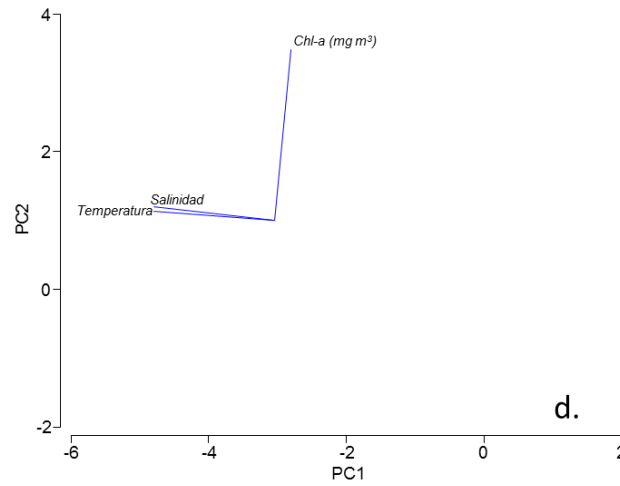
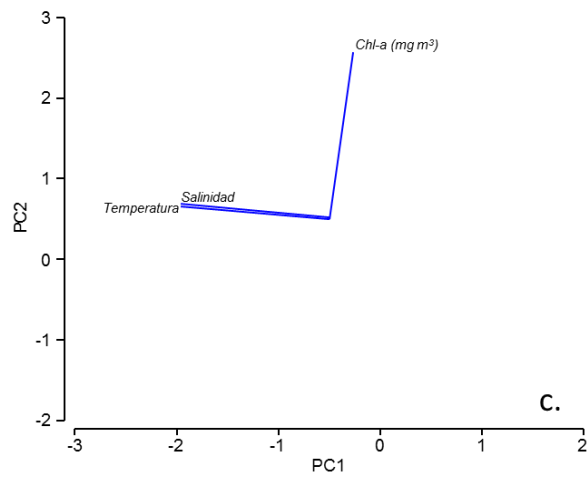
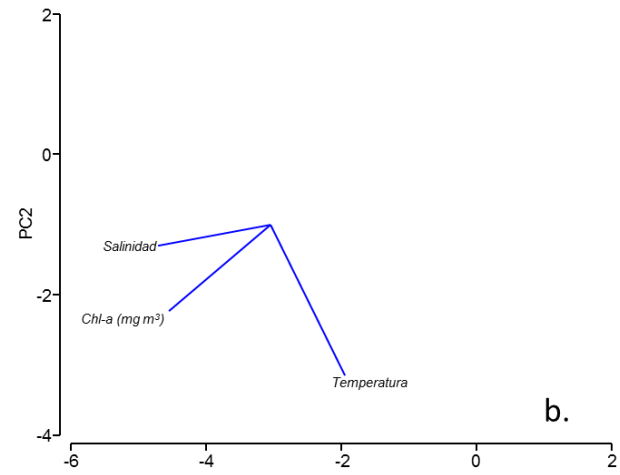
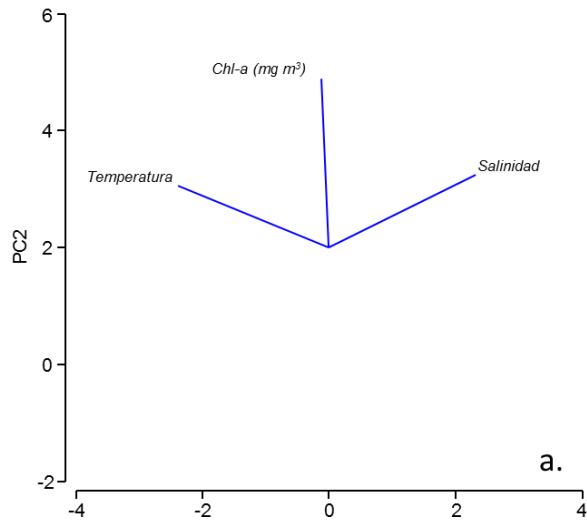


Figura 43. PCA (análisis de componentes principales) con las variables ambientales de 42 estaciones en las cuatro profundidades muestreadas: a.5, b.10, c.50 y d.100 m.

CAPITULO IV. DISCUSION

La Bahía de La Paz ha sido un sitio de estudio durante varios años dado su importancia en términos ecológicos, debido a que representa un lugar de refugio y crecimiento de diversos organismos (Pardo, *et al.*, 2013) y por la presencia e influencia de un vórtice ciclónico de carácter cuasipermanente (Monreal-Gómez *et al.*, 2001) generado por el esfuerzo del viento e influenciado por la interacción con la topografía del fondo y las corrientes entre el Golfo de California y La Bahía de La Paz (Coria-Monter *et al.*, 2017; Monreal-Gómez *et al.*, 2001). Los vórtices contribuyen significativamente con el transporte de nutrientes y en la distribución horizontal y vertical de la comunidad planctónica (McGillicuddy *et al.*, 2007; Coria-Monter *et al.*, 2014; Duran-Campos *et al.*, 2015) y, consecuentemente, en la composición de especies en general (Sweeney *et al.*, 2003).

El vórtice ciclónico presente en la Bahía de La Paz ha sido estudiado en diferentes estaciones del año, a finales de primavera (Monreal-Gómez *et al.*, 2001), durante y finales de verano (Sánchez-Velasco *et al.*, 2004; 2006; Coria-Monter *et al.*, 2014 y Duran-Campos *et al.*, 2015). Esta temporalidad ha diferenciado tres etapas a lo largo del ciclo de vida del giro como son: generación, maduración y decaimiento, etapas en las que la biomasa planctónica y los nutrientes cambian. Coria-Monter *et al.* (2014) reportaron que la evolución del vórtice ciclónico en Cuenca Alfonso puede alcanzar su etapa de madurez durante mayo y un decaimiento a partir del mes de agosto hasta octubre.

En el presente estudio se observó un vórtice ciclónico al noreste de la bahía, cerca de la isla Roca Partida en noviembre de 2016, el cual corresponde a la etapa de decaimiento del giro.

5.1 HIDROGRAFÍA

Los resultados obtenidos en el presente estudio en otoño de 2016, confirmaron la presencia del vórtice ciclónico de manera cuasi permanente en la Bahía de La Paz que había sido

reportada en diferentes estaciones del año, desde finales de la primavera, (Monreal-Gómez *et al.*, 2001; Coria Monter *et al.*, 2017) verano, (Sánchez-Velasco *et al.*, 2004; Obeso-Nieblas *et al.*, 2007, Coria-Monter *et al.*, 2014) e invierno (García-Mirafuentes, 2010). Una importante diferencia entre el vórtice ciclónico observado a finales de primavera, en verano e invierno, con el observado en esta investigación en otoño de 2016 es su extensión, ya que en el presente estudio el vórtice ciclónico fue de menor extensión que el reportado en otros estudios el cual cubrió la Cuenca Alfonso. Sin embargo, en todos los casos las estructuras hidrográficas son coincidentes en el vórtice ciclónico como lo es la influencia vertical y horizontal de temperatura, salinidad, densidad y clorofila-*a* por debajo de la capa de mezcla en este caso de aproximadamente 50 m de espesor; siendo más visible en la estación 31 (Fig. 7-9) con la elevación de las isotermas, isohalinas e isopicnas en forma de domo localizado el cual indica un “bombeo” de los nutrientes a la capa eufótica, desde el centro a la periferia potenciando la productividad primaria, siendo esta capa de mezcla reportada anteriormente por Obeso-Niebla en 2003 en otoño (2001) y de manera más relevante en invierno (2001). Para el otoño de 2008, Coria-Monter *et al.*, (2017) ratificaron que la fertilización de la zona eufótica incrementa la cantidad de fitoplancton, resultando así, altos niveles de clorofila-*a* en el centro del vórtice ciclónico; mientras que Reyes-Salinas *et al.*, (2003) afirmaron que la época de otoño, cuando los vientos se incrementan y se reducen la temperatura ambiental debido a la disminución del calor, lo que propicia que la capa de mezcla se hunda e influya directamente en la distribución de los organismos en la zona (Coria-Monter *et al.*, 2014; Duran-Campos *et al.*, 2015), lo que origina altas concentraciones de biomasa planctónica en zonas que presenten un giro ciclónico, debido a su alta asociación de alta productividad primara (Salas-Monreal *et al.*, 2009).

En la estación 29 a los 50 m de profundidad, se presentó una gran cantidad de biomasa zooplanctónica donde, de acuerdo con el patrón de circulación y a la sección vertical de la componente meridional de la velocidad se evidencia el centro de un vórtice anticiclónico (Fig. 10). En la presente investigación, se observó la presencia de un frente oceánico en la región de Boca Grande en la capa superior, principalmente en 5 y 10 m de profundidad , confirmado por el contraste horizontal de temperatura y densidad (Franks, 1992), clorofila-

a (Salas de León *et al.*, 2004) y alto valor de biomasa (Duran-Campos *et al.*, 2019). Debido a que los frentes no solo promueven la fertilización por nutrientes, sino que también pueden resultar en la exportación hacia abajo de partículas y organismos hacia las áreas adyacentes, explicando la persistencia de grandes poblaciones de animales en zonas profundas (Sournia, 1994). Numerosos estudios, han confirmado que la alta abundancia de clorofila-*a* están estrechamente asociados con los frentes; tal es el caso del estudio de Aldeco-Ramírez *et al.* (2009) en el sur del Golfo de México y el de Batten y Crawford (2005) en el Golfo de Alaska que reportaron que las regiones de borde están asociadas con grandes reservas de clorofila-*a* y zooplancton; sugiriendo que las regiones frontales desempeñan papeles clave en la supervivencia o crecimiento de algunas especies (Peterson *et al.*, 2011).

La influencia vertical y horizontal del vórtice ciclónico sobre la temperatura, salinidad y densidad se han reportado en diferentes bahías y mares del mundo (McGuillicuddy *et al.*, 2016). Por ejemplo, Badu *et al.*, (1991) reportó la presencia de un vórtice ciclónico en la Bahía de Bengala, con características de un núcleo frío y de baja salinidad, e influencia vertical entre los 50 y 300 m de profundidad; características similares que se han reportado en el Golfo de México (Durán-Campos *et al.*, 2017; Salas-de León *et al.*, 2004), y el Canal de Mozambique (Kolasinski *et al.*, 2012). Los cambios físicos en la columna de agua reflejan un cambio en la distribución de la biomasa zooplanctónica en verano (Mojica-Ramírez, 2003). Este mismo esquema fue reportado en invierno para la Bahía de La Paz (Rocha-Díaz, 2021) donde la influencia del vórtice ciclónico, el patrón de las corrientes geostróficas y profundidad de termoclina y haloclina determinó la abundancia de los copépodos (Rocha-Díaz, 2021) y de larvas de peces (Sánchez-Velasco *et al.*, 2006).

En noviembre, la forma de la isoterma de 27 °C (Fig.7) en la sección vertical a lo largo del transecto AA' mostró una elevación de las isolíneas, mientras que en la periferia se observó un hundimiento de dicha isoterma localizada a los 60 m de profundidad. Descrita por un núcleo frío y cálido, localizados cerca de Boca Grande y al norte de isla Roca Partida; características similares presentes en la Bahía de la Paz durante el otoño de 2000 (Saavedra-Rojas, 2003). Por su parte la distribución de la densidad sigma-t confirmó las observaciones en torno a la circulación de la bahía. Se observó en los perfiles verticales (Fig.7-9) la

elevación de las isopicnas entre las estaciones 30, 31 y 32 (transecto AA') y entre las estaciones 35, 36 y 37 (transecto BB'); localizadas en el área ocupada por el núcleo frío. El hundimiento de estas se observó en las estaciones 28 y 29 (transecto AA') y entre las estaciones 38 y 39 (transecto BB') localizadas sobre el núcleo cálido.

Trabajos como los de Huppert y Bryan (1976); Aristegui et al., (1997) vincularon la posición de las isotermas e isopicnas como consecuencias de la formación de giros en el océano.

El uso de imágenes satelitales ha sido una herramienta de complemento fundamental para entender el comportamiento de las corrientes y del zooplancton, por ejemplo, la imagen obtenida de clorofila-*a* confirmó la distribución desde su ingreso a la Bahía de La Paz (Fig. 12b) en la parte norte hasta su salida en el sur de esta con el patrón de las corrientes geostroficadas. La distribución horizontal de la clorofila-*a* en (Figs. 2-4) en este estudio mostró que las concentraciones más altas estuvieron presentes en la periferia del vórtice ciclónico y en la costa de la bahía con valores de 0.5 y 2 mg m⁻³, respectivamente, lo que coincidió con lo encontrado en verano por Coria-Monter *et al.*, (2014). Mientras que en la vertical el máximo registrado fue a 50 m de profundidad con 2 mg m⁻³, donde se ubicó la termoclina y el núcleo del vórtice ciclónico.

Las masas de agua registradas para otoño al interior de la Bahía de La Paz fueron: Agua del Golfo de California (AGC) y el Agua Subtropical Subsuperficial (AStSs). El AGC está presente en la capa superior de la bahía casi todo el año, el índice de estratificación y la producción primaria mantienen una relación inversa entre primavera y el periodo de verano-otoño, lo que inhibe el proceso de fertilización (López-Nogueira, 2017).

En la campaña PALEOMAR-I realizada en noviembre de 2014, se reportó Agua Tropical Superficial (López-Nogueira, 2017), , mientras que el presente estudio, muestreado en el mismo mes de 2016, el ATS no estuvo presente en ninguna de las estaciones muestreadas, con un dominio del Agua del Golfo de California, lo que sugiere que el ATS incrementó su salinidad debido al proceso de evaporación, formando así el AGC (Monreal-Gómez *et al.*, 2001), corroborando esto por el núcleo de alta salinidad en la capas de los 100 m.

Otros autores han argumentado que el gran volumen del Agua del Golfo de California que domina en otoño en la Bahía de La Paz se debe a la entrada de una gran cantidad de agua por Boca Grande (Contreras-Simuta, 2022), donde las corrientes son máximas.

5.2 CORIENTES GEOSTRÓFICAS

La sección vertical de la componente meridional de la velocidad geostrófica relativa al fondo (Fig. 10) con centro en la estación 31 con magnitud de las componentes fueron cero y de límite de corrientes positivas y negativas al este y al oeste, respectivamente, es decir; una circulación en sentido contrario a las manecillas del reloj, mismas características reportadas para la temporada de verano por Contreras-Simuta (2022) e invierno por Rocha-Díaz (2021), para el vórtice ciclónico. Sin embargo, en este estudio el vórtice fue muy pequeño respecto al observado a finales de primavera, verano e invierno, luego entonces existe una notable diferencia en la extensión. Las velocidades reportadas para cada temporada variaron significativamente, primavera presentó un máximo de 30 cm s^{-1} , verano y otoño velocidades máximas fueron de 50 cm s^{-1} , e invierno máximas de 60 cm s^{-1} (Sánchez-Velasco *et al.*, 2006; Mojica-Ramírez, 2008; Duran-Campos *et al.*, 2015; López-Nogueira 2017), lo que sugiere que el presente estudio fue realizado cuando el vórtice se encontraba en la fase de decaimiento debido a la disminución de su velocidad.

El patrón de corrientes geostróficas y las imágenes satelitales obtenidas de MODIS-AQUA de la NASA mostraron el intercambio de agua entre la bahía y el Golfo de California, misma que al combinarse con el efecto del viento predominante del norte y noreste (Torres-Martínez, 2023) generó un vórtice ciclónico y un vórtice anticiclónico, la intensidad del viento y la baja radiación solar provocaron una capa de mezcla de $\sim 50 \text{ m}$ de espesor, similar al observado en invierno (Molina-Cruz, *et al.*, 2002), mientras que para finales de primavera y verano el espesor de dicha capa de mezcla es de 20 a 30 m . (Molina-Cruz *et al.*, 2002; Coria-Monter *et al.*, 2014; Duran-Campos *et al.*, 2015; Rocha-Díaz 2021).

5.3 DISTRIBUCION VERTICAL DE LA BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA

Las muestras de zooplancton obtenidas de 12 estaciones distribuidas en la Bahía de La Paz en otoño de 2016 fueron analizadas en términos de biomasa y expresadas en $g\ 100m^{-3}$, a partir de análisis de peso húmedo de cada estación y profundidad. En la Figura 18 b, a 10 m de profundidad, se puede apreciar que la biomasa de zooplancton en las estaciones 29, 30, 31 y 32 fueron las que presentaron un mayor valor, sin influencia de la costa y las cuales corresponden a las estaciones de la periferia y centro del vórtice ciclónico, comportamiento similar reportado para muestras obtenidas en noviembre de 2014 por López-Nogueira (2017). El segundo valor más alto se ubicó en la estación 29, en una zona de frente a los 50 m, reafirmando que es zona rica en nutrientes, lo cual refleja la alta biomasa. Mientras que el zooplancton obtenido en todas las estaciones a una profundidad de 100 m fueron los valores más bajos registrados y donde no se mostró una gran influencia de los vórtices. Por ejemplo, en las zonas costeras y oceánicas del centro-sur de Chile, frente a Concepción, Morales *et al.*, (2010) reportaron zonas con elevada concentración de mesoplancton asociados a la presencia de vórtices, región con gran cantidad de energía cinética y en el Mar de los Sargazos donde se observó que el remolino ciclónico influyó directamente en la distribución del zooplancton (Eden *et al.*, 2009) asociada a condiciones geostróficas hacia el norte.

Este estudio se llevó a cabo durante la época de otoño, cuando los vientos provenientes de noreste provocó que la termoclina haloclina y pycnoclina se observaran en promedio a los 50 m, coincidiendo con lo reportado por Molina-Cruz *et al.*, (2002). Lo anterior propicia barreras físicas que influyen en la distribución de los nutrientes y, por consiguiente, de los organismos del plancton. La biomasa zooplanctónica varía según el enriquecimiento del agua de la capa superficial, es alto en las épocas de invierno y primavera y moderado en los meses de otoño (González-Navarro y Saldierna-Martínez, 1997).

Además de la diferencia estacional, se presentan otros factores que influyen directamente en la abundancia de organismos y con ellos en la biomasa. Por ejemplo, la migración vertical diaria (DVM) del zooplancton, fenómeno reconocido por transportar una cantidad sustancial de biomasa (Angel, 1985; Bourdillon, 1989; Passelaigue, 1989). Esta característica presente en las comunidades pelágicas marinas que involucra un comportamiento espacial de selección de profundidad (Deemeester et al., 1999), a través de movimientos sincronizados hacia arriba y hacia abajo, más comúnmente observado hacia la superficie al anochecer y un descenso hacia aguas más profundas antes del amanecer; comportamiento generado por múltiples factores como posibles causales entre los que se encuentran los factores endógenos asociados al reloj biológico (Welch y Forward, 2001; Williamson *et al.*, 2011) o factores exógenos como la disponibilidad de alimento, dado que cuando el alimento es escaso, el zooplancton tiende a mantenerse en superficie, mientras que cuando es abundante, el intervalo de distribución en la columna de agua aumenta (Huntley y Brooks, 1982; Dagg 1985); otra hipótesis es la evasión de los depredadores (Zaret y Suffern, 1976), sin embargo, históricamente ha sido atribuido a los cambios en la intensidad de la luz al atardecer y al amanecer, lo que parece ser el principal factor que controla la DVM (Southern y Gardiner 1932; Bourdillon, 1989; Checkley *et al.*, 1992; Franck y Widder, 1997). Esto concuerda con Reyes-Salinas *et al.*, (2003) quienes afirman que en la Bahía de La Paz a partir del mes de marzo al aumentar la radiación solar, se genera estratificación, el viento provoca la mezcla lo cual en esta época genera una capa de mezcla muy somera ; mientras que en otoño las características ambientales cambian con vientos más intensos y disminución de la cantidad de calor provocando una disminución de la temperatura y una capa de mezcla de mayor espesor, lo que concuerda con lo reportado por Ketchum *et al.*, (2013) en términos de biomasa, siendo los volúmenes más bajos para primavera (Sánchez-Velasco *et al.*, 2006) y verano (Mojica-Ramírez, 2008) y picos más altos durante el otoño (López-Nogueira, 2017).

Para esta investigación se muestrearon 6 estaciones durante el día (entre las 06:00-18:00 h) y 6 en la noche (entre las 18:00-06:00 h). En la profundidad de 5 m (Fig. 19) la estación con el registro más alto de biomasa zooplanctónica fue la estación 32 la cual se colectó a

las 14:03 h, lo que seguiría una migración inversa (Lampert, 1989) y donde la clorofila-*a* observada (Fig. 2d) fue de 0.3 mg m⁻³; mientras que, a los 10 m de profundidad, se registraron los valores más altos, que también fueron obtenidos en un horario entre 08:00 y 16:00 h, horarios con alta disponibilidad de luz. Las estaciones 29 y 30, con una biomasa entre 10 y 15 g 100m⁻³ se recolectaron en el crepúsculo, eludiendo esto a una migración vertical diaria.

Dentro de los grupos más abundantes se encontraron los eufáusidos y copépodos, los cuales han sido centro de estudio para conocer el funcionamiento de la migración vertical diaria, por ejemplo, el realizado por Nielsen y Andersen (2002) en el sistema de fiordos noruegos Sandsfjord, donde se evidenció que los copépodos se agregan en torno a la pycnoclina en áreas altamente estratificadas, migrando a las aguas más superficiales cuando la estratificación se debilita. Por su parte, los eufáusidos han sido mayormente descritos, por ejemplo, en aguas oceánicas, donde la migración sigue un patrón nictimeral, es decir están presentes en los primeros 50 m de la columna de agua en la noche, y 200 m de profundidad en el día (Perissinotto y McQuaid, 1992; Pakhomov y Froneman, 1999), al igual que en los fiordos y canales chilenos por Hamame y Antezana (2010), y en el fiordo Reloncavi por Valle-Levinson *et al.*, (2014) quienes encontraron que durante la noche los valores máximos de biomasa de eufáusidos se encontraban a los 40 m de profundidad, mientras que en el día se ubicaron los máximos a los 120 y 180m.

La contundente evidencia existente sobre migraciones verticales indica que, dentro de un mismo grupo taxonómico, o en una misma área geográfica, puede haber distintos patrones migratorios, de modo que las migraciones verticales del zooplancton son un fenómeno altamente complejo (Diaz-Astudillo *et al.*, 2022).

La relación entre la biomasa y riqueza de taxones involucra a la concentración de clorofila-*a*, debido a la cantidad y calidad del alimento disponible para el zooplancton herbívoro (Contreras-Espinoza, 2016). Investigaciones como la de Goldthwait y Steinberg (2008), y Duran-Campos *et al.* (2015), sobre la asociación de alta concentración de clorofila-*a* y una

alta abundancia zooplancton herbívoro presentes en un remolino ciclónico, fueron reafirmadas en trabajos realizados en el Mar de los Sargazos y en la Bahía de La Paz, respectivamente.

En el presente estudio se observó que la mayor biomasa registrada se ubicó por arriba de la termoclina, región con concentración de clorofila-*a* cercana a 1 mg m^{-3} en la estación 32 a 5 y 10 m de profundidad, mientras que la tercera estación con mayor biomasa fue la estación 29 a 50 m de profundidad (en la termoclina) con 2 mg m^{-3} . Estos resultados coinciden con IGrasca (1999) quien reportó que la nutriclina somera en el giro ciclónico, explicaba los altos valores de biomasa en capas superficiales. Además, en la plataforma continental del Golfo de Patraikos en Grecia se observó que la mayoría del zooplancton se agregó en la zona de la termoclina (Fragopoulou y Lykakis, 1990).

Otros factores que influyen en la diferencia en los valores de biomasa respecto a otros trabajos pueden ser explicada por la diferencia y hora de los muestreos, el efecto de la frecuencia muestral, la época de muestreo y duración del arrastre, entre otros, los cuales son factores importantes y determinantes para monitorear la productividad de un sistema (Márquez *et al.*, 2007).

Si bien el uso de grandes redes cónicas y redes de arrastre a todas las profundidades en un amplio intervalo geográfico ha generado una gran cantidad de datos sobre la sistemática de los principales grupos de macroplancton, existen pocos datos precisos sobre la distribución de profundidad incluso de las formas más comunes y solo las estimaciones más vagas están disponibles en cuanto a su abundancia relativa (Foxton, 1963). Por ello el Ocean Research Institute con el propósito de muestrear macroplancton a diferentes profundidades, incluso hasta varios miles de m, diseñó una red con mecanismo apertura-cierre (Makoto, 1965) la cual tenía como objetivo cumplir tres necesidades: 1) poder filtrar un gran cantidad de agua suficiente para atrapar animales del plancton que están dispersos, (2) poder tomar muestras en la vertical a una velocidad considerablemente alta para atrapar a los ágiles animales del plancton y (3) un mecanismo el cual puede ser abierto a la

profundidad deseada y, después del muestreo, se puede volver a cerrar sin fallas, manejado desde superficie (Kemp et al., 1929; Barnes, 1958; Currie y Foxton, 1957).

Un requisito previo para investigaciones cuyo eje de estudio sea conocer los cambios reales en la distribución del zooplancton y se expresen en términos cuantitativos (Foxton, 1963). El método de muestreo utilizado en el presente estudio, permitió analizar la distribución vertical del zooplancton, un muestreo adecuado depende necesariamente de factores tales como el grupo o grupos taxonómicos a estudiar (su concentración y tamaño), la profundidad y la extensión del área a muestrear, el tipo de buque de investigación y el tiempo; estos factores, a su vez, gobiernan el tamaño del muestreador (diámetro de la abertura de la boca, apertura de malla, longitud de la red), el tipo de medidor de corriente y principio mecánico del muestreador (Currie y Foxton, 1957.)

Teniendo en cuenta todos estos requisitos, y con el objeto de obtener datos precisos de la estructura biológica presente a diferentes profundidades, este trabajo describió con un método eficiente y fiable, la caracterización zooplanctónica en la Bahía de La Paz durante noviembre de 2016, donde la técnica de muestreo con redes apertura-cierre cumplió con los objetivos planteados.

5.4 INFLUENCIA DE LOS PROCESOS FISICOS SOBRE LA DISRIBUCION VERTICAL DEL ZOOPLANCTON

Los resultados obtenidos de la distribución del zooplancton en Bahía de La Paz y en diversas regiones han demostrado que las variaciones en la estructura de la columna de agua ocasionados por procesos físicos o estructuras hidrodinámicas, afectan la distribución temporal y espacial de los organismos (Ahlstrom, 1959; Loeb y Nichols, 1984), como por ejemplo los vórtices, cambios en el régimen de temperatura y salinidad, la profundidad y el alimento disponible los cuales repercuten tanto en la distribución como en la abundancia de los organismos (Omori e Ikeda, 1984; Sanvicente-Añorve, 1990; Vidal *et al.*, 1990; Mann y Lazier, 1991; Salas de León *et al.*, 1998), lo que genera una tendencia a no distribuirse de

manera homogénea, sino que presentan una distribución con zonas de alta y baja abundancia (Witman y Roy, 2009; Molinero *et al.*, 2008).

Se ha reportado que el aumento o disminución de la temperatura afecta directamente la tasa alimenticia y metabólica de algunas especies del zooplancton (Castellan *et al.*, 2005), influyendo en la reproducción, crecimiento y estatus fisiológico; la cual determina la composición de la comunidad y abundancia de la comunidad zooplanctónica, debido a que muchos grupos se ven afectados a rangos de temperatura muy específicos, como algunas especies de ostrácodos y quetognatos (Palacios-Fest y Dettman, 2001).

La influencia de los remolinos oceánicos en la estructura espacio-temporal de las comunidades del zooplancton ha sido investigada en diversas regiones, debido a la contribución de nutrientes que afectan tanto a la distribución horizontal como vertical de la comunidad planctónica. Por ejemplo, en un estudio realizado por Wiebe *et al.* (1976) subrayaron que la interacción de un remolino de núcleo frío y la biomasa fueron significativamente mayor dentro del área del remolino que en las aguas adyacentes; reafirmado esto por Salas de León y Monreal-Gómez, (2005) quienes plantean que los altos valores de biomasa pueden relacionarse con las zonas donde se presente un giro ciclónico; el trabajo realizado por Duran-Campos *et al.*, (2015) en la Bahía de La Paz confirmó que el remolino ciclónico conservó una marcada diferencia de la composición biológica en el centro y la periferia, con mayor abundancia en el centro, lo que responde a la distribución de la concentración de fitoplancton y a las corrientes con diferentes velocidades que crea microambientes a lo largo de la periferia del vórtice ciclónico (Edén, *et al.*, 2009).

CAPITULO V. CONCLUSIONES

La estructura hidrográfica observada en otoño 2016 mostró y confirmó la presencia del vórtice ciclónico semipermanente, ubicado al norte de la Bahía de La Paz; frente a la Isla Roca Partida con influencia vertical hasta los 80 m de profundidad. En la región de Boca Grande se presentó circulación anticiclónica con velocidades geostróficas máximas de 80 cm s^{-1} . De acuerdo con la literatura, el vórtice ciclónico es menos extenso que los observadas en otras épocas del año.

El vórtice ciclónico generó el levantamiento de las isotermas, isohalinas e isopicnas, desde $\sim 80 \text{ m}$ hasta las clinas que en promedio se ubicaron a 50 m de profundidad, El núcleo frío indica el bombeo de agua subsuperficial fría, poco salina y densa y rica en nutrientes. En el caso de un vórtice anticiclónico ocurre un hundimiento de las isolíneas, debido a que las clinas crean una barrera para el desplazamiento vertical del zooplancton, lo que explica que la mayor abundancia se observara por arriba de ellas, sin embargo, en la región próxima a Boca Grande se observó una importante cantidad de biomasa en las clinas.

La composición zooplanctónica identificada taxonómicamente fue 198, 799 organismos en 12 filos, 7 subfilos, 22 clases, 16 subclases, 35 órdenes, 20 subórdenes, 18 superfamilia, 65 familias, 11 subfamilias y 68 géneros. Los más abundantes fueron los phylum arthropoda y chaetognatha con 133, 311 y 44, 307 organismos distribuidos en las cuatro profundidades de estudio. La distribución vertical mostró un mayor número de organismo a los 10 m de profundidad con 70, 550 , seguida por los identificados a 5 m con 56, 595, lo que recalzó su ubicación por arriba de la termoclina; mientras que sobre la misma se contabilizaron 48, 264 organismos y por debajo de ella la cantidad de 23, 390 integrantes del zooplancton.

La abundancia ($\text{Ind } 100 \text{ m}^{-3}$) estuvo influenciada por el vórtice ciclónico presente en la bahía, debido a que los mayores valores se presentaron en la estación 32, que se ubicó en la periferia de este con características de velocidad geostrófica de 20 cm s^{-1} hacia el sur.

La biomasa zooplanctónica (g 100 m⁻³) presentó un gradiente de distribución del centro del giro hacia los bordes, con valores máximos en las estaciones 32 con 41.55 g 100m⁻³, ubicado en la periferia del vórtice ciclónico.

De acuerdo con los datos obtenidos en el análisis estadístico, se encontró que en las profundidades de 5 y 10 m de profundidad la temperatura presente en el momento del muestreo determinó la biomasa zooplanctónica; mientras que a los 50 m la clorofila-*a* fue determinante para la muestra obtenida en la estación 33, la cual presentó un valor considerable de biomasa para dicha profundidad. Para los 100 m de profundidad la mayoría de las estaciones estuvo determinadas por la clorofila-*a*.

REFERENCIAS

- Ahlstrom, E.H.** 1959. Vertical distribution of pelagic fish eggs and larvae off California and Baja California. *Fishery Bulletin* 161(60): 107-146.
- Aitor, A., Irigoien, A.** 2007. Fine scale zooplankton distribution in the Bay of Biscay in spring 2004. *Journal Plankton Research*, 29: 851–870.
- Albañil-Encarnación, A., López-Quiroz, M., Ramírez-Pascual, R., Chable-Pech, L. A.** 2016. Reporte del clima en México. CONAGUA.
- Aldeco-Ramírez, J., Monreal-Gómez, M., Signoret, M., Salas-de-León, D., Hernández-Becerril, D.** 2009. Occurrence of a subsurface anticyclonic eddy, fronts, and *Trichodesmium* spp. *Ciencias Marinas*, 35(4): 333–344.
- Álvarez-Fernández, S., Licandro, P., van Damme C.J.G., Hufnagl M.** 2015. Effect of zooplankton on fish larval abundance and distribution: a long-term study on North Sea herrin (*Clupea harengus*). *ICES Journal of Marine Science*, 72(9): 2569–2577.
- Angel, M.V.** 1985. Vertical migrations in the oceanic realm: possible causes and probable effects. In: Rankin, M.A. (ed.), *Migration, Mechanisms and Adaptive Significance*. Contributions in Marine Science, Texas, Supplement 27, pp. 45-70.
- Aristegui, J., Tett, P., Hernandez-Guerra, A., Basterretxea, G., Monteo, M., Wild, K., Sangra, P., Hernandez-Leon, S., Canton, M., Garcia-Braun, J., Pacheco, M., Barton, E.** 1997. The influence of island-generated eddies on chlorophyll distribution: A study of mesoscale variation around Gran Canarias. *Deep-Sea Research*. 44 (1): 71-96.
- Backus, R.H., Flierl, G.R., Kester, D.R., Olson, D.B., Richardson, P.L., Vastano, A.C., Wiebe, P.H., Wormuth, J.H.** 1981. Gulf Stream Cold-core rings: their physics, chemistry, and biology. *Science*, 212 (4499): 1091-1110.
- Badu, M.T., Prasanna-Kumar, S., Rao, D.P.** 1991. A subsurface cyclonic eddy in the Bay of Bengal. *Journal of Marine Research*, 49 (3): 403-410.
- Barnes, H.** 1958. simple and inexpensive closing net. Dell 'Institute. Italiano di Idrobiol. Dott. Marcode Marchi, Mem. 7: 189-198.
- Batten, S.D., Crawford, W.R.** 2005. The influence of coastal origin eddies on oceanic plankton distributions in the eastern Gulf of Alaska. *Deep-Sea Research. Pt. II*, 52 (7–8): 991–1010.
- Biggs, D., Zimmerman, R., Gasca, R., Suarez-Morales., E., Castellanos, I., Leben, R.** 1997. Note on plankton and cold-core rings in the Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 95 (2): 369-375.
- Biggs, D.C.** 1992. Nutrients, plankton, and productivity in a warm-core ring in the western Gulf of Mexico. *Journal of Geophysics Research*, 97: 2143-2154.
- Boltovskoy, D.** 1999. South Atlantic zooplankton. Publicaciones Especiales del INIDEP, Mar del Plata. Argentina, 1076 pp.
- Bourdillon, A.** 1989. Les reperes spatiaux et temporels des migrations verticales journalieres du plancton. *OceHanis*, 15: 83-113.

- Brierley, A.S.** 2017. Plankton. *Current Biology*, 27: R478- R483.
- Brusca, R.C., Brusca, G.J.** 2005. Invertebrados. 2da edición. McGraw Hill / Interamericana de España, S. A. 1005 pp. (Traducción de la versión en inglés de 2003).
- Castellani, C., Robinson, C., Smith, T., Lampi, R. S.** 2005. Temperature affects respiration rate of *Oithona similis*. *Marine Ecology Progress Series*, 285: 129-135.
- Checkley Jr., Uye, D.M., Dagg, S., Mullin, M.J., Omori, M.M., OnbeH, M., Zhu, T.** 1992. Diel variations of the zooplankton and its environment at neritic stations in the Inland Sea of Japan and the North-West Gulf of Mexico. *Journal of Plankton Research*, 14: 1-40.
- Clarke, G.L.** 1934. Factors affecting the vertical distribution of copepods. *Ecological Monographs*, 4: 530-540.
- Clarke, K. R., Gorley, R. N.** 2015. "PRIMER v7: User Manual/ Tutorial". (PRIMER-E: Plymouth, UK).
- Clarke, K.R.** 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18: 117–143.
- Clarke, K.R., Ainsworth, M.,** 1993. A method for linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology Progress Series*. 92: 205–219.
- Clarke, K.R., Warwick, R.M.,** 2001. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. 2ª ed. PRIMER-E, Plymouth.
- Contreras-Espinoza, L.** 2016. Variación espacio-temporal de la estructura comunitaria del zooplancton y su relación con las variables hidrográficas en la desembocadura del río Jamapa, Veracruz, en dos temporadas climáticas (norte y lluvias). Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. México, 90 pp.
- Contreras-Simuta, M.G. 2022.** Circulación geostrofica en la Bahía de la Paz, Golfo de California en verano de 2017. Tesis de Licenciatura. en Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias, UNAM. 56 pp.
- Coria-Monter, E., Monreal-Gómez, M.A., Salas de León, D.A., Durán-Campos, E.** 2018. Impact of the "Godzilla El Niño" event of the 2015-2016 on sea surface temperature and chlorophyll-a in the southern Gulf of California, Mexico, as evidenced by satellite and *in situ* data. *Pacific Science*, 72 (4): 411-422.
- Coria-Monter, E., Monreal-Gómez, M.A., Salas de León, D.A., Durán-Campos, E.** 2020. Zooplankton abundance during summer in the Bay of La Paz (southwestern Gulf of California, Mexico). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 48 (5): 794-805.
- Coria-Monter, E., Monreal-Gómez, M.A., Salas de León, D.A., Merino-Ibarra, M., Durán-Campos, E.** 2017. Wind driven nutrient and subsurface chlorophyll-a enhancement in the Bay of La Paz, Gulf of California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 196: 290-300.
- Coria-Monter, E., Monreal-Gómez, M.A., Salas-de-León, D.A., Aldeco-Ramírez, J., Merino-Ibarra, M.** 2014. Differential distribution of diatoms and dinoflagellates in a cyclonic eddy confined in Bay of La Paz, Gulf of California. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119 (9): 6258-6268.

- Cruz-Gómez, R., Monreal- Gómez, M.A., Bulgakov, N.** 2008. Efectos de los vórtices en sistemas acuáticos y su relación con la química, biología y geología. *Interciencia*, 33(10):741-746.
- Cruz-Hernández, J., Sánchez-Velasco, L., Godínez, V.M, Beier, E., Palomares-García, J.R, Barton, E.D., Santamaría-del-Ángel, E.** 2018. Vertical distribution of calanoid copepods in a mature cyclonic eddy in the Gulf of California. *Crustaceana*, 91 (1): 63-84.
- Cury, P., Lynne S., Shin, Y.J.S.** 2001. The Functioning of Marine Ecosystems. Reykjavik Conference on Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem 3, Reykjavik, Iceland.
- Dagg, M.J.** 1985. The effects of food limitation on diel migratory behavior in marine zooplankton. *Archiv für Hydrobiologie-Beiheft Ergebnisse der Limnologie* 21: 247-255.
- De Silva-Dávila, R., Palomares-García, R., Zavala-Norzaraga, A., Escobedo-Urias, D. C.** 2006. Ciclo anual de los grupos dominantes del zooplancton en Navachiste, Sinaloa. *Contribuciones al Estudio de los Crustáceos del Pacífico Este*, 4(1):26-39.
- Demeester, L., Dawidowicz, P., Van Gool, E., Loose, C. J.** 1999. Ecology and evolution of predator-induced behavior of zooplankton: depth selection behavior and diel vertical migration. In : Tollrian R & CD Harvell (eds) *The ecology and evolution of inducible defenses*: 160-176. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Díaz-Astudillo, M., Saldías, G. S., Letelier, J., Riquelme-Bugueño, R.** 2022. Spatial and interannual variability in the distribution of euphausiid life stages in the permanent upwelling system off northern Chile. *ICES Journal of Marine Science*, 79: 61–75.
- Durán-Campos, E., Monreal-Gómez, M.A., Salas de León, D.A., Coria-Monter, E.** 2019. Zooplankton functional groups in a dipole eddy in a coastal region of the southern Gulf of California. *Regional Studies in Marine Science*, 28: 100588.
- Durán-Campos, E., Salas de León, D.A., Monreal-Gómez, M.A., Coria-Monter, E.** 2017. Patterns of chlorophyll-a distribution linked to mesoscale structures in two contrasting areas Campeche Canyon and Bank, Southern Gulf of Mexico. *Journal of Sea Research.*, 123: 30–38.
- Duran-Campos, E., Salas-de-León, D.A., Monreal-Gómez, M.A., Aldeco-Ramírez, J., Coria-Monter, E.** 2015. Differential zooplankton aggregation due to relative vorticity in a semi-enclosed bay. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 164: 10-18.
- Eden, B.R., Steinberg, D.K., Goldthwait, S.A., McGuillicuddy, D.J.** 2009. Zooplankton community structure in a cyclonic and mode-water eddy in the Sargasso Sea. *Deep-Sea Research, I*: 56(10), 1757.1776.
- Espinosa-Fuentes, M. de la L., Flores-Coto, C., Sanvicente-Añorve, L., Zavala-García, F.** 2009. Vertical distribution of zooplankton biomass and ichthyoplankton density during an anual cycle on the continental Shelf of the southern Gulf or Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 44(2):477-488.
- Estrada, R., Harvey, M., Gosselin, M., Starr, M., Galbraith, P.S., Straneo, F.** 2012. Late-summer zooplankton community structure, abundance, and distribution in the Hudson Bay system (Canada) and their relationships with environmental conditions, 2003-2006. *Progress in Oceanography*, 101 (1): 121-145.

- Foxton, P.** 1963. An automatic opening-closing device for large plankton nets and midwater trawls. *Jour. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 43, 295-308.
- Fragopoulou, N., Lykakis, J.J.** 1990. Vertical distribution and nocturnal migration of zooplankton in relation to the development of the seasonal thermocline in Patraikos Gulf. *Marine Biology*, 104: 381-387.
- Franck, T.M., Widder, E.A.** 1997. The correlation of downwelling irradiance and staggered vertical migration patterns of zooplankton in Wilkinson Basin, Gulf of Maine. *Journal of Plankton Research*, 19: 1975-1991.
- Franks, P.J.S.** 1992. Sink or swim: accumulations of biomass at fronts. *Marine Ecology Progress Series*. 82, 1—12.
- García-Mirafuentes, S.** 2010. Análisis de las características del giro ciclónico de la bahía de la paz. Maestría. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México. México, 86 pp.
- Gasca, R.,** (1999). Siphonophores (Cnidaria) and summer mesoscale features in the Gulf of Mexico *Bulletin of Marine Science*, 65 (1): 75-89.
- Gasca, R., Suárez, E.** 1996. Introducción al estudio del zooplancton marino. Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Chetumal. 711 pp.
- Goldwaith, S.A., Steinberg, D.K.** 2008. Elevated biomass of mesozooplankton and enhanced fecal pellets flux and cyclonic and mode-water eddies in the Sargasso Sea. *Deep Sea Research. II* 55, 1360–1377.
- González-Navarro, E. R., Saldierna-Martínez, R.** 1997. Zooplancton de la Bahía de la Paz, B.C.S. (1990-1991). p. 43–57. En: Urbán-Ramírez, J., M. Ramírez-Rodríguez (Eds.) La Bahía de La Paz. Investigación y conservación. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Hamame, M., Antezana, T.** 2010. Vertical migration and feeding of *Euphausia vallentini* within southern Chilean fjords. *Deep-Sea Research II* 57: 642-651.
- Harris, J.E.** 1953. Physical factors involved in the vertical migration of plankton. *Quarterly Journal of Microscopic Science*, 94: 537-550.
- Hausback, B. P.** 1984, Cenozoic volcanic and tectonic evolution Baja California Sur, México, in Frizzell, V. A., OO., Geology of the Baja California Peninsula: Tulsa OK, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific Section, 219-236.
- Hernández-Nava, M.F.** 2011. Zooplancton de Bahía de los Ángeles (Golfo de California) durante la temporada de arribo del tiburón ballena (*Rhincodon typus*). Maestría. Tesis, CICESE. México. 49 pp.
- Hernández-Trujillo, S., Esqueda-Escárcega, G., Palomares-García, R.** 2010. Variabilidad de la abundancia de zooplancton en Bahía Magdalena Baja California Sur, México (1997-2001). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 38(3):438-446.
- Herrera-Cervantes, H., Beier, E., Torres-Chávez, H.** 2015. Observaciones Ambientales para el estudio de la Variabilidad Océano-Atmosfera en la Bahía de La Paz, B.C.S. Periodo 2013-2014. CICESE Unidad La Paz, 38 pp.

- Herrera-Cervantes, H., Lluch-Cota, D.B., Lluch-Cota S.E., Gutiérrez-de-Velasco G.** 2007. The ENSO signature in sea surface temperature in the Gulf of California. *Journal of Marine Research*, 65(5): 589-605.
- Huntley, M., Brooks, E.R.** 1982. Effects of age and food availability on diel vertical migrations in *Calanus pacificus*. *Marine Biology* 71: 23-31.
- Hupper, H., Bryan, K.** 1976. Topographically generated eddies. *Deep-Sea Research*. 23: 655-679.
- Inda-Díaz, E., Domínguez-Ojeda, D., Romero-Bañuelos, C. A., Nieto Navarro, J. T., Cepeda Morales, J.** 2013. El zooplancton marino de la costa de Nayarit, México. *Revista Fuente Nueva Época*, 4: 14.
- Jaquemet, S., Ternon, J.F., Kaehler, S., Thiebot, J.B., Dyer, B., Bemanaja, E., Marteau, C., Le Corre, M.** 2014. Contrasted structuring effects of mesoscale features on the seabird community in the Mozambique Channel. *Deep Sea Research II* 100: 200-211.
- Jiménez-Illescas, A., Obeso-Nieblas, M., Salas-de-León, D.A.** 1997. Oceanografía física de la Bahía de La Paz, B. C. S. 31-41. En: Urban R.J.Y M. Ramírez R. (eds) 1997. La Bahía de La Paz, Investigaciones y conservación. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Scripps Institution of Oceanography, La Paz: B. C. S. 345 pp.
- Jiménez-Illescas, A.R.** 1983. Aplicación de un modelo hidrodinámico numérico a la Ensenada de La Paz, B.C.S. Maestría. Tesis, CICESE. Ensenada, B.C., México, 109 pp.
- Kemp, S., Hardy, A.C., Mackintosh, N.A.** 1929. Discovery investigations. Objects, equipment and methods. *Discovery Reports.*, 1: 141-232.
- Ketchum, J. T., Galván-Magaña, F., Klimley, A.** 2013. Segregation and foraging ecology of whale sharks, *Rhincodon typus*, in the southwestern Gulf of California. *Environmental Biology of Fishes.*, 96(6):779–795.
- Kolasinski, J., Kaehler, S., Jaquemet, S.** 2012. Distribution and source of particulate organic matter in a mesoscale eddy dipole in the Mozambique Channel (south-western Indian Ocean): Insight from C and N stable isotopes. *Journal of Marine Systems*, 96–97, 122–131.
- Lampert, W.** 1989. The adaptive significance of diel vertical migration of zooplankton. *Functional Ecology*. 3: 21-27.
- Lavín, M.F., Castro, R., Beier, E., Godínez, V. M., Amador, A., Guest, P.** 2009. SST, thermohaline structure and circulation in the southern Gulf of California in June 2004, during the North American Monsoon Experiment, *Journal Geophysical Research* 114.
- Lluch-Cota S. E., Aragón-Noriega, E. A., Arreguín-Sánchez, F., Aurióles-Gambo, D., Bautista-Romero, J.J., Brusca, R.C., Cervantes-Duarte, R., Cortés-Altamirano, R., Del-Monte-Luna, P., Esquivel-Herrera, A., Fernández, G., Hendrickx, M.E., Hernández-Vázquez, S., Herrera-Cervantes, H., Kahru, M., Lavín, M., Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D.B., López-Martínez, J., Marinone, S.G., Nevárez-Martínez, M.O., Ortega-García, S., Palacios-Castro, E., Parés-Sierra, A., Ponce-Díaz, G., Ramírez-Rodríguez, M., Salinas-Zavala, C.A., Schwartzlose, R. A.,**

- Sierra-Beltrán, A.P.** 2007. The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. *Progress in Oceanography*, 73:1-26.
- Loeb, V.J., Nichols, J.A.** 1984 Vertical distribution and composition of ichthyoplankton and vertebrate zooplankton assemblages in the Eastern Tropical Pacific. *Biología Pesquera*. 13: 39-66.
- López-Nogueira, I.** 2017. Estructuras hidrodinámicas y biomasa zooplanctónica en la Bahía de La Paz. Maestría. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México. México, 52 pp.
- Makoto, O.** 1965. Opening-Closing Plankton Net. The Journal of the Oceanographical Society of Japan. Vol. 21, No. 5.
- Margalef, R.,**1986. Ecología. Omega, Barcelona, 1-951.
- Márquez, B., Baumar, M., Díaz-Ramos, J.F, Trocoli, L., Subero-Pino, S.** 2007. Seasonal and vertical variation of macrozooplankton biomass in the Mochima Bay, Sucre State, Venezuela, during 1997 – 1998. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 42(3): 241-252.
- McGillicuddy Jr., Anderson, D.J., Bates, L.A., Bibby, N.R., Buesseler, T., Carlson, K.O., Davis, C., Ewart, C.S., Falkowski, C., Goldthwait, P., Hansell, S.A., Jenkins, D.A., Johnson, W.J., Kosnyrev, R., Ledwell, V., Li, J.R., Siegel, Q.P., Steinberg, D.A.** 2007. Eddy/wind interactions stimulate extraordinary midocean plankton blooms. *Science*, 316 (5827).
- McGillicuddy Jr., D.J.** 2016. Mechanisms of physical-biological-biogeochemical interaction at the oceanic mesoscale. *Annual. Review. of Marine. Sciences*. 8:125–159.
- McGowan, J.A., Fraundorf, V.J.** 1996. The relationship between size of net and estimates of zooplankton diversity. *Limnology and Oceanography*, 11 (4): 456-469.
- Mercado-Santana, JA, Santamaría-del-Ángel, E., González-Silvera, A., Sánchez-Velasco, L., Gracia-Escobar, M.F., Millán-Núñez, R., Torres, C.R.** 2017. Productivity in the Gulf of California large marine ecosystem. *Environmental Development*, 22: 18-29.
- Mojica-Ramírez, E.,** 2008. Estructura del zooplancton de la Bahía de la Paz, BCS y su relación con la hidrografía durante el verano del 2004. Tesis de Maestría. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México. México, 74 pp.
- Molina-Cruz, A., Pérez-Cruz, I., Monreal-Gómez, M.A.** 2002. Laminated sediments in the Bay of La Paz, Gulf of California: a depositional cycle regulated by pluvial flux, *Sedimentology*, 49: 1407-1410.
- Molinero, J., Ibanez, F., Souissi, S., Bosc, E., Nival, P.** 2008. Surface patterns of zooplankton spatial variability detected by high frequency sampling in the NW Mediterranean. Role of density fronts. *Journal of Marine Systems*, 69(3-4): 271-282.
- Monreal-Gómez, M.A., Molina-Cruz, A., Salas-de-León, D.A.,** 2001. Water masses and cyclonic circulation in Bay of La Paz, Gulf of California, during June 1998. *Journal of Marine Systems*, 30: 305-315.
- Montoya-Villafañe, H.,** 1997. Taxonomía: clasificación de los seres vivos. Rev. Fac. Odont. Univ. Ant, 8 (2):29-33.

- Morales, C., Loreto, M., Hormazabal, S., Correa, M., Nuñez, S., Hidalgo, P.** 2010. Mesoscale structure of copepod assemblages in the coastal transition zone and oceanic Waters off central-southern Chile. *Progress in Oceanography*, 84 (3-4): 158- 173.
- Nielsen, T.G., Andersen, C.M.**, 2002. Plankton community structure and production along a freshwater-influenced Norwegian fjord system. *Marine Biology*, 141: 707- 724.
- Obeso-Nieblas, M.**, 2003. Variabilidad espacio-temporal de las condiciones oceanográficas de la Bahía de La Paz, BCS, México. Doctorado. Tesis, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. México, 337pp.
- Obeso-Nieblas, M., Shirasago, B., Sánchez-Velasco, L., Graviño-Rodríguez, J.** 2004. Hydrographic variability in Bahía de La Paz, BCS, México, during the 1997-1998 El Niño. *Deep Sea Research II*, 51: 689-710.
- Obeso-Nieblas, M., Shirasago-German, B., Graviño-Rodríguez, J.H., Pérez-Lezama, E, L., Obeso-Huerta, H., Jiménez-Illescas, A.R.** 2007. Hydrography at the north mouth of La Paz Bay, Baja California Sur, Mexico. *Ciencias Marinas*, 33 (3): 281-291.
- Ohman, M.D.** 1990. The demographic benefits of diel vertical migration by zooplankton. *Ecological Monographs*, 60, 257- 281.
- Omori, M., Ikeda, T.** 1984. *Methods in Marine Zooplankton Ecology*. John Wiley y Sons Ed. USA. 332 pp.
- Páez-Osuna, F., Sánchez-Cabeza, J.A., Ruiz-Fernández, A.C., Alonso-Rodríguez, R., Piñón-Gimate, A., Cardoso-Mohedano, J.G.** 2016. Environmental status of the Gulf of California: a review of responses to climate change and climate variability. *Earth Science Reviews*, 162: 253-268.
- Pakhomov, E.A., Froneman, P.W.** 1999. Macroplankton/micronekton dynamics in the vicinity of the Prince Edwards Islands (Southern Ocean). *Marine Biology*, 134: 501-515.
- Palacios-Fest, M., Dettman, D.** 2001. Temperature controls monthly variation in ostracode valve Mg/Ca *Cypridopsis vidua* from a small in Sonora, Mexico. *Geochemical Cosmochimical*. 65 (15): 2499- 2507.
- Pardo, M.A., Silverberg, N., Gendron, D., Beier, E., Palacios, D.M.** 2013. Role of environmental seasonality in the turnover of a cetacean community in the southwestern Gulf of California. *Marine Ecology. Progress. Series*, 487: 245—260.
- Passelaigue, F.** 1989. Les migrations journalières du mysidace marin cavernicole *Hemimysis speluncola*. Comparaison avec les migrations verticales du plancton. Doctorado. Tesis, Université Aix-Marseille II. 1-209.
- Perissinotto, R., McQuaid, C.D.** 1992. Land-based predator impact on vertically migrating zooplankton and micronekton advected to a Southern Ocean archipelago. *Marine Ecology Progress Series* 80: 15-27.
- Peterson, T.D., Crawford, D.W., Harrison, P.J.** 2011. Mixing and biological production at eddy margins in the eastern Gulf of Alaska. *Deep -Sea Research*. 58 (Pt I): 377—389.
- Pond, S., Pickard, G.L.** 1995. *Introductory dynamical Oceanography*. 2nd ed. Oxford: Butterworth Heinemann.

- Postel, L., Fock, H., Hagen, W.** 2000. Biomass and abundance. ICES zooplankton methodology manual. Academic Press, 83-192.
- Reyes-Salinas, A., Cervantes-Duarte, R., Morales-Pérez, R. A., Valdez-Holguín, J.E.,** 2003. Variabilidad estacional de la productividad primaria y su relación con la estratificación vertical en la Bahía de La Paz, B.C.S. *Hidrobiológica*, 13(2): 103–110.
- Rocha-Díaz, F.A.** 2021. DistContribucion de copépodos (Copepoda: Calanoida, Cyclopoida) y su asociación con los afloramientos en la Bahía de La Paz, durante la época de invierno. Tesis de Maestría. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México. México, 56 pp.
- Russell, F.S.** 1926. The vertical distribution of marine macroplankton. IV. The apparent importance of light intensity as a controlling factor in the behaviour of certain species in the Plymouth area. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 17: 767-809.
- Saavedra-Rojas, N. C.** 2003. Estructura hidrografica, nutrientes y pigmentos fotosinteticos de la Bahía de La Paz, Golfo de California, en febrero y noviembre del 2000. Maestría. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México. México.79 pp.
- Salas-de-León, D.A., Monreal-Gómez, M.A.** 2005. Procesos físicos que influyen en la productividad Biológica de los mares mexicanos. *Ciencia*, Oct-Dic: 49-59.
- Salas-de-Leon, D.A., Monreal-Gómez, M.A., Sanvicente Añorve., Flores-Coto C.,** 1998. Influence de la circulation a long teme sur la repartition des organismes zooplantoniques dans la Baie de Campeche, Mexique. *Oceanologica Acta*. 21 (1): 87-93.
- Salas-de-León, D.A., Monreal-Gómez, M.A., Signoret, M., Aldeco-Ramírez, J.** 2004. Anticyclonic—cyclonic eddies and their impact on near-surface chlorophyll stocks and oxygen supersaturation over the Campeche Canyon, Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*. 109: 5012.
- Salas-Monreal, D., Monreal-Gómez, M.A., Riverón-Enzástiga, M. L.,** 2009. Current rectification in a tropical coral reef system. *Coral Reefs*. 28(4): 871-870.
- Samanez, I., Rimarachín, V., Palma, C.** 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Sánchez-Velasco, L., Be.Eier, E., Godínez, V.M., Barton, E.D., Santamaría-Del Angel, E., Jiménez-Rosemberg, B., Marinone, S. G.** 2017. Hydrographic and fish larvae distribution during the “Godzilla El Niño 2015–2016” in the northern end of the shallow oxygen minimum zone of the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Journal of. Geophysical. Research. Oceano.*, 122: 2156-2170.
- Sánchez-Velasco, L., Beier, E., Ávalos García, C., Lavín, M.F.** 2006. Larval fish assemblages and geostrophic circulation in Bahía de la Paz and the surrounding region of the Gulf of California. *Journal of. Plankton Research*. 28 (11): 1081-1098.
- Sánchez-Velasco, L., Jiménez, S., Shirasago, B., Obeso, M.** 2004. Distribution and abundance of fish larvae in Bahia de La Paz (Gulf of California) and their relation to chydrographic variability during summer (1997-1998). *Deep-Sea Research II*, (51):723-735.
- Sánchez-Velasco, L., Jiménez-Rosenberg, P., Shirasago, B., Obeso-Nieblas, M.** 2004. Distribution and abundance of fish larvae in Bahia de la Paz (Gulf of California) and their relation to

hydrographic variability during summer (1997-1998). *Deep-Sea Research. II*, 51 (6-9): 723-737.

- Sánchez-Velasco, L., Lavín, M.F., Jiménez-Rosenberg, B., Godínez, V.M., Santamaría-Del-Angel, E., Hernández-Becerril, D.U.** 2013. Distribución tridimensional de larvas de peces en un remolino ciclónico en el Golfo de California durante el verano. *Deep -Sea Research. I*, 75: 39-51
- Sánchez-Velasco, L., M.F., Lavin, M., Pequero-Icazac, C.A., Leon-Chavez, F., Contreras-Catala, S.G., Marione-IV., Gutierrez-Palaciis, Godínez, V.M.,** 2009. Seasonal changes in larval fish assemblages in a semi-enclosed sea (Gulf of California). *Continental Shelf Research*, 29: 1697-1710.
- Sanvicente-Añorve, L.E.,** 1990. Comunidad ictioplácticas en el sureste del Golfo de México. Maestría. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Silverberg, N., Shumilin, E., Aguirre-Bahena, Rodríguez-Castaneda, F., Sapozhikov, D.** 2007. The impact hurricanes on sedimenting particulate matter in the semiarid Bahía de La Paz, Gulf of California. *Continental Shelf Research*, 27: 2513-2522.
- Sournia, A.** 1994. Pelagic biogeography and fronts. *Progress in Oceanography*. 34: 109—120,
- Southern, R., Gardiner, A.C.** 1932. Reports from the limnological laboratory. II. The diurnal migrations of the Crustacea of the plankton in Lough Derg. Proceedings of the royal Irish Academy 40: 121-159.
- Sparks, T., Reid P.C.** 1999. "Marine Plankton". En Melvin G. Cannell, Jean Palutikof y Tim Sparks (eds.), Indicators of climate change in the UK (). Department of the Environment, Transport and the Regions, U.K. 68-69 pp.
- Sweeney, E., McGillicuddy, Jr., Buesseler, D.J.** 2003. Biogeochemical impacts due to mesoscale eddy activity in the Sargasso Sea as measured at the Bermuda Atlantic Time-series Study (BATS). *Deep Sea Research II*, 50: 3017-3039.
- Terlizzi, A., Anderson, M.** 2014. Species-accumulation curves and taxonomic surrogates: an integrated approach for estimation of regional species richness. *Diversity and distributions*, 20(3): 356-368.
- Thomas, L P., Marino, B.M., Pereyra, M.G.** 2015. Correlación entre las distribuciones de velocidad y backscatter y la concentración de zooplancton en un estuario modificado. ANALES AFA, [S.l.], v. 26, n. 2. ISSN 1850-1168.
- Torres-Martínez, C.M. En proceso.** Biomasa fitoplanctónica y su relación con la hidrografía en otoño, en la Bahía de La Paz. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 51 pp.
- Torres-Orozco, E.** 1993. Análisis volumétrico de las masas de agua del golfo de California. Centro de Investigaciones Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, B.C., México, 80 pp.
- Valle-Levinson, A., Castro, L., Cáceres, M., Pizarro, O.** 2014. Twilight vertical migrations of zooplankton in a Chilean fjord. *Progress in Oceanography*, 129: 114-124.

- Viteri, M., Chalén, J., Cevallos, Z.** 2017. Determinación de bioindicadores y protocolos de la calidad de agua en el embalse de la Central Hidroeléctrica Baba. *Revista científica Las Ciencias*, 3(3): 628-646.
- Welch, J.M., Forward, R.B.** 2001. Flood tide transport of blue crab, *Callinectes sapidus*, postlarvae: behavioral responses to salinity and turbulence. *Marine Biology*, 139: 911-918.
- Wiebe, P.H., Hulbert, E.M., Carpenter, E.J., Jahn, A.E., Knapp III, G. P., Boyd, S.H, Ortner, P.B., Cox, J.L.** 1976. Gulf stream cold core rings: large-scale interaction sites for open ocean plankton communities. *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts*, 23(8): 695-710.
- Williamson, C.F., Fischer, J.M., Bollens, S.M., Overholt, E.P., Breckenridge, J.K.** 2011. Toward a more comprehensive theory of zooplankton diel vertical migration: integrating ultraviolet radiation and water transparency into the biotic paradigm. *Limnology and Oceanography* 56(5): 1603-1623.
- Witman J., Roy, K.** 2009. Marine macroecology. The University of Chicago Press. 442 pp.
- Young, C.** 2002. Atlas of marine invertebrate larvae. British library cataloguing USA. 626 pp.
- Zaret, T.M., Suffern, J.S.** 1976. Vertical migration in zooplankton as a predator avoidance mechanism. *Limnology and Oceanography* 21: 804-813.

ANEXO 1. LISTADO TAXONÓMICO

Phylum **Annelida** Lamarck, 1802

Clase **Polychaeta** Grube, 1850

Subclase **Errantia** Audouin y H. Milne Edwards, 1832

Orden Amphinomida

Familia **Amphinomidae** Lamarck, 1818

Género **Rostraria** Häcker, 1898

Orden **Phyllodoceidae** Dales, 1962

Familia **Lospilidae** Bergström, 1914

Género **Phalacrophorus** Greeff, 1879

Familia **Lopadorrhynchidae** Claparède, 1870

Género **Maupasia** Viguier, 1886

Familia **Tomopteridae** Grube, 1850

Género **Tomopteris** Eschscholtz, 1825

Phylum **Arthropoda** von Siebold, 1848

Subphylum **Crustacea** Brünnich, 1772

Clase **Malacostraca** Latreille, 1802

Orden **Amphipoda** Latreille, 1816

Familia **Caprellidea** Leach, 1814

Género **Phtisica** Slabber, 1769

Familia **Hyperiididae** H. Milne Edwards, 1830

Género **Hyperoche** Bovallius, 1887

Género **Themisto** Guérin, 1825

Orden **Decapoda** Latreille, 1802

Familia **Albuneidae** Stimpson, 1858

Familia **Diogenidae** Ortmann, 1892

Familia **Grapsidae** MacLeay, 1838

Familia **Majidae** Samouelle, 1819

Familia **Ocypodidae** Rafinesque, 1815

Familia **Paguridae** Latreille, 1802

Familia **Penaeidae** Rafinesque, 1815

Familia **Portunidae** Rafinesque, 1815

Familia **Scyllaridae** Latreille, 1825

Familia **Sergestidae** Dana, 1852

Familia **Thalassinidae** Latreille, 1831

Familia **Xanthidae** MacLeay, 1838

Orden **Euphausiacea** Dana, 1852

Familia **Euphausiidae** Dana, 1852

Género **Euphausia** Dana, 1850

Orden **Mysida** Haworth, 1825

Familia **Mysidae** Haworth, 1825

Género **Anchialina** Norman y Scott, 1906

Género **Metamysidopsis** W. Tattersall, 1951

Género **Promysis** Dana, 1850

Género **Pseudomma** G.O. Sars, 1870

Clase **Hexanauplia** Oakley, Wolfe, Lindgren y Zaharof, 2013

Subclase **Copepoda** Milne Edwards, 1840

Orden **Calanoida** Sars G. O., 1903

Orden **Cyclopoida** Burmeister, 1834

Clase **Ostracoda** Latreille, 1802

Orden **Myodocopida** Sars, 1866

Familia **Cypridinidae** Baird, 1850

Género **Gigantocypris** Müller, 1895

Subphylum **Hexapoda** Latreille, 1825

Clase **Insecta** Linnaeus, 1758

Phylum **Chaetognatha**

Clase Sagittoidea

Orden **Aphragmophora** Tokioka, 1965

Familia **Sagittidae** Claus y Grobben, 1905

Género **Sagitta** Claus y Grobben, 1905

Phylum **Chordata** Haeckel, 1874

Subphylum **Tunicata** Lamarck, 1816

Clase Apendicularia

Orden Copelata

Familia **Oikopleuridae** Lohmann, 1915

Género **Oikopleura** Mertens, 1830

Clase **Thaliacea** Van der Haeven, 1850

Orden **Doliolida** Delage y Hérouard, 1898

Familia **Doliolidae** Bronn, 1862

Género **Doliolina** Borgert, 1894

Género **Doliolum** Borgert, 1894

Orden **Salpida** Forbes, 1853

Familia **Salpidae** Lahille, 1888

Género **Ihlea** Metcalf, 1919

Género **Salpa** Forskål, 1775

Subphylum **Vertebrata** S.F. Gray, 1821

Clase Actinopteri

Subclase Teleostei (larvas)

Phylum **Ciliophora**

Clase **Oligotrichea** Bütschli, 1887

Orden **Choreotrichia** Small y Lynn, 1985

Familia **Codonellidae** Kent, 1881

Género **Codonella** Haeckel, 1873

Familia **Codonellopsidae** Kofoid y Campbell, 1929

Género **Codonellopsis** Jörgensen, 1924

Género **Stenosemella** Jörgensen, 1924

Familia **Metacyclididae** Kofoid y Campbell, 1929

Género **Metacylis** Jörgensen, 1924

Familia Tintinnida incertae sedis

Género **Stylicauda** Balech, 1951

Familia **Tintinnidae** Claparède y Lachmann, 1858

Género **Salpingelloides** Campbell, 1942

Phylum **Cnidaria** Hatschek, 1888

Clase **Hydrozoa** Owen, 1843

Subclase Hydroidolina

Orden **Anthoathecata** Cornelius, 1992

Familia **Corynidae** Johnston, 1836

Género **Sarsia** Lesson, 1843

Familia **Pandeidae** Haeckel, 1879

Género **Amphinema** Haeckel, 1879

Familia **Russelliidae** Kramp, 1957

Género **Russellia** Kramp, 1957

Orden **Leptothecata** Cornelius, 1992

Familia **Campanulariidae** Johnston, 1836

Género **Clytia** Lamouroux, 1812

Familia **Eirenidae** Haeckel, 1879

Género **Eutima** McCrady, 1859

Familia **Mitrocomidae** Haeckel, 1879

Género **Mitrocomella** Haeckel, 1879

Familia **Orchistomatidae** Bouillon, 1984

Género **Orchistoma** Haeckel, 1879

Orden **Siphonophorae** Eschscholtz, 1829

Suborden **Calycophorae** Leuckart, 1854

Familia **Diphyidae** Quoy y Gaimard, 1827

Género **Lensia** Totton, 1932

Suborden **Cystonectae** Haeckel, 1887

Familia **Rhizophysidae** Brandt, 1835

Género **Rhizophysa** Péron y Lesueur, 1807

Suborden **Physonectae** Haeckel, 1888

Familia **Agalmatidae** Brandt, 1834

Género **Melophysa** Haeckel, 1888

Orden **Trachymedusae** Haeckel, 1866

Familia **Geryonidae** Eschscholtz, 1829

Familia **Rhopalonematidae** Russell, 1953

Clase **Scyphozoa** Goette, 1887

Orden **Rhizostomeae** Cuvier, 1800

Familia **Rhizostomatidae** Cuvier, 1800

Orden **Semaeostomeae** Agassiz, 1862

Familia **Ulmaridae** Haeckel, 1880

Phylum **Ctenophora** Eschscholtz, 1829

Clase **Nuda** Chun, 1879

Orden **Beroidea** Eschscholtz, 1829

Familia **Beroidea** Eschscholtz, 1825

Género **Beroe** Muller, 1776

Clase **Tentaculata** Eschscholtz, 1825

Orden **Cestida** Gegenbaur, 1856

Familia **Cestidae** Gegenbaur, 1856

Género **Valamen** Krumbach, 1925

Orden **Cydippida** Gegenbaur, 1856

Familia **Mertensiidae** L. Agassiz, 1860

Género **Callianira** Péron y Lesueur, 1808

Familia **Pleurobrachiidae** Chun, 1880

Género **Hormiphora** L. Agassiz, 1860

Orden **Lobata** Eschscholtz, 1825

Familia **Bolinopsidae** Bigelow, 1912

Género **Bolinopsis** L. Agassiz, 1860

Familia **Eurhamphaeidae** L. Agassiz, 1860

Género **Eurhamphaea** Gegenbaur, 1856

Phylum **Echinodermata** Klein, 1778

Subphylum **Asterozoa** Zittel, 1895

Clase **Ophiuroidea** Gray, 1840

Subclase **Myophiuroida** Matsumoto, 1915

Orden **Amphilepidida** O'Hara, Hugall, Thuy, Stöhr y Martynov, 2017

Suborden **Gnathophiurina** Matsumoto, 1915

Familia **Ophiotrichidae** Ljungman, 1867

Género **Ophiothrix** Müller y Troschel, 1840

Phylum **Foraminifera** d'Orbigny, 1826

Clase **Globothalamea** Pawlowski, Holzmann y Tyszka, 2013

Orden **Rotaliida** Delage y Hérouard, 1896

Suborden **Globigerinina** Delage y Hérouard, 1896

Familia **Globigerinidae** Carpenter et al., 1862

Género **Globigerina** d'Orbigny, 1826

Familia **Globorotaliidae** Cushman, 1927

Género **Globorotalia** Cushman, 1927

Phyluma **Mollusca**

Clase **Bivalvia** Linnaeus, 1758

Clase **Cephalopoda** Cuvier, 1795

Subclase **Coleoidea** Bather, 1888

Orden **Octopoda** Leach, 1818

Orden **Sepiida** Zittel, 1895

Orden **Teuthida** Naef, 1916

Subclase **Nautiloidea** Agassiz, 1847

Clase **Gastropoda** Cuvier, 1795

Subclase **Heterobranchia** Burmeister, 1837

Orden **Pteropoda** Cuvier, 1804

Suborden **Euthecosomata** Meisenheimer, 1905

Familia **Cavoliniidae** Gray, 1850 (1815)

Género **Cuvierina** Boas, 1886

Familia **Cliidae** Jeffreys, 1869

Género **Clio** Linnaeus, 1767

Familia **Creseidae** Rampal, 1973

Género **Creseis** Rang, 1828

Suborden **Gymnosomata** Blainville, 1824

Familia **Cliopsidae** O. G. Costa, 1873

Género **Cliopsis** Troschel, 1854

Familia **Pneumodermatidae** Latreille, 1825

Género **Pneumoderma** de Roissy, 1805

Género **Schizobrachium** Meisenheimer, 1903

Género **Spongiobranchaea** d'Orbigny, 1836

Suborden **Pseudothecosomata** Meisenheimer, 1905

Familia **Cymbuliidae** Gray, 1840

Género **Cymbulia** Péron y Lesueur, 1810

Phylum **Nemertea**

Clase **Haplonemertea** Hubrecht, 1879

Orden **Polystilifera** Brinkmann, 1917

Familia **Pelagonemertidae**

Género **Probalaenanemertes** Brinkmann, 1917

Familia **Protopelagonemertidae**

Género **Calonemertes** Coe, 1945

Phylum **Radiozoa** Müller 1858 emend. Adl et al. 2005 / Cav. Sm. 1987

Clase **Acantharea** Haeckel 1881

Orden **Arthracanthida** Schewiakoff, 1926

Familia **Diploconidae** Haeckel, 1887

Familia **Hexalaspidae** Haeckel, 1887

Orden **Holacanthida** Schewiakoff, 1926

Familia **Acanthocollidae** Schewiakoff, 1926

Género **Acanthocollidae** Schewiakoff, 1926

Orden **Symphyacanthida** Schewiakoff, 1926

Familia **Astrolithidae** Haeckel, 1887

Clase **Polycystina** Ehrenberg, 1838

Orden Spumellaria

ANEXO 2. TABLA DE TAXA

| | |
|----------------|--------------------------|
| Taxa 1 | Orden Calanoida |
| Taxa 2 | Orden Cyclopoida |
| Taxa 3 | Género Anchialina |
| Taxa 4 | Género Pseudomma |
| Taxa 5 | Género Promysis |
| Taxa 6 | Género Metamysidopsis |
| Taxa 7 | Género Hyperoche |
| Taxa 8 | Género Themisto |
| Taxa 9 | Género Phtisica |
| Taxa 10 | Género Euphausia |
| Taxa 11 | Familia Majidae |
| Taxa 12 | Familia Albuneidae |
| Taxa 13 | Género Gigantocypris |
| Taxa 14 | Género Sagitta |
| Taxa 15 | Género Oikopleura |
| Taxa 16 | Género Salpa |
| Taxa 17 | Clase Teleostei (Larvas) |
| Taxa 18 | Género Sarsia |
| Taxa 19 | Género Liriope |
| Taxa 20 | Género Rhizophysa |
| Taxa 21 | Género Melophysa |
| Taxa 22 | Género Lensia |
| Taxa 23 | Género Phalacrophorus |
| Taxa 24 | Género Tomopteris |
| Taxa 25 | Género Clio |
| Taxa 26 | Género Creseis |

| | |
|----------------|-------------------------|
| Taxa 27 | Género Cuvierina |
| Taxa 28 | Género Cliopsis |
| Taxa 29 | Género Pneumoderma |
| Taxa 30 | Género Schizobrachium |
| Taxa 31 | Género Spongiobranchaea |
| Taxa 32 | Género Cymbulia |
| Taxa 33 | Clase Bivalvia |
| Taxa 34 | Orden Octopoda |
| Taxa 35 | Orden Spumellaria |
| Taxa 36 | Género Acanthocollidae |
| Taxa 37 | Género Globigerina |
| Taxa 38 | Género Globorotalia |
| Taxa 39 | Familia Sergestidae |
| Taxa 40 | Familia Thalassinidae |
| Taxa 41 | Familia Scyllaridae |
| Taxa 42 | Familia Portunidae |
| Taxa 43 | Género Maupasia |
| Taxa 44 | Género Rostraria |
| Taxa 45 | Orden Sepiida |
| Taxa 46 | Orden Teuthida |
| Taxa 47 | Género Ophiothrix |
| Taxa 48 | Familia Diploconidae |
| Taxa 49 | Familia Penaeidae |
| Taxa 50 | Familia Ocypodidae |
| Taxa 51 | Familia Xanthidae |
| Taxa 52 | Género Doliolina |

| | |
|----------------|-----------------------|
| Taxa 53 | Género Doliolum |
| Taxa 54 | Género Ihlea |
| Taxa 55 | Género Amphinema |
| Taxa 56 | Género Russellia |
| Taxa 57 | Género Eutima |
| Taxa 58 | Género Orchistoma |
| Taxa 59 | Género Hormiphora |
| Taxa 60 | Género Bolinopsis |
| Taxa 61 | Género Eurhamphaea |
| Taxa 62 | Clase Nautiloidea |
| Taxa 63 | Familia Astrolithidea |
| Taxa 64 | Género Stylicauda |
| Taxa 65 | Género Sminthea |
| Taxa 66 | Género Stellamedusa |
| Taxa 67 | Género Rhizostoma |
| Taxa 68 | Género Calonemertes |
| Taxa 69 | Familia Hexalaspidae |
| Taxa 70 | Género Codonella |
| Taxa 71 | Género Callianira |
| Taxa 72 | Familia Grapsidae |
| Taxa 73 | Familia Paguridae |
| Taxa 74 | Clase Insecta |
| Taxa 75 | Género Mitrocomella |
| Taxa 76 | Género Aglantha |
| Taxa 77 | Género Persa |
| Taxa 78 | Género Stenosemella |
| Taxa 79 | Género Metacylis |
| Taxa 80 | Género Beroe |

| | |
|----------------|------------------------------|
| Taxa 81 | Género Codonellopsis |
| Taxa 82 | Género Salpingelloides |
| Taxa 83 | Género Valamen |
| Taxa 84 | Familia Diogenidae |
| Taxa 85 | Género Clytia |
| Taxa 86 | Género Probalaenanemertes |
| Taxa 87 | Género Colobonema |

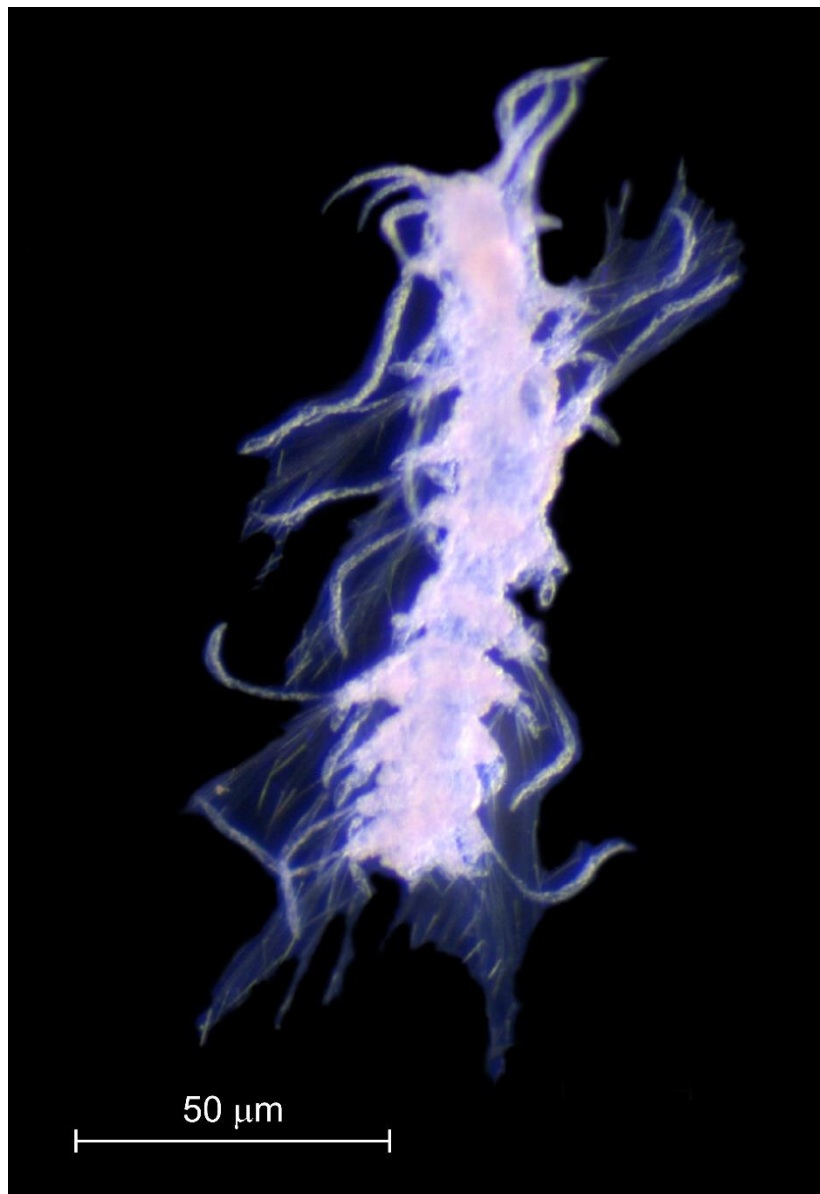
ANEXO 3. REGISTRO FOTOGRAFICO DEL ZOOPLANCTON PRESENTE EN LA BAHIA DE LA PAZ, OTOÑO 2016.

PHYLUM
ANNELIDA

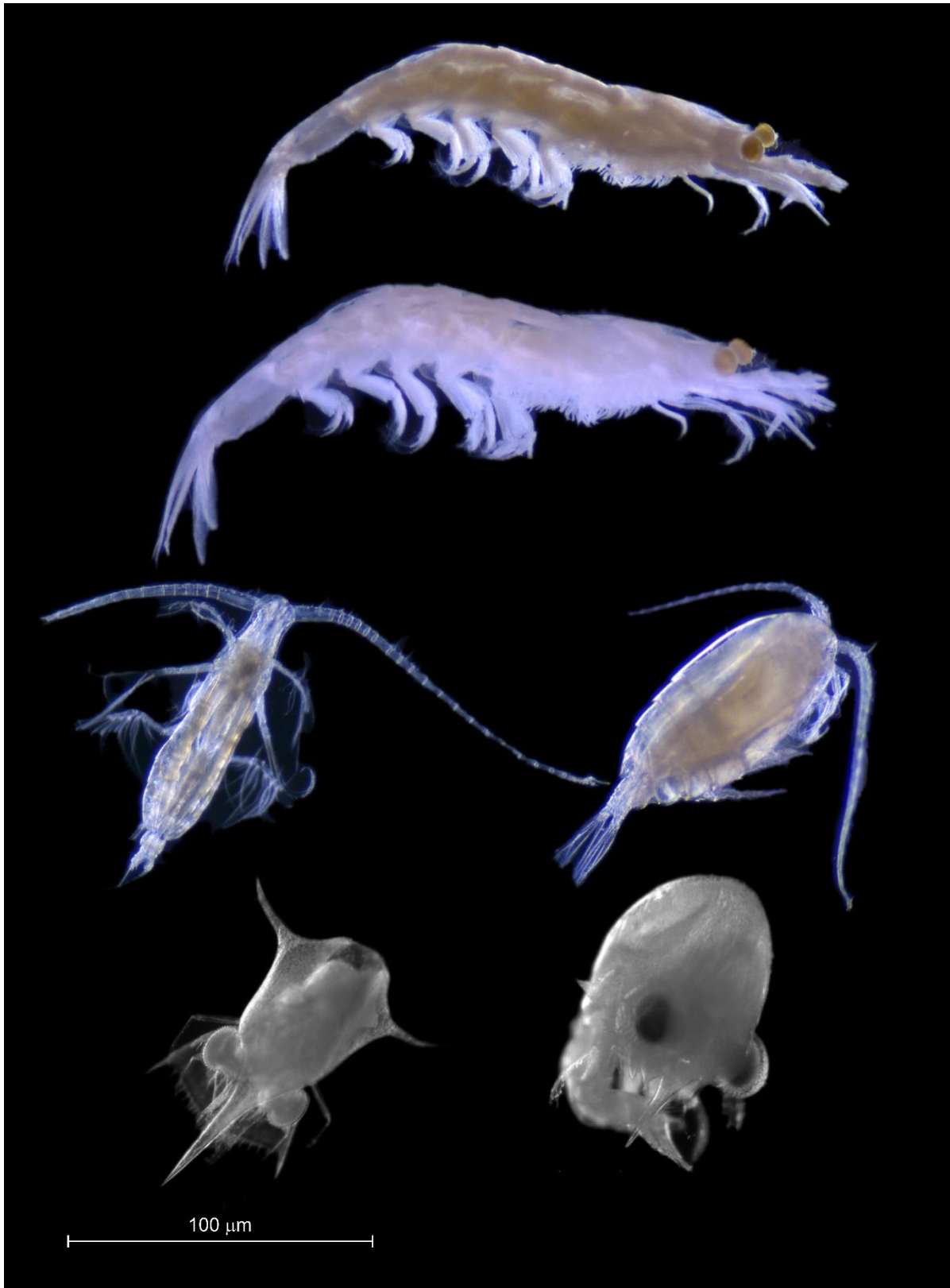


Lamarck, 1802

Domínio: Eukarya Reino: Animalia







PHYLUM

CHAETOGNATHA

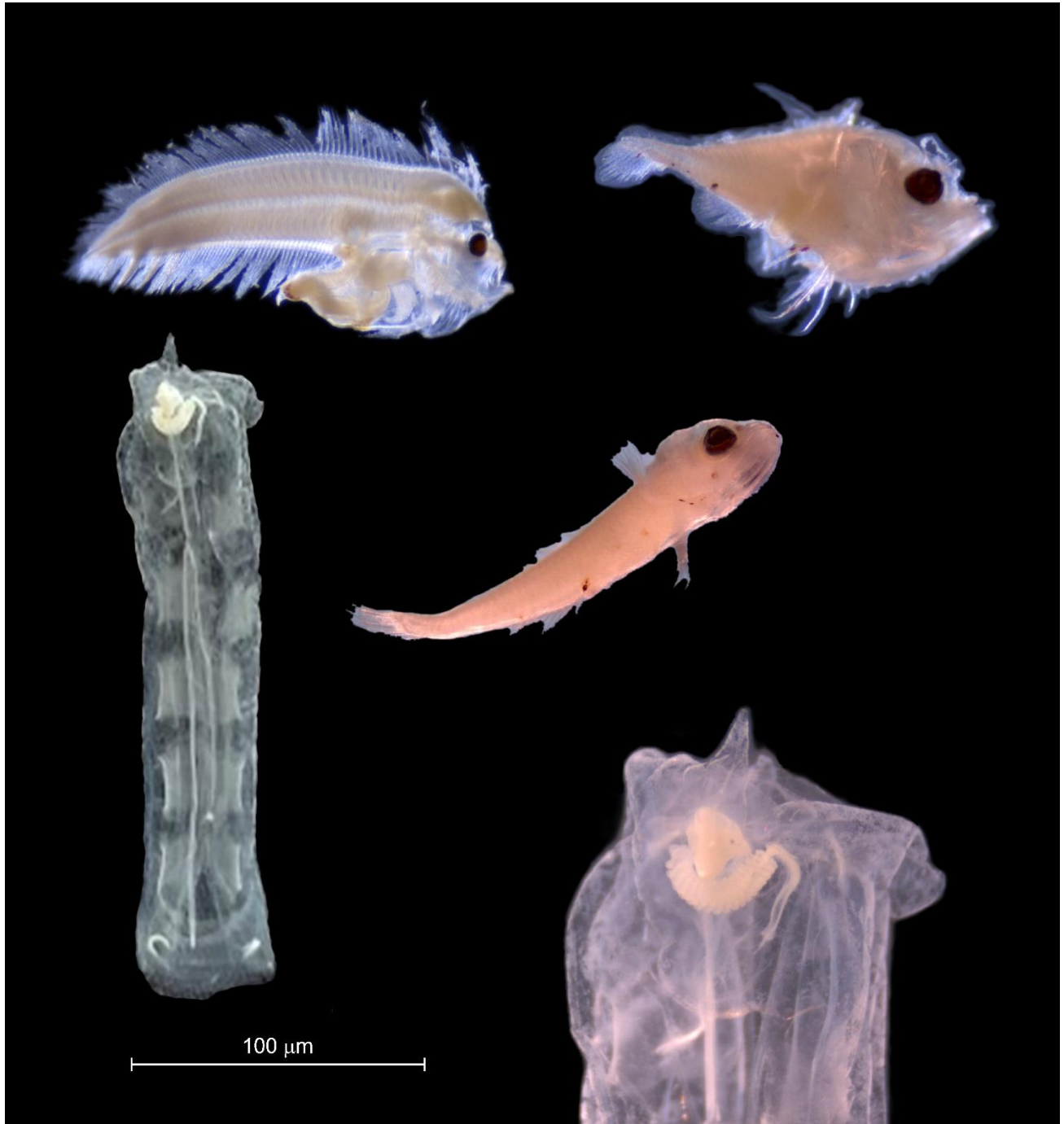


Leuckart, 1854

Dominio: Eukarya

Reino: Animalia





PHYLUM
CNIDARIA



Hatschek, 1888

Dominio: Eukarya

Reino: Animalia

